Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 24/01/03

Ass.: *Katty Maria da Costa Mattos*

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS IMPACTOS
CAUSADOS PELA QUEIMA DA
CANA-DE-AÇÚCAR NO MEIO AMBIENTE**

KATTY MARIA DA COSTA MATTOS

Tese apresentada à Escola de Engenharia
de São Carlos, da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Ciências da Engenharia Ambiental

ORIENTADOR: Prof. Livre Docente ARTHUR MATTOS

999.227
DEDALUS - Acervo - EESC

31100037171

São Carlos
2002

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **KATTY MARIA DA COSTA MATTOS**

Tese defendida e julgada em 19-12-2002 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **VALDIR SCHALCH** (Orientador designado)
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Aprovado

Prof. Tit. **MARCELO PEREIRA DE SOUZA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovado

Prof. Dr. **FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

aprovado

Prof. Dr. **NILSON AUGUSTO VILLA NOVA**
(Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

aprovado

Dr. **EDUARDO DELGADO ASSAD**
(Pesquisador - EMBRAPA-Campinas)

aprovado

Prof. Doutor **VALDIR SCHALCH**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

Profª. Assoc. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Para meus filhos,
GIOVANNA E GABRIEL, e quem mais chegar...
E para os filhos dos seus filhos....
Que tornam o Mundo um lugar melhor em que vale a pena viver
Dedico todo o meu trabalho
Amo Muito Vocês!!!

"A Natureza pode satisfazer
todas as necessidades do Homem
mas não a sua ambição"

M. Gandhi

AGRADECIMENTOS

A você Bá, por tudo que você representa nas nossas vidas e pela grande ajuda.

A minha irmã Karen, pelas caronas, por ter sido tantas vezes babá e pela ajuda.

Aos meus pais sempre, Arthur e Justina, pela torcida. Em especial, ao meu orientador que é um verdadeiro pai.

Ao Prof. Livre Docente Marcelo Pereira de Souza pela amizade e disposição em ajudar.

Ao Engº. Gentil Ferreira de Souza pela oportunidade do estágio e pelas informações obtidas.

Ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova pela amizade e revisão.

Aos amigos Nájila e Adeildo pela amizade e ajuda, em especial ao meu anjo da guarda no doutorado, minha amiga Nájila, pelo carinho e força de sempre.

Aos meus irmãos, Tuca, Kandy, Teresa, minhas avós, Anna e Lourdes, e minhas sobrinhas Amanda, Carolina e Beatriz, por existirem.

À família Ferretti, Neuclair, Maria Áurea e Cássio, pela atenção.

Aos amigos João Baptista, Fernanda e Eneida pela amizade e ajuda.

Aos professores e funcionários da EESC pela amizade e trabalho.

Agradeço a toda minha família e meus amigos que de alguma forma me incentivaram ou contribuíram para a realização desse trabalho.

E em especial à FAPESP pelo apoio financeiro que possibilitou a elaboração e divulgação do trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
RESUMO	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Evolução da Análise da Economia Relacionada ao Meio Ambiente	8
2.1.1. Economia de Recursos Naturais	9
2.1.2. Economia Ambiental	9
2.1.3. Economia Ecológica	11
2.2. Valor Econômico Total	21
2.3. Métodos de Valoração Ambiental	25
2.4. Setor Sucroalcooleiro	33
2.5. Queima	36
2.6. Impactos Ambientais Ocasionados pela Queima do Canavial	38
2.7. Aspectos Jurídicos da Queimada da Cana-de-Açúcar e Considerações	51
2.8. Energia Gerada pela Queima da Palha de Cana nos Canaviais	57
2.9. Utilizações Técnicas para o Bagaço e/ou Palha da Cana-de-Açúcar	66
2.10. Derivados do Bagaço	72
3. MATERIAL E MÉTODOS	81
3.1. Método de Valoração Econômica	81

4. RESULTADOS	89
4.1. Valor de Uso Direto	90
4.2. Valor de Uso Indireto	93
5. DISCUSSÃO	98
6. CONCLUSÃO	110
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Os domínios da economia convencional, ecologia convencional, economia ambiental e dos recursos naturais e economia ecológica.....	11
FIGURA 02 - Biosfera finita em relação ao crescente subsistema econômico.....	14
FIGURA 03 - O sistema econômico e o meio ambiente.....	19
FIGURA 04 - Relações dos valores ambientais.....	21
FIGURA 05 - Categorias de valores econômicos atribuídos ao patrimônio ambiental.....	24
FIGURA 06 - Estimativa do potencial energético disponível em 1 ha plantado com cana-de-açúcar.....	61
FIGURA 07 - Alternativas de utilização dos resíduos agrícolas de cana-de-açúcar.....	66

RESUMO

MATTOS, K.M.C (2002). *Valoração econômica dos impactos causados pela queima da cana-de-açúcar no meio ambiente*. São Carlos, 125p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A preocupação com os problemas ambientais aparece como um elemento importante a respeito do crescimento material e econômico e da qualidade de vida. Com a ameaça da escassez dos recursos naturais, vêm-se buscando alternativas para que o desenvolvimento sócio-econômico seja sustentável. Como o impacto do setor agroindustrial na deterioração ambiental é significativo, é fundamental que sejam consideradas as externalidades negativas provocadas pelo processo produtivo no meio ambiente e a necessidade de internalização econômica desses efeitos. A introdução do capital natural na análise econômica faz-se necessária já que os custos da degradação ambiental e do consumo de recursos naturais não têm sido adicionados aos processos produtivos, avaliando-se os fluxos de estoques naturais e contribuindo para a definição de uma escala sustentável da economia. Quando estas organizações industriais abrangem uma grande área produtiva do País, como é o caso do complexo sucroalcooleiro, os problemas ocasionados pela queima do canavial se tornam fundamentais. Dessa forma, foi realizado um estudo do setor sucroalcooleiro usando a cana cortada crua, analisando e quantificando as diversas utilizações da palha e do bagaço e os efeitos ambientais, evitando-se os impactos provocados pela queima de cana-de-açúcar no meio ambiente e uma possível viabilidade econômica utilizando o método de valoração econômica.

Palavras-chave: custos ambientais; queimada; valoração econômica.

ABSTRACT

MATTOS, K.M.C (2002). *Economical Evaluation of impacts caused by sugar-cane burning at environment*. São Carlos, 125p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Concern about environmental problems turns up as an important element regarding material and economical growth and life quality. Due natural resources shortage, alternatives have been requested for socioeconomic development is sustainable. Impact by agro-industrial sector in environmental hazarding is significant, so it is fundamental negative externalities caused by productive process in environment are considered, as well as need of economical internalization of those effects. Natural capital introduction in economical analysis is necessary once environmental degradation costs and natural resources consumption have not been added in to productive processes, being evaluated natural stocks flows and contributing for a sustainable scale definition of economy. When these industrial organizations comprise a great productive area of country, for example alcohol industry assemblage case, problems caused by sugar-cane plantation burning become fundamental. Therefore, a study of alcohol industry sector was accomplished using raw cane, analyzing and quantifying straw and pulp several uses, and environmental effects, being avoided impacts caused by sugar-cane burning at environment and a possible economical viability using economical valuation method.

Keywords: environmental costs; burning; economical valuation.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Vive-se hoje em dia uma mudança de paradigma econômico em evolução na sociedade, já que o recurso natural, antigamente farto, tem se tornado cada vez mais escasso, devendo-se levar em consideração sua possível exaustão.

De acordo com MERICO (1996), “a mudança paradigmática aparece como um elemento reorganizador dos processos econômicos, cujo principal eixo é a busca da sustentabilidade, entendida como a capacidade das gerações presentes alcançarem suas necessidades, sem comprometer a capacidade das gerações futuras também fazê-lo”.

A consciência dos problemas ambientais aparece como um ponto importante a respeito do crescimento material e econômico e da qualidade de vida. A qualidade de vida para alguns é obtida às custas da limitação das produções materiais e para outros, ao contrário, ela é proporcional à abundância dos produtos.

A aposta em um desenvolvimento econômico e social contínuo, harmonizado com a gestão racional do ambiente, segundo SACHS (1986), passa pela redefinição de todos os objetivos e de todas as modalidades de ação. O ambiente é considerado uma dimensão do desenvolvimento e deve então ser internalizado em todos os níveis de decisão.

Sustentabilidade pode ser entendida como um conceito que depende da escala de tempo e de espaço, e segundo COSTANZA (1991), sustentabilidade é a relação harmônica entre sistemas econômicos e sistemas ecológicos maiores, sendo ambos dinâmicos.

O desenvolvimento e a qualidade do meio ambiente estão indissolúvelmente vinculados e devem ser tratados mediante a mudança do conteúdo, das modalidades e das utilizações do crescimento. Três critérios fundamentais devem ser obedecidos simultaneamente: equidade social, prudência ecológica e eficiência econômica. Este conceito normativo básico emergiu da Conferência de Estocolmo em 1972, designado à época como “abordagem do ecodesenvolvimento” e posteriormente renomeado “desenvolvimento sustentável” (SACHS, 1993).

Em decorrência da Conferência de Estocolmo (considerada um marco por introduzir uma discussão crítica em esfera mundial sobre os modelos de desenvolvimento) foram criados o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA); o Programa Observação da Terra, *Earthwatch*, para monitorar as diversas formas de poluição, e a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), que pesquisou a situação de degradação ambiental e econômica da Terra e produziu um relatório desse trabalho conhecido como "Relatório Brundtland" ou *Our common future* (SOUZA, 2000a).

Com a ameaça da escassez dos recursos naturais, vêm-se buscando alternativas para que o desenvolvimento sócio-econômico seja sustentável. Como o impacto do setor industrial na deterioração ambiental é significativo, é fundamental que sejam consideradas as externalidades negativas provocadas pelo processo produtivo no meio ambiente e a necessidade de internalização econômica desses efeitos.

A introdução do capital natural na análise econômica faz-se necessário já que os custos da degradação ambiental e do consumo de recursos naturais não têm sido adicionados aos processos produtivos, avaliando-se os fluxos de estoques naturais e contribuindo para a definição de uma escala sustentável da economia.

O estudo da economia em relação ao ambiente natural, hoje em dia, não é bem definido, mas sabe-se que sua principal característica é a necessidade de ser sustentável, considerando a capacidade de suporte dos ecossistemas. As energias devem ser conduzidas para a questão de como limitar a escala em um nível sustentável. Pode-se começar investigando os princípios operacionais da sustentabilidade e desenvolvendo-se ferramentas econômicas que evidenciem isso.

A questão ambiental tem sido tratada, dentro do pensamento econômico, no âmbito da microeconomia, buscando-se internalizar no preço de um produto os custos dos efeitos ambientais externos da produção, fazendo com que o preço final reflita a degradação do ambiente e sua recuperação.

Essa internalização dos custos ambientais é um problema microeconômico e seria desejável que fosse largamente empregado, porém não é o que ocorre. A microeconomia se ocupa da análise custo-benefício de uma atividade localizada, definindo a escala ótima de produção, no qual qualquer aumento nos custos marginais gera uma diminuição dos benefícios marginais.

A inserção do meio ambiente nas análises econômicas passa pela compreensão e incorporação de certas particularidades inerentes aos chamados bens naturais. Tais particularidades baseiam-se nos conceitos de recursos naturais, bens públicos e externalidades, salientando também que a presença de externalidades, distorcendo o sistema de incentivos em que se constitui o sistema de preços, é uma fonte de ineficiência na alocação de recursos naturais (TOLMASQUIM, 1995).

O autor anteriormente citado menciona ainda que com a finalidade de remediar estas deficiências de mercado, em 1920, Arthur Pigou preconizou a intervenção do estado sob a forma de taxação das externalidades negativas. A taxa deveria ser de um valor igual ao valor monetário do custo externo, isto é, a diferença entre o custo privado e o custo social; dessa maneira, a externalidade monetizada e contabilizada faria parte do cálculo econômico. Menciona ainda que essa integração na esfera econômica de fenômenos externos emprega-se correntemente o termo internalização das externalidades.

O primeiro requisito de um modelo de processo econômico ecologicamente sustentável pede que se saiba de que forma o sistema econômico depende do ecossistema – seja na função deste último como fonte de recursos, seja como cesta de lixo, depósito ou fossa dos resíduos da dissipação de matéria e energia (CAVALCANTI, 1996).

No momento em que o sistema econômico criado pelo ser humano não é mais compatível com o sistema ecológico que a natureza oferece, existe a necessidade de uma nova adaptação das relações entre o Homem e a Natureza. Surge desta maneira a proposta da avaliação econômica do meio ambiente, que não tem como objetivo dar um “preço” a um certo tipo de meio ambiente e sim mostrar o valor econômico que o meio ambiente pode oferecer e o prejuízo irrecuperável que pode haver caso seja destruído (FIGUEROA, 1996).

A ênfase dada aos aspectos econômicos é justificada pela crescente preocupação com a questão ambiental e aumento vertiginoso das externalidades ambientais do processo produtivo, que vêm trazendo modificações nas análises de custo-benefício.

Importante ressaltar, também, que, segundo MERICO (1996), não há dinheiro ou tecnologia capaz de substituir os serviços ambientais proporcionados pela biodiversidade, regulação climática, ciclo hidrológico, proteção da camada de ozônio e por tantos outros.

Os custos da degradação ambiental e do consumo de recursos naturais não têm sido computados nos processos econômicos. Para que esse processo econômico continue a ser produtivo um preço terá que ser pago.

A valoração ambiental é essencial, caso se pretenda que a degradação da grande maioria dos recursos naturais seja interrompida antes que ultrapasse o limite da irreversibilidade.

A pressão crescente, em nível mundial, que existe sobre as organizações industriais para que adotem medidas de proteção ao meio ambiente, faz com que as empresas, dependendo do contexto em que atuam, reformulem suas estratégias competitivas incluindo a variável ambiental (MIRANDA et al, 1997).

O adequado gerenciamento ambiental é necessário para garantir que a degradação da natureza e conseqüente decadência da qualidade de vida, tanto nas cidades como no campo, parem de ocorrer. E que a necessidade de se produzir seja compatível com a necessidade de se preservar o meio ambiente (CARNEIRO et al, 1993).

Quando estas organizações industriais abrangem uma grande área produtiva do País, o problema do gerenciamento ambiental se torna essencial, como é o caso do complexo sucroalcooleiro, pois a cana para a indústria é a mais importante lavoura do País, tanto quando se visualiza sua contribuição para o valor da produção, quanto à sua geração de emprego.

No setor sucroalcooleiro são bastante evidentes as exigências de grupos ambientalistas e da opinião pública em todo mundo, para que se privilegiem formas de energias renováveis e menos poluentes que os combustíveis fósseis.

No entanto, uma importante dificuldade em se acessar o mercado internacional está justamente relacionada à denúncia de “dumping” ambiental e social no processo de produção de cana, açúcar e álcool no Brasil.

O crescimento da área de canavial no Brasil para suprir a demanda do álcool carburante tem provocado muita discussão devido aos problemas gerados pelas queimadas como prática pré-colheita. Estes problemas são abordados do ponto de vista ambiental, sendo a queima dos canaviais acusada de provocar poluição atmosférica, invasão dos centros urbanos pelo carvão e destruição de fauna e flora, além de outros.

Um fato importante está por acontecer na área canavieira: o binômio açúcar/álcool pode se transfigurar no trinômio açúcar/álcool/bagaço. Este último que, segundo STUPIELLO (1989) in RIPOLI et al. (1990a) tem sido enquadrado nas quase duas dezenas de subprodutos da cana-de-açúcar, já não poderá ser assim considerado face ao crescimento marcante de seu valor econômico. O bagaço de cana-de-açúcar vem se tornando cada vez mais caro como combustível para as caldeiras de usinas e destilarias de álcool, face à expansão de seu uso como matéria prima para a fabricação de papel, papelão, corrugados, conglomerados, furfural, de ração (neste caso após receber processos de hidrólise), entre outros.

Faz alguns anos que são conhecidas as conveniências e as vantagens de se fazer chegar à usina a “cana limpa”, em lugar da “cana queimada”. Se no princípio a abordagem foi apenas de ordem técnica, ela é muito mais do que isso: é também de ordem sanitária e ecológica, na medida em que, ao se evitar a queima dos canaviais garante-se um ar mais respirável e maior proteção ambiental em todas as regiões produtoras. O valor econômico extraordinário que está em jogo e que se perde em cada safra, com a queima da palhada, pode e deve ser utilizado, aproveitando-se a palhada como utilíssima e barata fonte energética, nas caldeiras de todas as unidades produtoras (RIPOLI et al, 1990a). Dessa forma, pode-se utilizar o bagaço para fins mais nobres e economicamente viáveis.

Kirchhoff afirma: “A queima do canavial implicará em danos irreparáveis à humanidade, devido aos aspectos ligados à poluição atmosférica, por interferir na camada de ozônio”. Para o ozônio (O₃) os trabalhos de Warner e de Franco para a grande região de Ribeirão Preto-SP, confirmam as afirmações desse autor (in FURLANI NETO, 1995).

Sabe-se que em diversos países canavieiros, a técnica da colheita mecânica da cana crua já se constitui uma realidade e que, fatalmente, a curto prazo, será adotada no Brasil, devido, principalmente, aos aspectos ecológicos, conservacionistas, industriais e, principalmente, aos aspectos energéticos envolvidos no processo de queima prévia dos canaviais, gerando um desperdício inútil de energia, que poderá constituir em um futuro bem próximo, de lucros ao setor sucroalcooleiro e, principalmente, ao país, conforme trabalho de RIPOLI & VILLA NOVA (1992).

As regiões tradicionalmente canavieiras vêm sofrendo crescentes pressões ambientalistas para o controle da emissão de poluentes resultantes da queima da cana. Devido a estas pressões surgiu o Decreto Lei nº 42.056 de 06 de agosto de 1997 (D.O.E. 07/08/1997) que, na tentativa de normatizar o assunto, fixou um prazo para adoção de medidas que eliminem a queima da cana.

Este trabalho visa a análise da internalização dos custos ambientais no setor produtivo, usando o setor sucroalcooleiro como base, pretende-se quantificar a intervenção das atividades da produção sucroalcooleira no meio ambiente, principalmente a da queimada da cana-de-açúcar, que será estudada também do ponto de vista da legislação ambiental brasileira.

O objetivo desse trabalho é a realização de um estudo do setor sucroalcooleiro usando a cana cortada crua, analisando e quantificando as diversas utilizações da palha e do bagaço e os efeitos ambientais, evitando-se os impactos provocados pela queima de cana-de-açúcar e uma possível viabilidade econômica do meio ambiente utilizando o método de valoração econômica.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A discussão sobre o novo desafio de desenvolvimento sustentável foi lançada pelo Relatório Brundtland que menciona o objetivo do desenvolvimento sustentável como um novo modelo de desenvolvimento, definido como "desenvolvimento que satisfaça as necessidades das presentes gerações sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades". Essa colocação, segundo SOUZA (2000a), contém dois conceitos chaves: "o conceito de necessidades, em particular as necessidades essenciais da pobreza mundial, às quais deve ser dada total prioridade, e o de limitações, impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do meio ambiente de atender às necessidades atuais e futuras".

Esse relatório parte de uma visão complexa das causas dos problemas sociais, econômicos e ecológicos da sociedade global, ressaltando a interligação entre economia, tecnologia, sociedade e política, e chamando a atenção para uma nova postura ética, caracterizada pela responsabilidade, tanto entre as gerações quanto entre os membros contemporâneos da sociedade atual (SOUZA, 2000a). Destacando-se dois conceitos: o de "uma nova ordem econômica internacional" e o de "desenvolvimento sustentável", apresentando assim, uma proposta de buscar o desenvolvimento sustentável por meio de uma nova ordem econômica internacional, com a necessidade de conciliar o crescimento econômico e a conservação ambiental. Este relatório levou a convocação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) que ficou conhecida como ECO-92.

2.1 - Evolução da Análise da Economia Relacionada ao Meio Ambiente

A economia atual do meio ambiente procura uma abordagem preventiva contra as catástrofes ambientais iminentes pregando a conservação da biodiversidade mediante uma ótica que considere as necessidades potenciais das gerações futuras. Isso pressupõe que os limites ao crescimento fundamentados na escassez dos recursos naturais e sua capacidade de suporte são reais e não necessariamente superáveis por meio do progresso tecnológico.

A economia, uma disciplina marcada pela coexistência de vários paradigmas, pode ser classificada distinguindo-se as escolas neoclássica, keynesiana, institucionalista e marxista. Mas, segundo TOLMASQUIM (1995), no que diz respeito às questões microeconômicas, a teoria neoclássica se consolidou como modelo dominante. Sua base teórica aplicada aos problemas ambientais constitui uma especialidade, “economia do meio ambiente”.

A teoria neoclássica centra sua análise sobre o problema da alocação ótima de recursos, sendo que o sistema de mercado determina um equilíbrio único e estável. A análise econômica neoclássica se esforça para confiar ao mercado a resolução dos problemas ambientais.

A teoria neoclássica de alocação pressupõe que o capital natural pode ser substituído infinitamente pelo capital material. Alguns autores, como SIMON (1995), acreditam que o progresso tecnológico irá superar quaisquer limites que possam surgir ao crescimento devido à escassez dos recursos. Devido à ausência de instituições democráticas em pleno funcionamento ou da soberania do consumidor nos atuais mercados oligopólicos interdependentes, as decisões em relação aos *trade-offs* entre desenvolvimento e meio ambiente podem ser mal interpretadas pelos preceitos neoclássicos. Segundo ROMEIRO (1991), do ponto de vista tecnológico já existe uma série de alternativas, mas estas dependem da superação de interesses privados através da internalização dos custos ecológicos, que só serão aplicados através de uma sociedade consciente e organizada.

Uma das maiores limitações dessa teoria é que os sistemas econômicos dão valor aos bens e serviços produzidos pelo Homem e não valoram os bens e serviços produzidos pela Natureza. Assim, os valores dados aos produtos e serviços não correspondem aos seus valores reais.

Segundo MARQUES & COMUNE (1996) existe a necessidade de valorar corretamente os bens e serviços do meio ambiente, entendidos no desempenho das funções: provisão de matérias-primas, capacidade de assimilação de resíduos, estética e recreação, biodiversidade e capacidade de suporte às diversas formas de vida no planeta Terra. Há, também, necessidade de procurar integrar esses valores apropriadamente estimados, às decisões sobre a política econômica e ambiental e aos cálculos das contas econômicas nacionais.

Atualmente, há uma emergente mudança de paradigmas em evolução na sociedade, em que é preciso perceber o conjunto de valores que direcionam nosso desenvolvimento econômico e nossa relação com o ambiente natural, que encontrou uma barreira intransponível que são os limites da biosfera. A operacionalização da sustentabilidade é o grande desafio civilizatório das próximas décadas.

A economia como ciência tem desenvolvido, ao longo dos anos, diversas formas de análise relacionada ao ambiente natural. Esta análise pode ser dividida em três fases: Economia de Recursos Naturais, Economia Ambiental e Economia Ecológica.

2.1.1 - Economia de Recursos Naturais

Difundida nas décadas de 60 e 70, tinha sua ênfase na forma de utilização dos recursos naturais. O objetivo era alcançar o uso ótimo de recursos renováveis e não-renováveis, porém não se conseguiu evitar a degradação ambiental. Assim, nesta fase correu-se o risco de levar os recursos naturais à completa exaustão ou extinção.

PILLET (1993) observa que ela se desenvolveu a partir dos trabalhos alemães do século XIX sobre a economia florestal (Albrecht Taher e o seu discípulo Von Thunen, pai da economia espacial). Mais recentemente, essa economia dos recursos está ligada aos trabalhos de Hotelling (anos 30) que é um dos primeiros a opor à teoria do crescimento econômico uma visão de decrescimento associada à raridade dos recursos disponíveis para fazer funcionar a economia.

2.1.2 - Economia Ambiental

Difundida na década de 80, tinha sua ênfase voltada à questão da poluição, que era percebida como uma externalidade do processo de produção e consumo que podia ser tratada pelos vários meios de internalização de custos ambientais nos preços dos produtos.

Essa economia pode ser associada aos trabalhos do professor Arthur Pigou, de Cambridge que em 1920, publicou *Welfare Economics* (Economia do bem-estar). Pela primeira vez são propostos instrumentos econômicos (taxas e subsídios), para corrigir efeitos fora de mercado provocados pelo consumo ou pela produção de bens: sujidades ou fumos por um lado (cujos autores não suportavam os custos), amabilidades e outras satisfações, por outro (que não eram pagas por aqueles que as usufruíam) (PILLET, 1993).

Ainda segundo o autor, para simplificar: a economia ambiental interessa-se mais particularmente pelas coisas que vão no sentido economia → ambiente: poluições do ar, da água, do solo, e outros dejetos, resíduos, ruído e outros danos. A economia dos recursos naturais, essa, interessa-se mais pelo sentido ambiente → economia, ou seja, pelo que entra na economia - o que é extraído por ela do ambiente.

A FIGURA 1 a seguir, segundo COSTANZA (1994), ilustra um aspecto da relação entre essas economias e a economia ecológica: os domínios das diferentes subdisciplinas. O campo superior esquerdo representa o domínio da economia "convencional", as interações dos setores econômicos (como mineração, indústria ou unidades familiares) com cada um dos demais. O domínio da ecologia "convencional" é o campo inferior direito - as interações dos ecossistemas e seus componentes com os demais. O campo inferior esquerdo representa os insumos dos setores ecológicos para os setores econômicos. Esse é o domínio habitual da economia de recursos naturais e da análise de impactos ambientais: o uso, pela economia, de recursos naturais renováveis e não-renováveis. O campo superior direito representa o "uso", pelos setores ecológicos, de "produtos" econômicos. Os produtos de interesse neste campo são geralmente subprodutos indesejados pela produção e os últimos rejeitos do consumo. Esse é o domínio habitual da economia ambiental e da análise de impacto ambiental, a poluição e sua mitigação, prevenção e mediação. A economia ecológica engloba e transcende esses limites disciplinares e vê a economia humana como parte de um todo maior. Seu domínio é a totalidade da rede de interações entre os setores econômico e ecológico.

Figura 1: Os domínios da economia convencional, ecologia convencional, economia ambiental e dos recursos naturais e economia ecológica
Fonte: COSTANZA (1994)

Tanto a Economia de Recursos Naturais quanto a Economia Ambiental, segundo MERICO (1996), mostraram-se insuficientes para produzir uma ampla introdução do ambiente natural na análise econômica, dado que não discutiam uma escala adequada das atividades econômicas em relação aos ecossistemas e em relação à própria biosfera.

Dessa forma surge uma nova abordagem, a da economia ecológica, que segundo PILLET (1993), teve seu nascimento com o artigo de Herman Daly publicado em 1968 e intitulado "*Is Economics a Lifescience?*" (A economia é uma ciência viva?).

Tomado à letra, de acordo com o mesmo autor, nem a economia ambiental, nem a economia dos recursos naturais levam verdadeiramente em consideração interações ecológicas, funções do ambiente, trabalho dos ecossistemas e valor dos bens e serviços de ambiente (capacidade de regeneração do capital natural e de assimilação dos resíduos e emissões). São essas considerações que constituem a especificidade da economia ecológica.

2.1.3 - Economia Ecológica

Uma nova abordagem que representa uma evolução das formas de análise anteriores, englobando a problemática do uso de recursos naturais e as externalidades do processo produtivo, com ênfase no uso sustentável das funções ambientais e na capacidade dos ecossistemas em geral de suportar a carga imposta pelo funcionamento da economia, considerando custos e benefícios da expansão da atividade humana.

Apesar da economia ecológica só recentemente ter recebido reconhecimento formal (estabelecimento de uma sociedade internacional e uma publicação científica dedicada ao assunto ocorreu em 1989, e no Brasil foi fundada a sociedade Brasileira de Economia Ecológica – a ECO-ECO - em 1994), os conceitos que fundamentam sua crítica da teoria neoclássica possuem uma história mais longa. Em 1968, Boulding concebeu uma economia adaptada às limitações do “navio espacial Terra”; Georgescu-Roegen, em 1971, aplicou a Segunda Lei da Termodinâmica ao problema do fluxo de energia na economia humana, sugerindo que a crescente entropia iria impor limites ao crescimento. Daly, em 1974, fundamentou a economia do estado estável no mesmo princípio. Os alarmes sobre a capacidade da Terra de absorver uma explosão demográfica foram reacesos no fim dos anos 80, após uma década de complacência tecnológica, quando as mudanças climáticas globais emergiram como enfoque principal do debate sobre a transição para o desenvolvimento sustentável (MAY, 1995).

Economia ecológica é, de acordo com CONSTANZA (1994), uma nova abordagem transdisciplinar (que vai além das concepções tradicionais das disciplinas científicas, procurando integrar e sintetizar muitas perspectivas disciplinares diferentes) que contempla toda a gama de inter-relacionamento entre os sistemas econômico e ecológico.

Segundo BUARQUE (1994), a economia ecológica deverá incorporar todas as relações da vida como parte de seu estudo, exigindo não apenas a incorporação da dimensão ecológica, como também a consideração do longo prazo. O espaço físico da economia deverá ir além dos limites das empresas e da nação, abrangendo toda a ecologia; o tempo das análises não poderá ficar restrito ao curto prazo, devendo incorporar todo o futuro no qual os efeitos das decisões econômicas se fazem sentir.

A economia ecológica, de acordo com MAY (1995), procura uma abordagem contra as catástrofes ambientais iminentes pregando a conservação dos recursos naturais mediante uma ótica que adequadamente considere as necessidades potenciais das gerações futuras.

Essa abordagem pressupõe que os limites ao crescimento fundamentados na escassez dos recursos naturais e sua capacidade de suporte são reais e não necessariamente superáveis por meio do progresso tecnológico. Isto significa que ao lado dos mecanismos tradicionais de alocação e distribuição geralmente aceitos na análise econômica, a economia ecológica acrescenta o conceito de escala, no que se refere ao volume físico de matéria e energia que é convertido e absorvido nos processos entrópicos da expansão econômica.

Existem duas vertentes metodológicas principais, de acordo com MAY (1995), que têm norteado a utilização da economia ecológica como instrumento no processo decisório, que são:

- expandir as fronteiras da análise tradicional de custoxbenefício, buscando uma quantificação das interações entre a atividade econômica e as funções ecológicas, utilizando métodos de valoração ambiental;
- estabelecer limites à interferência da economia nos ecossistemas naturais, reconhecendo o extenso trabalho empírico que seria necessário para expandir as fronteiras da análise de custoxbenefício para incorporar a valoração ambiental de forma adequada, necessitando da participação da sociedade nas escolhas de políticas onde existam percepções diferenciadas de valores.

A economia ecológica almeja o desenvolvimento sustentável, sendo que uma definição do funcionamento do desenvolvimento sustentável, conforme PEARCE & TURNER (1991), envolve a maximização dos benefícios líquidos do desenvolvimento econômico, sujeito a manter os serviços e qualidade dos recursos naturais ao longo do tempo. O desenvolvimento econômico tem sido amplamente interpretado para não incluir somente aumentos de renda per capita, mas também outros elementos de bem estar social. Este desenvolvimento envolverá necessariamente mudança estrutural dentro da economia e da sociedade. Mantendo os serviços e a qualidade da ação de recursos com o passar do tempo, implicando a aceitação das seguintes regras:

- utilizar recursos renováveis com taxas menores ou iguais à taxa natural de regeneração;
- otimizar a eficiência dos recursos não renováveis utilizados, sujeito a substituição desses recursos por novas tecnologias.

Segundo COMMON (1995), as características essenciais do desenvolvimento sustentável para a sociedade necessita de três imperativos ecológicos:

1. o tamanho da população na Terra deve ser relativamente estável (ou decrescente);
2. a população global e suas atividades não devem ultrapassar os limites dos recursos naturais impostos pela biosfera;
3. a organização da sociedade e o sistema econômico devem ser tais que a saúde humana e a qualidade de vida, e altas taxas de emprego, não dependam do aumento dos níveis de consumo e dos produtos dos recursos naturais ou de atividades que diminuam a produtividade do ecossistema.

A economia necessita de uma escala adequada relativa ao ambiente natural, escala significando tamanho físico, volume físico do fluxo de matéria e energia de baixa entropia vinda dos ecossistemas e que retorna ao ambiente como alta entropia.

A definição de uma escala da economia em relação ao ambiente natural é fundamental, pois a biosfera, da qual a economia é um subsistema, não cresce (FIGURA 2). Sendo a biosfera finita, é claro que o subsistema econômico não pode romper e degradar o ambiente natural indefinidamente. E sendo a biosfera a fonte de todos os materiais que alimentam a economia e o lugar de despejo de seus rejeitos, a economia tem que manter um tamanho que seus ecossistemas possam sustentar (MERICO, 1996).

Figura 2: *Biosfera finita em relação ao crescente subsistema econômico*
Fonte: MERICO (1996)

Caso o subsistema econômico ultrapasse a capacidade de sustentação dos ecossistemas, os processos de manutenção da vida no planeta podem se romper. Como não há a possibilidade de internalizar essa externalidade generalizada, representada pela destruição dos ecossistemas básicos do planeta, uma alternativa é a incorporação da destruição (externalidades) nos preços dos produtos e serviços.

A imposição de limites biofísicos sustentáveis é que determinará uma escala adequada para a economia e evitará o rompimento desses ecossistemas. A capacidade de sustentação dos ecossistemas será garantida quando forem seguidos os seguintes pressupostos:

- não retirar dos ecossistemas mais que sua capacidade de regeneração;
- não lançar aos ecossistemas mais que sua capacidade de absorção (MERICO, 1996).

Um processo econômico é verdadeiramente sustentável quando três funções ambientais críticas não são desrespeitadas, de acordo com CAVALCANTI (1996):

1. de provisão de recursos;
2. de absorção e neutralização dos dejetos da atividade econômica;
3. de manutenção da oferta de serviços ambientais, desde as condições de amenidade propiciadas pelo “verde” a funções como a de estabilidade climática.

Como os bens e serviços proporcionados pela natureza e as funções gerais dos ecossistemas não podem ser comprados ou vendidos em nenhum mercado, se for deixado que a alocação seja feita pelo livre mercado, a tendência será de exaurir, estressar ou romper o equilíbrio do ambiente natural. Sendo que as principais consequências da inexistência de mercados para a biodiversidade são sua alocação ineficiente e as exterioridades negativas.

PEARCE & TURNER (1991) acreditam que, se algo é proporcionado a preço zero, sua demanda será maior do que se tivesse um preço positivo. E a grande demanda pode ultrapassar a capacidade do ecossistema de sustentá-las.

Reconhecendo que a biodiversidade, os recursos naturais e serviços ambientais têm funções econômicas e valores econômicos positivos, e que tratando-os como preço zero é um risco muito grande de exauri-los, ou manejá-los insustentavelmente, tem-se a importância de valorar corretamente o ambiente natural e integrar esses valores corretos às políticas econômicas, assegurando, assim, uma melhor alocação de recursos.

Um princípio básico, segundo MARQUES & COMUNE (1996), a ser observado é que o ambiente e o sistema econômico interagem, quer através dos impactos que o sistema econômico provoca no ambiente, quer através do impacto que os recursos naturais causam na economia.

Ter a idéia de quanto vale o ambiente natural e incluir esses valores na análise econômica é, pelo menos, uma tentativa de corrigir as tendências negativas do livre mercado.

As variações dos preços de certa forma atuarão no sentido de evitar o desperdício de recursos em via de esgotamento relativo, mas seria perigoso abandonar esses problemas à mercê do mercado, sendo que a regra da economia de mercado é deixar que as empresas internalizem os lucros e externalizem os custos à sociedade.

A eliminação dos desperdícios e a manutenção, em níveis toleráveis, quer pela produção, quer pelo consumo de determinados produtos, levantarão também o problema dos limites ao incremento dos consumos materiais, em benefício dos serviços sociais concebidos no sentido mais amplo do termo, levando a um perfil de desenvolvimento menos intensivo em recursos e menos degradante para o ambiente (SACHS, 1986).

A política ambiental não se preocupa somente com os problemas de preservação ambiental, mas está com o foco direcionado para as questões de custo/benefício. Isto quer dizer que não basta a identificação de parâmetros para o controle ambiental e para a manutenção/incremento dos recursos naturais, necessita-se também a avaliação do custo que a sociedade paga para obtenção dos resultados almejados (GUIMARÃES et al, 1995).

A introdução do capital natural na análise econômica é fundamental no sentido de se avaliar os fluxos dos estoques naturais, entendendo sua dinâmica com o capital manufaturado, contribuindo para a definição de uma escala sustentável de economia.

Há a necessidade do reconhecimento das externalidades ambientais do processo produtivo e a necessidade de internalização econômica desses efeitos, já que os custos da degradação ambiental e do consumo de recursos naturais não têm sido computados nos processos produtivos (MERICO, 1996).

Os efeitos negativos no ambiente gerados pelo processo produtivo e seus resíduos têm sido ignorados por parte das autoridades, e esta negligência beira a insanidade quando se desconsidera os limites impostos pela biosfera e a necessidade de adequar o processo produtivo a estes limites.

Para que o processo econômico continue a ser produtivo, entretanto, um preço terá que ser pago para a limpeza dos oceanos, rios e lagos, para a restauração da qualidade do ar, para a recuperação dos solos, florestas, populações de peixes, para a restauração da camada de ozônio, entre outros. A internalização dos custos ambientais do processo produtivo, para que cada atividade tenha seus impactos propriamente contabilizados, é uma excelente ferramenta para melhorar a alocação de recursos econômicos, mas é um processo que depende basicamente da identificação de impactos ambientais e de sua correta valoração econômica.

A internalização de custos ambientais é um passo importante no controle do uso dos recursos e serviços naturais, e buscará fazer os consumidores pagarem o custo real do que adquirirem, ao invés de repassar indiscriminadamente estes custos à sociedade. Poderá conduzir também à adoção de meios mais eficientes de se conter a poluição e de uso eficiente da energia e recursos.

Segundo ACSELRAD (1995), existem dois tipos de dificuldades à respeito da internalização de custos ambientais:

1. dificuldades aparentemente “técnicas” de valorar processos ecológicos incertos e heterogêneos;
2. dificuldades de identificar as fontes de legitimidade para fundamentar os valores econômicos de tais processos e fazê-los valer nos mecanismos decisórios ou no mercado.

Segundo esse mesmo autor, os procedimentos de contabilização de custos ambientais se defrontam com seis situações-tipo:

1. “custos sociais” já monetizados;
2. “custos sociais” que podem ser monetizados;
3. “custos sociais” que só podem ser qualificados;
4. efeitos que só podem ser descritos em termos qualitativos;
5. efeitos prováveis que não podem hoje ser precisados;
6. efeitos hoje desconhecidos.

A importância dos métodos de valoração ambiental decorre não só da necessidade de dimensionar impactos ambientais, internalizando-os à economia, mas também da necessidade de evidenciar custos e benefícios decorrentes da expansão da atividade humana.

Em um ecossistema natural equilibrado qualquer mudança capaz de modificar as trocas energéticas é considerada um impacto ambiental. Os impactos ambientais podem ser gerados por motivos naturais (deslizamentos de encostas, enchentes catastróficas, terremotos, furacões, entre outros) ou pela atuação do Homem.

O impacto gerado pelo ser humano pode ser positivo, valorizando o meio ambiente, ou negativo, desvalorizando o ecossistema natural através de agressões: implantação de grandes obras civis que afetam desfavoravelmente as trocas energéticas ambientais, exploração descontrolada das riquezas naturais, geração de fortes concentrações de cargas poluidoras nos ecossistemas, imposição de fortes demandas à capacidade de suporte energético dos ecossistemas naturais (OTTONI NETTO, 1983).

Os impactos ambientais negativos resultam da ação do ser humano em relação aos mecanismos geradores das riquezas em ambientes naturais que ele pretende utilizar, seja visando o lucro, ou simplesmente por descaso ou ignorância.

Um sistema (biofísico, sócio-econômico e cultural) em equilíbrio energético natural pode ser propositadamente valorizado (benefícios intangíveis) com atuações artificiais que aumentam a produtividade ou suas disponibilidades (benefícios tangíveis). Isto está se tornando cada vez mais freqüente em países desenvolvidos, onde a engenhosidade do Homem leva às atuações impactantes positivas em relação aos ecossistemas naturais.

Neste caso, realizar-se-á ação de desvalorização proposital do meio ambiente por intermédio da inteligência humana, cuja ação em harmonia com a natureza vem gerar riquezas a seu próprio desfrute. Por exemplo, uma área em processo de desertificação pode ser propositadamente melhorada, através de meios artificiais, da umidade natural e da qualidade do solo.

As propriedades básicas de um ecossistema podem ser consideradas através de sua propriedade, estabilidade, resiliência e flutuação ambiental. Tais parâmetros dependem dos atributos desse sistema biofísico, os quais se encontram em equilíbrio dinâmico natural graças a trocas energéticas, tanto internamente como o entorno (OTTONI NETTO, 1983).

TIETENBERG (1994) acredita que se o meio ambiente puder ser definido de uma maneira geral, a sua relação com o sistema econômico pode ser considerada como um sistema fechado (FIGURA 3), ou seja, nenhum insumo é recebido de fora do sistema e nenhuma produção é transferida para fora do sistema. Embora se receba a energia proveniente do Sol, o sistema pode ser tratado como um sistema fechado, pois a quantia de trocas com a atmosfera em torno do planeta é desprezível. Esse tratamento como um sistema fechado tem uma implicação importante, que é resumida pela primeira lei da termodinâmica - uma lei que declara que a energia e a matéria não podem ser criadas nem destruídas. A lei implica que o material do meio ambiente usado no sistema econômico é acumulado neste ou volta à natureza como refugo.

Figura 3: O Sistema Econômico e o Meio Ambiente
Fonte: TIETENBERG (1994)

A relação do ser humano com o meio ambiente é condicionada através da segunda lei da termodinâmica - conhecida como entropia. De acordo com MERICO (1996), “a energia total do universo permanece constante e a entropia do universo continuamente tende ao máximo”, sendo que a entropia é a quantidade de energia que não é mais capaz de realizar trabalho. A entropia é a medida do grau de desordem do Universo. Esta desordem pode ser revertida por um processo chamado sintropia, que é o processo de criação da vida, particularmente a fotossíntese.

De acordo com suas características intrínsecas, um ecossistema natural em estado de equilíbrio energético pode reagir de maneiras diferentes a impactos ambientais gerados pelo Homem. Sempre que se impuserem alterações ao meio ambiente promovendo sua degeneração ou valorização, convém comparar as condições antes existentes com as modificadas de modo a definir as reações globais do ecossistema impactado. Isso torna possível qualificar as modificações no sistema biofísico e ter uma primeira idéia de suas tendências evolutivas. Desta forma, será possível reestudar arranjos estruturais e formas de operação, visando minimizar os inconvenientes detectados para o meio ambiente. Na análise comparativa dos atributos dos sistemas naturais antecedente e modificados pela atuação do Homem, é conveniente prever qualitativamente as tendências evolutivas do meio ambiente alterado.

O estudo da economia em relação ao ambiente natural, hoje em dia, não é bem definido, mas sabe-se que sua principal característica é a necessidade de ser sustentável, considerando a capacidade de suporte dos ecossistemas. As energias devem ser conduzidas para a questão de como limitar a escala a um nível sustentável. Pode-se começar investigando os princípios operacionais da sustentabilidade e desenvolvendo-se ferramentas econômicas que evidenciem isso.

O valor pode ser interpretado de diversas formas, embora para PEARCE & TURNER (1991) exista três relações dos valores ambientais adotados pela política e ética nas sociedades industrializadas: valores expressos via preferências individuais; valores de preferência pública; e valores do ecossistema físico funcional (FIGURA 4).

Figura 4: *Relações dos Valores Ambientais*
Fonte: PEARCE & TURNER (1991)

Apesar da idéia de evidenciar os valores monetários do ambiente natural parecer, sob certos aspectos, imoral, ela se justifica pelo fato de que estes valores monetários podem ser utilizados como padrão de medida, indicando ganhos e perdas em utilidade e bem-estar.

A internalização dos custos ambientais do processo produtivo, para que cada atividade tenha seus impactos propriamente contabilizados, é uma excelente ferramenta para melhorar a alocação de recursos econômicos, mas é um processo que depende basicamente da identificação de impactos ambientais e de sua correta valoração econômica.

2.2 - Valor Econômico Total

A idéia de se evidenciarem os valores monetários dos recursos naturais se justifica pelo fato de que estes valores monetários podem ser utilizados como padrão de medida. O valor econômico do meio ambiente tem sido objeto de intensa discussão.

O valor econômico do ambiente passa pela revelação de preços não pagos do ambiente. Há diversas formas diferentes de preços ambientais que se apoiam todas na concessão de bens e serviços de ambientes escassos. Esses bens e serviços são para conceder, por um lado à economia e, por outro, entre a economia e o ambiente (PILLET, 1993).

Segundo esse autor, em princípio, o valor econômico do ambiente ultrapassa o valor só de utilização de bens e serviços da natureza (o seu valor imediato, o serviço prestado) e deve integrar o valor ligado, quer à utilização futura, mesmo opcional, quer a uma não utilização do ambiente.

Dito de outra forma, o preço econômico observado de bens e serviços do ambiente não é completo. Ou é nulo, e então os bens e serviços do ambiente não são concedidos eficazmente, nem a economia, nem entre a economia e o ambiente. Ou é positivo (o preço da água da forma como se baseia nos custos de exploração), mas não leva em consideração o ambiente (capacidade de regeneração e de assimilação, por exemplo). Um preço incompleto, e, portanto, um valor incompleto, do ambiente conduz a uma exploração demasiada de recursos do ambiente, quer em termos de extração do capital natural, quer em termos de poluição do meio natural (PILLET, 1993).

Para alcançar o desenvolvimento sustentável, pela linha da economia ecológica, torna-se necessário que os bens e serviços ambientais sejam incorporados à contabilidade econômica dos países.

Embora defenda a necessidade de se dar valores aos ecossistemas, a economia ecológica faz algumas críticas sobre os princípios em que se assenta a valoração econômica apoiada nos conceitos e hipóteses da teoria neoclássica. As críticas estão centradas no princípio da soberania do consumidor e na revelação das preferências para avaliar os bens e serviços ecológicos que produzem pouco ou nenhum impacto a longo prazo, mas inadequadas para se aplicar aos bens e serviços ecológicos que são de longo prazo. Outra crítica centra-se nos métodos desenvolvidos para valorar bens e serviços ambientais que não são transacionados no mercado, mas que procuram simular a existência de mercados para esses produtos.

Entre os diversos tipos de valor econômico relacionados aos recursos naturais, é necessário distinguir-se entre valor de uso e valor intrínseco. O valor de uso deriva do uso que se faz do ambiente, como a extração de recursos minerais ou a observação de pássaros. Já o valor intrínseco compreende os valores de algum bem, mesmo que potencial, tal como uma determinada espécie de planta ocorrente em área específica ou determinada espécie de inseto (MERICO, 1996).

O valor econômico total (VET) de um recurso consiste em seu valor de uso (VU) em seu valor de não-uso (VNU) (MUNASINGHE (1992) e TURNER (1991) in FIGUEROA (1996). O valor de uso pode ainda ser subdividido em valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO) (valor de uso potencial). O valor de existência (VE) é uma das principais categorias do valor de não-uso. Pode ser escrito:

$$\begin{aligned} \text{VET} &= \text{VU} + \text{VNU} \quad \text{ou} \\ \text{VET} &= (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VNU} \end{aligned}$$

Desta forma, o valor de uso direto é determinado pela contribuição direta que um recurso natural faz para o processo de produção e consumo. O valor de uso indireto inclui os benefícios derivados basicamente dos serviços que o ambiente proporciona para suportar o processo de produção e consumo. O valor de opção é a quantia que os consumidores estão dispostos a pagar por um recurso não utilizado na produção, simplesmente para evitar o risco de não tê-lo no futuro.

O valor de uso é atribuído pelas pessoas que realmente usam ou usufruem do meio ambiente em risco, por meio de dados estatísticos. Os valores de uso direto e indireto estão associados com as possibilidades presentes do uso dos recursos. Aquelas pessoas que não usufruem do meio ambiente podem também valorá-lo em relação a usos futuros, seja para elas mesmas ou para gerações futuras. Esse valor é referido como valor de opção, ou seja, opção para uso futuro ao invés do uso presente conforme compreendido no valor de uso. O valor de existência é mais difícil de conceituar, já que representa um valor atribuído à existência do meio ambiente independentemente do uso atual e futuro.

Os valores de existência, de acordo com MARQUES & COMUNE (1996), são aqueles expressos pelos indivíduos, de tal forma que não são relacionados ao uso presente ou futuro dos recursos ambientais pela geração presente e nem pelo possível uso que se possa atribuir em nome da geração futura. O conceito de valor de existência aproxima economistas e ecólogos, o que deverá proporcionar melhor e mais profundo entendimento da questão ambiental, na tentativa de captar todos os valores que um recurso ambiental possa conter.

As pessoas atribuem esses valores de acordo com a avaliação que fazem da singularidade e da irreversibilidade da destruição do meio ambiente, associadas à incerteza da extensão dos seus efeitos negativos.

As categorias de valores de não uso são o valor de existência (VE) e o valor de legado (VL). Pode-se escrever, segundo MUNASINGHE (1992) e TURNER (1991) in FIGUEROA (1996):

$$VET = [VUD + VUI + VO] + [VE + VL]$$

O valor de opção é baseado em quanto os indivíduos estão dispostos a pagar pela opção de preservar um bem para uso pessoal direto ou indireto no futuro.

O valor de legado, excluindo valores próprios dos indivíduos, é o valor que as pessoas derivam do fato de que outras pessoas estarão aptas a beneficiar-se desse recurso no futuro (FIGURA 5).

Figura 5: Categorias de valores econômicos atribuídos ao patrimônio ambiental.
Fonte: MUNASINGHE (1992)

As técnicas de valoração monetária do meio ambiente procuram determinar o valor econômico total, não só através do seu valor de uso, mas também pelo seu valor de opção e de existência. MUNASINGUE (1992), explicita em seu trabalho essas técnicas, agrupando-as em três conjuntos em função de seus comportamentos e do tipo de mercado que utiliza:

1. mercado convencional: quando os efeitos ambientais são localizados ou específicos, é possível medir diretamente seus impactos negativos em termos de produção sacrificada ou perdida. Por exemplo, a perda de energia gerada na queima da palha da cana-de-açúcar. A perda de lucros, custo de reposição, entre outros;
2. mercado implícito: que considera a disposição do indivíduo em pagar por um serviço ou recurso ambiental, incluindo a possibilidade das pessoas aceitarem serem pagas como compensação por danos ambientais. Por exemplo, custo de viagem e valores de propriedade;
3. mercado construído: mercado artificial, quando a preferência do consumidor é medida em situações hipotéticas. Por exemplo, valor de contingente.

2.3 - Métodos de Valoração Ambiental

Os métodos de valoração, segundo MERICO (1996), de modo geral, não possuem uma classificação rígida, podendo-se utilizar diversos enfoques na aplicação dos métodos, dependendo dos propósitos. Do ponto de vista didático, no entanto, torna-se interessante uma abordagem maleável destes métodos que permita as alterações que se fizerem necessárias durante suas aplicações.

Assim, duas categorias de métodos de valoração ambiental podem ser distinguidas da seguinte forma: métodos diretos e métodos indiretos.

Os métodos diretos podem estar diretamente relacionados aos preços de mercado ou produtividade, e são baseados nas relações físicas que descrevem causa e efeito.

Representam métodos que encontram bastante utilização para a valoração do consumo de capital natural, principalmente quando se objetiva a contabilidade de estoques de recursos naturais e sua dedução da contabilidade de renda (nacional ou regional).

Os métodos indiretos são aplicados quando um impacto ambiental, um determinado elemento do ecossistema, ou mesmo todo um ecossistema não pode ser valorado, mesmo que indiretamente, pelo comportamento do mercado. Assim, estes métodos repousam sobre a utilização de um mercado de substituição definido pela análise dos comportamentos reais.

Procura-se com eles, evidenciar as preferências individuais, que estão relacionadas às funções de utilidade. Incluem-se, principalmente, os métodos de valoração contingente, custos de viagens e os valores hedônicos.

Em certos casos, quando mercados para bens e serviços ambientais não existem, ou não existem mercados alternativos para se proporem substituições, há a necessidade de se aplicarem métodos de valoração contingentes, ou seja, com certo grau de incerteza. Pode-se aplicar estes métodos para elementos da natureza, tal como a biodiversidade, patrimônio paisagístico, áreas de proteção ambiental, áreas de lazer, ou qualquer outra situação na qual não existam valores de mercado. A alternativa mais usada nestes casos é o método de disposição a pagar.

Quando os efeitos ambientais são localizados ou específicos, como é o caso da perda de energia gerada pela queima, é possível medir diretamente seus impactos negativos em termos de produção sacrificada ou perdida. Mesmo nos casos mais complexos, é possível medir diretamente alguns impactos ambientais que por si só justifiquem as medidas de controle. Por exemplo, os custos de reparos devidos à corrosão resultante da poluição do ar podem ser suficientemente elevados para compensar o controle de emissão de certos elementos tóxicos, mesmo não considerando os efeitos à saúde das pessoas e outros impactos (MOTTA, 1995a, e MARGULIS, 1996).

O método da função de produção é uma das técnicas de valoração mais simples. Nesse método, observa-se o valor do recurso ambiental E pela sua contribuição como insumo ou fator da produção de um produto Z, isto é, o impacto do uso de E em uma atividade econômica. Estima-se a variação de produto de Z decorrente da variação da quantidade de bens e serviços ambientais do recurso ambiental E utilizado na produção de Z. Esse método é empregado sempre que é possível obterem-se preços de mercado para a variação do produto Z ou de seus substitutos. Sua construção analítica é dada por uma função de produção de Z, tal que o nível de produção de Z é dado pela seguinte expressão:

$$Z = F(X, E)$$

Onde X é um conjunto de insumos formado por bens e serviços privados e E representa um bem ou serviço ambiental gerado por um recurso ambiental que é utilizado gratuitamente, ou seja, seu preço de mercado p_E é zero. Note que E representa, assim, um valor de uso para a produção de Z. Sendo p_Z e p_X os preços de Z e X, a função do lucro (π) na produção de Z seria:

$$\pi = p_Z Z - p_X X - p_E E = p_Z F(X, E) - p_X X \quad (\text{MOTTA, 1998})$$

Assim, segundo MOTTA (1995a), o valor da produção sacrificada passa a representar o custo econômico de oportunidade do uso do meio ambiente. Ressalta-se, portanto, que este valor não incorpora os custos associados a questões intertemporais que consideram a disponibilidade dos recursos naturais para gerações futuras (um dos pressupostos do desenvolvimento sustentável). Para tal, seria necessário estimar os impactos econômicos futuros, no caso dos recursos não-renováveis, o que exigiria uma gama variada de informações quase sempre não disponíveis. Sempre que tais custos diretamente estimados representam pequena parte dos custos totais, não autorizando uma tomada de decisões, outros procedimentos devem ser adotados para avaliar o valor econômico total do meio ambiente.

Os métodos de valoração procuram estimar valores econômicos, embora, na maioria dos casos, não seja possível estimar separadamente as parcelas do valor mensurado (MOTTA, 1995a, e MARGULIS, 1996).

Os métodos de função de produção analisam casos onde o recurso ambiental está associado à produção de um recurso privado e geralmente assumem que as variações na oferta do recurso ambiental não alteram os preços de mercado. Os métodos de função de demanda admitem que a variação da disponibilidade do recurso E altera o nível de bem estar das pessoas e, portanto, é possível identificar as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) das pessoas em relação a essas variações. Identificada a função de demanda D para E , o valor econômico de uma variação de E seria dado pela variação do excedente do consumidor (DEC), tal que:

$$\Delta EC = \int_{P_1}^{P_2} D dp$$

Onde P_1 e P_2 são as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) relativas à variação da disponibilidade de E .

Duas variantes deste método podem ser generalizadas: Métodos dos Bens Complementares (preços hedônicos e custo de viagem) e Método da Valoração Contingente (MVC).

Os métodos de valoração de recursos ambientais que se baseiam em preços de mercado de bens privados cuja produção é afetada pela disponibilidade de bens e serviços ambientais, ou que são substitutos ou complementares a estes bens ou serviços. Ou seja, utilizam-se de mercados de recorrência que transacionam bens e serviços privados para derivar preferências associadas ao uso de recursos ambientais. Esses métodos captam alguns valores de uso direto e indireto na medida em que são associados aos consumos dos bens privados. Mesmo que para alguns casos a mensuração de valores de existência com esses métodos é impossível por definição, pois o valor de existência não se revela por complementaridade ou substituição a um bem privado, uma vez que o valor de existência não está associado ao uso do recurso e, sim, a valores com base unicamente na satisfação altruísta de garantir a existência do recurso (MOTTA, 1998).

O conceito de disposição para pagar reflete a medida de valor (ou utilidade) que os consumidores atribuem às mercadorias que desejam comprar. Como os serviços ambientais ou o uso futuro dos recursos naturais não têm mercados próprios específicos, identificam-se mercados de recorrência ou mercados hipotéticos nos quais seja possível determinar esses valores (MOTTA, 1995a, e MARGULIS, 1996).

Além das limitações de um mercado de recorrência ou hipotético para refletir esses valores, existem também as próprias limitações teóricas associadas ao conceito de disposição para pagar. As limitações questionam se os valores assim estimados realmente representam o valor social dos bens e serviços, quando consideradas as distorções e as imperfeições existentes na economia e as questões distributivas. Além disto, o desconhecimento e a desinformação podem gerar bias significativos em qualquer estimativa da disposição para pagar. Dentro desse conceito de disposição para pagar existem as seguintes técnicas:

a) Técnica do preço de propriedade: a elevação do nível de poluição do ar nas grandes cidades tem sido uma constante preocupação e vem sendo apontada como causadora de diversos problemas da saúde nas pessoas, distúrbios respiratórios e outros efeitos extenuantes. No caso da poluição do ar, o diferencial de preços entre as casas situadas nos lugares onde não existem tal poluição e aquelas localizadas em lugares poluídos pode permitir estimar a disposição para pagar pela redução dessa poluição. Esse método consiste em utilizar um mercado de recorrência - no caso de mercado de imóveis - para mensurar os custos de uso associados à poluição. Esses procedimentos são denominados modelo de preços de propriedade e consistem no emprego de técnicas econométricas com o objetivo de isolar das variações de preços dos imóveis aquele efeito resultante do nível de poluição. Essa técnica pode ser de difícil utilização, dados os diversos aspectos que afetam os preços dos

imóveis, como as facilidades de comércio, de transporte e de escolas. Além do mais, o próprio desconhecimento dos compradores de imóveis quanto aos distúrbios causados pela poluição pode prejudicar sensivelmente as estimativas resultantes. Apesar disso, essa técnica consegue oferecer algum tipo de valoração que reflita um indicador do benefício de não haver poluição ou a disposição para pagar pelo controle dela.

b) Técnica do valor contingente ou do mercado hipotético (do valor associado): o valor de uso de um local pode ser medido por uma pesquisa que indicasse quanto as pessoas estariam dispostas a pagar pela preservação desses ativos ambientais, por exemplo, pela entrada ou licença para usar um local livre de poluição. O valor econômico total pode também ser medido se, na pesquisa, for indagado quanto essas pessoas estariam dispostas a pagar em imposto, ou pela via do aumento de preços dos combustíveis poluentes, para que, por exemplo, parques, lagos ou rios jamais fiquem expostos à poluição ou para que a vida animal ali seja preservada. A mesma técnica pode ser aplicada à estimativa desses valores para programas de despoluição que permitam o uso específico do rio ou lago para a pesca, natação ou outra finalidade qualquer. É compreensível que bias possam influir nos resultados de pesquisa desse tipo, tanto pelas imprecisões das perguntas e do instrumento de coleta quanto pela desinformação dos que a elas respondem e suas expectativas quanto ao que está sendo pesquisado. É provável que os entrevistados que já se beneficiam desses serviços ambientais procurem estrategicamente sub-avaliar a disposição a pagar. Da mesma forma, a formulação das perguntas pode induzir respostas diferentes caso explicitem ou não os valores ou a forma pela qual os valores pesquisados serão transacionados (tributação, cobrança de entradas, aumento de preços, entre outros) (MOTTA, 1995a, e MARGULIS, 1996).

Considere as medidas de disposição a pagar (DAP) e aceitar (DAA), relativas a alterações da disponibilidade de um recurso ambiental (Q), que mantém o nível de utilidade inicial do consumidor.

$$U(Q^0, Y^0) = U(Q^-, Y^+) = U(Q^+, Y^-) = U(Q^-, Y + DAA) = U(Q^+, Y - DAP)$$

Esta expressão apresenta diferentes pontos, com distintas combinações de renda e de provisão de recursos ambientais, que se encontram na mesma curva de indiferença relativa a um determinado nível de utilidade. Como a função de utilidade U não é observável diretamente, o método de valoração contingente estima os valores de DAA e DAP com base em mercados hipotéticos. A simulação desses mercados hipotéticos é realizada em pesquisas de campo, com questionários que indagam ao entrevistado sua valoração contingente (DAA ou DAP) em face de alterações na disponibilidade de recursos ambientais (Q) (MOTTA, 1998).

Segundo esse autor, a grande vantagem do MVC, em relação a qualquer outro método de valoração, é que ele pode ser aplicado em um espectro de bens ambientais mais amplo. A grande crítica é a sua limitação em captar valores ambientais que indivíduos não entendem ou desconhecem. Enquanto algumas partes do ecossistema podem não ser percebidas como geradoras de valor, elas podem, entretanto, ser condições necessárias para a existência de outras funções que geram usos percebidos pelo indivíduo. Nesses casos, o uso de funções de produção poderia ser mais apropriado.

A disponibilidade de informações e de indicadores ambientais sobre as relações existentes entre as atividades antrópicas e os processos ecossistêmicos é determinante para a aplicabilidade de cada método. Dessa forma, não existe uma receita capaz de correlacionar tipos de recursos ambientais com métodos de valoração e a decisão de utilização de um método específico está condicionada a uma série de questões conjunturais, como disponibilidade financeira, recursos humanos, qualidade da base de dados entre outras (YOUNG & FAUSTO, 1997).

Segundo esses autores, apesar da aplicabilidade dos métodos depender de variáveis definidas caso a caso, observam-se esforços no sentido de definir situações onde a utilização de um método é apropriada. BISHOP et al (1992) in YOUNG & FAUSTO (1997), fazem uma abordagem para os bens e serviços ambientais associados às florestas tropicais em um quadro sinóptico bastante didático, destacando alguns exemplos de bens e serviços ambientais e os possíveis métodos para captar seus valores.

Valor de Uso			Valor de não-uso
(1) Valor de uso direto	(2) Valor de uso indireto	(3) Valor de opção	(4) Valor de existência
- produtos madeiros (madeiras, combustíveis); - produtos não-madeiros (alimentos, medicamentos, utensílios, material genético); - usos educacionais, recreacionais e culturais.	- proteção dos corpos d'água; - redução da poluição do ar; - seqüestro de carbono; - regulação microclimática.	- usos futuros associados a (1) e (2).	- biodiversidade; - valores culturais.
<i>Possíveis abordagens para a valoração:</i>			
- custo de viagem; - MVC; - preços hedônicos; - produtividade marginal; - custo de oportunidade; - custo de reposição.	- custo evitados; - gastos defensivos; - produtividade marginal; - custo de reposição; - MVC.	- MVC	- MVC

Fonte: BISHOP et al (1992) in YOUNG & FASUTO (1992)

A importância dos métodos de valoração ambiental decorre não só da necessidade de dimensionar impactos ambientais, internalizando-os à economia, mas também da necessidade de evidenciar custos e benefícios decorrentes da expansão da atividade humana.

Existem duas dificuldades principais envolvidas na avaliação de valores ambientais, segundo MARGULIS (1995):

1. A primeira é intrínseca à própria tentativa de quantificação desses valores, uma vez que envolve o bem-estar das pessoas, sendo, portanto, subjetiva.
2. A segunda, para qual as atenções convergem menos, relaciona-se não às limitações dos métodos econômicos, mas à falta de conhecimento técnico dos efeitos ambientais em questão.

De acordo com suas características intrínsecas, um ecossistema natural em estado de equilíbrio energético pode reagir de maneiras diferentes a impactos ambientais gerados pelo Homem. Sempre que se impuserem alterações ao meio ambiente promovendo sua degeneração ou valorização, convém comparar as condições antes existentes com as modificadas de modo a definir as reações globais do ecossistema impactado.

Para que uma sociedade seja sustentável, é necessário haver a integração do desenvolvimento com a conservação ambiental. A política econômica pode ser um eficaz instrumento para a sustentação dos ecossistemas e dos recursos naturais. Na falta de incentivos econômicos adequados, as políticas e as legislações que visam a proteção do meio ambiente e a conservação de recursos serão desconsideradas. Os sistemas convencionais costumam lidar com o meio ambiente e suas funções como sendo ilimitados ou gratuitos, desta forma, incentivam a exaustão dos recursos e a degradação dos ecossistemas. Todas as economias dependem do meio ambiente como fonte de serviços de sustentação da vida e de matérias-primas, portanto, os mercados e as economias planejadas deverão se conscientizar do valor desses bens e serviços, ou dos custos que a sociedade terá, caso os recursos ambientais sejam reduzidos ou os serviços, prejudicados.

Para haver um desenvolvimento sustentável é preciso que do ponto de vista econômico, o crescimento seja definido de acordo com a capacidade de suporte dos ecossistemas. Contemplando objetivos ecológicos relacionados com a integridade dos ecossistemas, com a preservação da biodiversidade, com respeito aos limites do meio ambiente físico. Paralelamente, no plano social, o modelo de desenvolvimento sustentável deve preocupar-se em promover a coesão e a mobilidade social, deve visar elevar a participação política dos cidadãos e respeitar sua identidade cultural, assegurando-lhes o acesso ao poder e o desenvolvimento das instituições sociais. Para que isso ocorra necessita-se uma revisão de grandes proporções em práticas e concepções vigentes, integrando-se valores econômicos e ambientais.

A capacidade de suporte do ecossistema planetário tem sido agredida, sem adequada compensação para a população total do globo terrestre, ocasionando uma má distribuição de renda e, conseqüentemente, o aumento da miséria. Os problemas da pobreza e do meio ambiente, de acordo com SACHS (1993), podem ser sanados ou evitados, visto que não há quaisquer limites ecológicos ou falta de tecnologia que impeçam sua superação, concluindo-se que seus obstáculos são de origem social e política. É preciso, portanto, repensar o desenvolvimento econômico buscando formas de se obter um desenvolvimento que seja realmente sustentável. Segundo CAVALCANTI (1996), o desenvolvimento não pode mais ser tratado como sinônimo de crescimento, já que a natureza se desenvolve, os ecossistemas evoluem e atingem suas fases de clímax.

2.4 - Setor Sucroalcooleiro

A cana para a indústria, quando cotejada com a agropecuária paulista, constituiu-se na principal cultura, entendendo por agropecuária as atividades realizadas no interior das propriedades rurais, não se considerando os efeitos multiplicadores do complexo sucroalcooleiro como um todo tanto na indústria e nos segmentos a montante da produção da cana, como nos ramos industriais a jusante, representados pela agroindústria processadora e indústria de alimentos. Pelo nível de desenvolvimento do complexo sucroalcooleiro, dentro da economia paulista, levaria a índices de representatividade muito mais significativos se for considerado o conceito de agronegócio. Da mesma forma, mesmo na agropecuária a importância da cana pode ser superior à encontrada em razão do cálculo do valor da produção não considerar o ágio de qualidade no preço da cana moída (GONÇALVES & SOUZA, 1998b).

Ao se criar constrangimentos para continuidade dessa geração de riqueza, pode-se estar penalizando agricultores e trabalhadores dessas regiões sem a preocupação de alternativas de renda e políticas capazes de sustentá-los. Deve-se salientar que regiões canavieiras, como, por exemplo, a de Ribeirão Preto-SP, estão entre as mais ricas exatamente pela presença do complexo sucroalcooleiro que ali se instalou desde a derrocada da cultura do café que a projetou no início do século.

Para complementar ainda mais a importância da cana para a indústria, na agropecuária paulista, deve-se analisar sua participação na demanda da força de trabalho. Segundo GONÇALVES & SOUZA (1998b), de um total de 810,5 mil Equivalentes – Homem - Ano (EHA), a cana para a indústria contribui com 368,6 de EHA. Ou seja, quase metade do emprego agropecuário (45,5%) provém do cultivo de cana para a indústria. Essas informações demonstram que, para o emprego agropecuário, as plantações de cana para a indústria possuem grande relevância estratégica e, qualitativamente, impactos sociais expressivos. Essa demanda da força de trabalho revela que a cana para a indústria é a maior empregadora de trabalhadores não qualificados. A eliminação da despalha da cana por queima atinge exatamente esse perfil de trabalhadores utilizadas na colheita. Dessa forma, para a indústria, a cana é a mais importante lavoura da agropecuária paulista, tanto quando se visualiza sua contribuição para o valor da produção, quanto a geração de emprego.

A cultura canavieira está passando por grandes mudanças, sendo uma das principais a substituição da colheita manual pela mecânica, acarretando profundas alterações no manejo da cultura, com as novas variedades tendo que ser selecionadas sob essa nova ótica (MATSUOKA et al, 1998).

Deve-se observar o elevado grau de organização dos produtores da região de Piracicaba-SP, onde 62,3% participam de cooperativas, 50,6% de associações e 54,6% são sindicalizados. No entanto, um expressivo percentual de 32,2% não utiliza assistência técnica, apenas 13,6% tem acesso ao crédito rural, 10,2% fazem escrituração agrícola. Por outro lado, 68,6% das propriedades possuem energia elétrica, 49,6% fazem análise de solo, 53,1% aplicam calcário, 51,7% realizam conservação de solo e 43,8% utilizam sementes melhoradas. No que diz respeito ao grau de instrução, 20,4% não tem instrução formal, todavia 17,5% possuem curso superior completo. Além disso, 24% dos proprietários residem nas próprias propriedades e 50,6% utilizam mão-de-obra temporária. Esses indicadores refletem que apesar da grande inserção em entidades de representação, não houve avanços como a utilização plena de assistência técnica do crédito rural e da escrituração agrícola, características dos modernos empreendimentos agropecuários (GONÇALVES & SOUZA, 1998a).

A degradação ambiental e a questão energética são duas das principais preocupações da humanidade atualmente. Essas questões estão intimamente ligadas e uma das possíveis soluções é a utilização racional e eficiente da energia disponível (MOLINA Jr et al, 1995).

Os recursos hidrelétricos estão escassos ou distantes dos grandes centros consumidores e as barragens necessárias para a instalação de usinas provocam muitos e graves impactos ambientais. As usinas termonucleares, além do riscos de acidentes produzem em sua vida útil milhares de toneladas de lixo radioativo, de tratamento e acondicionamento problemático, cuja radioatividade perdura por centenas de anos.

Os combustíveis fósseis (carvão e petróleo) são a base das fontes energéticas atuais, e além de serem finitas, são altamente poluidoras. Devido a estes fatores, muitos países têm pesquisado formas alternativas de energia e a maximização de sua utilização.

A cana-de-açúcar tem seu cultivo no Brasil há mais de quatro séculos, principalmente orientado para a fabricação de açúcar. Inicialmente cultivada na região nordeste, expandiu-se posteriormente para outras regiões do País. Ao longo desse período, a cultura tem apresentado aumentos significativos na produtividade, tanto pelo lado agrícola como industrial, especialmente na região centro-sul. O que vem assegurando viabilidade como alternativa energética na substituição dos derivados de petróleo.

Como atualmente, se o desenvolvimento não for sustentável, não se pode dizer que seja desenvolvimento: será apenas crescimento ou simplesmente não se estará trabalhando o que foi herdado para deixar as futuras gerações, a produção sucroalcooleira deve se adaptar a essa nova realidade. Energia, hoje, só pode ser avaliada se for levado em conta os aspectos econômicos, sociais e ambientais juntos (CARVALHO, 1998).

O setor sucroalcooleiro apresenta um paradoxo: se considera um vetor de desenvolvimento sócio-econômico e um exemplo de atividade ecológica, quando ao mesmo tempo é criticado sistematicamente como responsável por degradação ambiental e exclusão e deterioração social. No entanto, devido aos ideais e desafios apresentados pelo Desenvolvimento Sustentável, instituições de pesquisa, Estado, empresários, trabalhadores, ambientalistas, além de outros, devem ter o compromisso de busca de soluções economicamente viáveis, socialmente benéficas e ambientalmente adequadas para o setor (PINTO & PRADA, 1998).

Hoje é cada vez maior a preocupação de consumidores com aspectos ecológicos e sociais ligados à produção e ao processamento dos produtos que consomem.

A colheita de cana crua, praticada em grande escala na Austrália (mais por motivos econômicos do que ambientais), foi introduzida no Brasil às custas de fortes pressões de grupos ecológicos (“inimigos” do setor sucroalcooleiro, devido à poluição gerada pelas queimadas) através de ações judiciais em nome da sociedade. Deve-se ressaltar que o produtor ou o cortador de cana não introduziram esta forma de colheita, sendo que este último vê seu trabalho sendo substituído gradativamente por eficazes máquinas colhedoras (NUNES Jr., 1998).

As áreas representativas do Estado de São Paulo para a cultura da cana-de-açúcar são as regiões de Ribeirão Preto e Piracicaba, por predominar, respectivamente nestas regiões, latossóis argilosos, podzólicos e latossóis arenosos associados a podzóis (tipos de solos responsáveis por aproximadamente 65% da área cultivada com cana-de-açúcar no estado) (PLANALSUCAR, 1986).

A composição da cana-de-açúcar em seu estado natural na plantação, segundo SOTELO & CORREA (1999), é a seguinte:

✓	Palmito e folhas verdes	-----	8%
✓	Bainhas e folhas secas	-----	20%
✓	Troços de colmos limpos	-----	72%
✓	TOTAL	-----	100%

A cana-de-açúcar continua a ser uma das culturas com melhor retorno econômico nas condições ecológicas e sócio-econômicas locais. Também, devido a seu caráter perene, mantém a área plantada, facilitando o planejamento regional e dando estabilidade à ocupação de mão-de-obra (BERNARDES et al, 1998).

2.5 - Queima

A cana cortada madura, sem queimar, limpa e processada o mais rápido possível, representaria as condições ideais em termos de qualidade de matéria prima. Contudo, pela necessidade da limpeza parcial do canavial, para facilitar tanto o corte manual como o corte mecânico, a queima tornou-se uma operação muito usual. A queima da cana-de-açúcar é uma prática secular no Brasil. O corte manual dos colmos de canaviais grandes, sem prévia despalha a fogo, é tarefa praticamente descartada.

A limpeza do terreno, proporcionada pela queima da palha, possibilita a destruição das cêpas remanescentes por meio de gradagens, que simultaneamente rebaixam os tocos e escarificam superficialmente o solo incorporando as cinzas do material queimado e evitando excessiva perda de umidade, pela quebra da capilaridade. De outra forma, o terreno fica descoberto até o início da brotação, apresentando maior sensibilidade aos efeitos dos agentes de erosão (SZMRECSÁNYI, 1979).

Após delimitada a área de corte, normalmente o canavial é queimado na madrugada que precede ao corte, devido as temperaturas mais baixas noturnas, e menor perigo ao fogo, pois o horário é mais favorável para ventos mais amenos. Quando praticada, a queima deve ser feita por equipes especializadas e treinadas para isso, e que estejam familiarizadas com todas as medidas de segurança exigidas seja em equipamentos, proteções, como em técnicas operacionais.

Se por um lado o fogo pode acarretar um desequilíbrio biológico entre as pragas e seus inimigos naturais, por outro é certo que ele também destruirá inúmeros focos dessas pragas e também de agentes causadores de doenças passíveis de destruição pelo mesmo. Embora seja o fogo muito rápido as possibilidades de calcinação do solo pelo uso constante desta prática não devem ser desprezadas (MATTOS, 1993).

Segundo PLANALSUCAR (1986), os seguintes fatores devem ser levados em consideração, na delimitação da área de queima:

- capacidade de moagem da empresa;
- capacidade de estoque na indústria;
- eficiência do sistema de colheita (corte - carregamento e transporte);
- dia da semana;
- condições climáticas reinantes;
- localização da área;
- tempo de estocagem da indústria;
- área do talhão e estimativa da produção.

Em regiões de alta produtividade, canavial acamado e sob umidade, a queima também não consegue reduzir muito mais do que 60-70% da matéria estranha vegetal ("trash"). Em canavial erecto, condições secas e variedades de boa combustibilidade, fatores geralmente presentes na região centro - oeste do Brasil, a queima prévia dos canaviais chega a reduzir de 80-90% do "trash", proporcionando aumentos do rendimento do corte manual de cerca de 30% (MATTOS, 1993).

A queima propicia um melhor rendimento do corte, devido a eliminação das folhas e palhas no canavial, diminuindo com isto, a presença de impurezas vegetais na matéria-prima enviada para moagem (PLANALSUCAR, 1986).

Após a queima, a cana deve ser cortada, transportada e processada o mais rápido possível, estabelecendo-se como prazo satisfatório entre 24 e 36 horas, para se evitar perdas devido a inversão da sacarose nos colmos queimados, cortados e deixados no campo, perda de peso pelo dessecamento dos colmos pelo Sol, e após o prazo anteriormente citado, com grande frequência a deterioração assumirá proporções elevadas e rápidas, comprometendo totalmente a qualidade da matéria-prima.

O volume de palhiço remanescente é bem menor, podendo ser enleirado mecanicamente com muito maior eficiência e rendimento. Esse enleiramento poderá e deverá ser feito de duas, três ou mesmo quatro linhas de palha em uma só, a fim de que, nesta o volume de palhiço seja suficiente para impedir o aparecimento de sementeiras.

Nas entre-linhas restantes os tratos culturais, adubações, e outros, poderão ser executados mecanicamente, com maior eficiência e uniformidade.

Uma adubação verde por ocasião da reforma do canavial restituirá ao solo perdas de matéria orgânica causadas pela queima do palhiço, da cana em pé.

2.6 - Impactos Ambientais Ocasionados pela Queima do Canavial

A principal camada da atmosfera, segundo FURLANI NETO (1995), que apresenta interesse ao estudo das queimadas é a denominada troposfera, estando localizada até 15 quilômetros de altitude. Os gases denominados de monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e óxido nitroso (N₂O) são constituintes naturais da atmosfera, que foram produzidos através de reações fotoquímicas ou de emissões do solo, vegetação e oceanos, sendo também produzidas por emissões industriais, queimadas, entre outros.

Segundo KIRCHHOFF (1991) in FURLANI NETO (1995), o ozônio troposférico (O_3) é o que possui um papel diferente daquele que exerce na estratosfera onde absorve a radiação ultra-violeta proveniente do Sol. Na troposfera, o ozônio, em altas concentrações torna-se tóxico tanto para o ser humano quanto para a vegetação e animais, sendo também um dos gases do efeito estufa. As concentrações naturais de ozônio de superfície são de 20 a 40 ppbv (partes por bilhão por volume) e segundo a legislação este limite não poderá ultrapassar 80 ppbv. O monóxido de carbono (CO), através de reação fotoquímica constitui um dos precursores do ozônio troposférico, podendo-se afirmar que onde houver altas concentrações de CO, na presença de luz solar e óxidos de nitrogênio, haverá produção de ozônio. Os níveis de CO em ambientes naturais variam de 50 à 150 ppbv, enquanto que em regiões poluídas, podem chegar a 1000 ppbv.

Segundo a pesquisadora Edith V.A. Marinho do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o projeto Fogo, iniciado em 1987, foi idealizado com o objetivo de estudar o efeito das queimadas da palha da cana-de-açúcar sobre os gases atmosféricos ozônio (O_3), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2), principalmente na região de Ribeirão Preto. Várias campanhas de campo foram realizadas na superfície e no ar, a bordo de um avião Bandeirantes instrumentado, na região canavieira do Estado de São Paulo. Foram observados aumentos expressivos nas concentrações de CO e O_3 , na época das queimadas. Na época de chuva, quando não há queimadas, as concentrações até 6 km de altitude são menores do que 30 ppbv (partes por bilhão por volume), para o ozônio e cerca de 100 ppbv para o monóxido de carbono. Na época de queimada da cana (setembro) foram observadas concentrações de até 80 ppbv à cerca de 1,5 km de altitude para o ozônio e 600 ppbv para o monóxido de carbono. Notando-se que estas medidas foram feitas à vários km de distância das fontes poluidoras, para caracterizar o estado médio da atmosfera inferior em equilíbrio, o que significa que próximo das fontes as concentrações podem ser maiores. Estima-se que somente no Estado de São Paulo as queimadas da cana injetam na atmosfera cerca de 350.000 toneladas de carbono na forma de CO por safra (MATTOS, 1993).

Os principais gases produzidos nas queimadas, segundo LAURE (1991) in FURLANI NETO (1995), são: CO, CO_2 , O_3 e SO_2 , os quais quando encontrados em concentrações elevadas, produzem riscos à vida humana, destacando-se principalmente o CO e O_3 , sendo que o primeiro tem uma afinidade para com a hemoglobina 200 vezes maior do que o O_2 e para a mioglobina, com afinidade 37 vezes maior que o O_2 . Quanto ao Ozônio (O_3), é um oxidante muito forte e que pode se tornar um verdadeiro pesadelo estando na camada mais baixa da atmosfera, pondo em risco toda a vida sobre o planeta.

Segundo o professor Carlos Júlio Laure da USP de Ribeirão Preto (MATTOS, 1993) o gás carbônico é um gás de extrema importância, dentre os gases produzidos no processo da queimada, pois ele é o responsável pelo metabolismo das plantas e pelo balanço climático terrestre. Sua concentração teve um aumento, num período de 200 anos, de 26%. O aumento da concentração de CO₂ atmosférico é de grande interesse, pois ele é o principal gás do Efeito Estufa e além de sua contribuição para o Efeito Estufa, em concentrações elevadas ele é nocivo à vida humana. Entretanto, experimentos têm mostrado que o dobro de sua concentração atual acarreta numa maior produtividade das plantas, da ordem de 30%.

Segundo levantamento realizado pelo DAERP (Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto) (MATTOS, 1993), as queimadas da cana são responsáveis por desperdícios no consumo de água, uma vez que as fuligens da cana queimada obrigam as pessoas a lavar quintais e calçadas, além das roupas que são sujas nos varais, elevando o consumo de água em, aproximadamente, 50% durante a safra. Além disso, as queimadas causam queda de energia elétrica quando realizadas sob as linhas de transmissões, podendo levar à queima das bombas que retiram água dos poços artesianos, trazendo prejuízos materiais e prejuízos morais, já que a população indignada culpa a CPFL pelos danos causados.

De acordo com levantamento realizado pelo médico pediatra Elias Aparecido Pereira há um aumento de 50% de doenças respiratórias, e as crianças com problemas de rinite alérgica e bronquite são as que mais sofrem na temporada das queimadas (MATTOS, 1993). A professora doutora Tania Maria Sih, docente da faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (USP), concluiu que "os poluentes presentes no ar da região de Piracicaba, provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar, surtem efeitos nocivos à saúde da criança" (GOULART, 1998).

A queima dos canaviais pode causar vários problemas de saúde. A combustão dos canaviais resulta em grandes quantidades de fuligem, monóxido de carbono e outras substâncias que afetam a saúde do ser humano, sendo algumas dessas substâncias cancerígenas. Os mais graves problemas de saúde são queimaduras e asfixia dos trabalhadores envolvidos nas queimadas, além de doenças respiratórias causadas pela fumaça e fuligem na população vizinha aos canaviais. Além destes problemas de saúde causados de forma direta, há também problemas indiretos, como os acidentes automobilísticos causados por falta de visibilidade nas estradas devido à fumaça das queimadas, e que, por diversas vezes, levam a óbito. Os mais leves problemas de saúde são irritações e nervosismo provocados pela fuligem que sujam as casas e roupas. É importante salientar que a proibição da queima da cana causa os mesmos males com o espectro do desemprego (BOHM, 1998).

O Prof. Antonio Ribeiro Franco, com base nos dados do Centro de Processamento de Dados Hospitalares de Medicina Social, estudou as causas de internação hospitalar em 54 hospitais de 21 cidades da região canavieira de Ribeirão Preto, nos anos de 1988, 1989 e 1990. Destacam-se, algumas das conclusões do professor:

- a) não há dúvidas que durante a época das queimadas dos canaviais há uma piora na qualidade do ar da região;
- b) a queimada de canaviais não é o único fator de agravamento da qualidade do ar, mas em consequência da extensão da área plantada e do tempo das queimadas - final de abril a começo de novembro -, não restam dúvidas de que a descarga de gases e de outros poluentes na atmosfera da região ganha um significado muito marcante e que não pode ser menosprezada;
- c) a população de risco, que tem sua qualidade de vida e de saúde agravada em condições atmosféricas adversas é bastante significativa e não há dúvidas de que, deve ser um fator de referência no planejamento das atividades produtivas da região.

Franco cita ainda: "Não tenho nenhuma dúvida em afirmar que a poluição atmosférica (constituída por gases e material particulado), provocada pela queima dos canaviais que circundam as cidades da região canavieira de Ribeirão Preto, põe em risco a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas e da coletividade" (GOULART, 1998).

Com relação ao ozônio, importante gás tóxico produzido pelas queimadas dos canaviais, o professor José Carlos Manço, do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (USP), frisa que as últimas pesquisas destacam o seu papel como poluente nocivo ao aparelho respiratório mesmo quando inalado em baixas concentrações, "a poluição provocada pela queimada dos canaviais tem efeito nocivo para a saúde da população de nossa região" (GOULART, 1998).

Em síntese, Franco e Manço demonstram que:

- As doenças do aparelho respiratório representam a primeira causa de internações por doença nos hospitais da região canavieira de Ribeirão Preto;
- As internações por esta causa - doenças do aparelho respiratório - contribuem com cerca de 20.000 casos anuais, para uma população de referência de 911.462 habitantes;
- Há uma variação sazonal da incidência das doenças do aparelho respiratório, com uma curva ascendente a partir dos meses de março / abril, atingindo o pico em junho / julho e decréscimo a partir de outubro / novembro;
- Na região canavieira de Ribeirão Preto, portanto são coincidentes os períodos das queimadas da cana-de-açúcar e o do aumento da incidência de internações por doenças do aparelho respiratório;
- As queimadas nos canaviais contribuem para a poluição atmosférica e, como conseqüência, representam fator desencadeante ou agravante de doenças respiratórias (GOULART, 1998).

A queima da cana-de-açúcar afeta a saúde das populações urbanas próximas, provocando uma patologia mensurável. O monóxido de carbono (CO) provoca asfixia celular sistêmica porque forma uma ligação estável com a hemoglobina e, conseqüentemente, impede a troca de oxigênio por dióxido de carbono ao nível de todas as células. Ou se trata de uma intoxicação grave - até fatal - que só pode ocorrer junto aos canaviais, ou de um envenenamento crônico que, certamente, é mínimo nas cidades próximas às plantações de cana. A intoxicação pelo CO não é acumulativa e, ao cessar a poluição, o organismo livra-se do gás e a oxigenação celular volta ao normal (BOHM, 1998).

Ainda de acordo com esse autor, a inalação da fuligem e de outros gases tem como conseqüência reações do sistema respiratório. Em primeira instância apenas uma resposta normal e depois, se a poluição persistir, uma alteração patológica, mostrada a seguir:

1. Inflamação das vias aéreas. É uma reação de irritação inespecífica dos tecidos que passa assim que o estímulo nocivo parar.

2. Infecção por microorganismo que existem nas vias aéreas ou inalados, facilitada pela reação inflamatória. Esta etapa não ocorre em todos os casos, e é geralmente controlada pelo organismo.
3. Inflamação crônica. Se a causa persistir, o processo inflamatório fica crônico e com o passar do tempo torna-se irreversível. Lesão permanente às vias respiratórias que perdem sua capacidade de defesa. Existe dano ao epitélio respiratório e ao aparelho mucociliar.
4. Infecção crônica das vias respiratórias. As vias respiratórias são incapazes de controlar os microorganismos com eficácia. Estes atacam os pulmões complicando a infecção. Este quadro pode levar a uma pneumonia grave ou mesmo fatal.
5. Neoplasias das vias respiratórias. Dependendo do tipo de poluente que estiver presente na fuligem, se cancerígeno ou não, o risco de ter neoplasias (cânceres) aumenta exponencialmente.

Estas patologias são intuitivas, pois não existem muitas pesquisas que as comprovem. Um trabalho a respeito desse assunto é de ARBEX, CONCEIÇÃO e SALDIVA realizado em Araraquara-SP. Essencialmente, os investigadores colheram a fuligem das queimadas na cidade e quantificaram-na diariamente. Ao mesmo tempo, obtiveram o número diário de pacientes que procuraram hospitais por problemas respiratórios neste período. O resultado obtido foi: quantidade de fuligem e número de problemas respiratórios foi positiva e constataram que nos piores dias, ou seja, quando a massa de fuligem era maior, o número de pessoas que foram aos hospitais devido a problemas respiratórios aumentava em 20% (BOHM, 1998).

O médico pneumologista Marcos Arbex, em pesquisa financiada pela Universidade de Khol, da Alemanha, apoiada pela Faculdade de Medicina da USP e pela Escola Paulista de Medicina, realizada na região canavieira de Araraquara, constatou que: "um quinto da população da zona canavieira paulista está com os pulmões comprometidos ou à beira de uma crise de rápida evolução" (GOULART, 1998).

A combustão incompleta de biomassa gera um impacto ambiental grande, pois ocorre a emissão de gases e partículas, que possuem importantes funções na química atmosférica e nos ciclos biogeoquímicos. Além de gases e partículas, neste processo são formados inúmeros compostos orgânicos, onde os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) têm merecido maior atenção de pesquisadores devido às suas propriedades mutagênicas e/ou cancerígenas (SILVA & FROES, 1998).

Os HPAs são moléculas orgânicas formadas por átomos de hidrogênio e carbono encontradas como subprodutos da combustão incompleta de materiais orgânicos (combustíveis fósseis, madeira, lixo, tabaco, vegetação, etc.) e portanto são encontrados no ambiente ocupacional e residencial.

Gisele Cristiane Marcomini Zamperlini, pesquisadora do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (UNESP), comprovou que as queimadas dos canaviais liberam substâncias tóxicas carcinogênicas e mutagênicas:

- foram identificadas 40 substâncias policíclicas aromáticas, conhecidas como HPAs e seus derivados, que são considerados cancerígenos e mutagênicos;
- essas substâncias, encontradas na fase gasosa ou adsorvida em partículas, sofrem reações atmosféricas com outros gases, originando derivados aromáticos de poder cancerígeno e mutagênico superior aos próprios HPAs;
- o material particulado também afeta o ecossistema e a biosfera, pois interferem no processo de fotossíntese e na respiração das plantas;
- as partículas inaláveis da fuligem proveniente da queima da palha da cana-de-açúcar - aquelas inferiores a 1,0 micrômetro - depositam-se na região que fica entre os bronquíolos e os alvéolos pulmonares, onde permanecem depositados num período variável de dias a anos. Com a movimentação dos alvéolos, essas partículas concentram-se na região superior aos bronquíolos, compreendida entre o esôfago e os brônquios. Os HPAs adsorvidos nessas partículas são metabolizados ou adsorvidos nessas regiões, provocando alterações no código genético das células (mutagênese), aumentando o número de células mutantes, ocasionando tumor cancerígeno (GOULART, 1998).

Segundo SILVA & FROES (1998), o reconhecimento das propriedades carcinogênicas dessa classe de composto é muito antigo, pois em 1775, Sir Percival Pott concluiu que a alta incidência de câncer de testículo e da cavidade nasal nos limpadores de chaminés estava relacionada à prolongada exposição desses indivíduos à fuligem. Esta ao ser estudada mais tarde, apresentou em sua composição vários HPAs, dentre eles o benzo(a) pireno e benzo(a) antraceno.

No Brasil a queima de biomassa vegetal ocorre principalmente nas regiões Norte (desmatamento da Floresta Amazônica), Centro-Oeste (queimada do cerrado e produção do carvão vegetal) e Sudeste (queimada da palha da cana-de-açúcar).

Ao se estudar a composição química da fuligem coletada nos canaviais após a queima, foram encontradas dezenas de substâncias, de várias funções químicas. Dentre os compostos identificados estavam cerca de 40 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, dentre os quais 16 compostos são considerados contaminantes ambientais prioritários pela Environmental Protection Agency: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a) antraceno, criseno, benzo(e) acefenantrileno, benzo(k) fluoranteno, benzo(e) pireno, benzo(a) pireno, dibenzo(a,h) antraceno e benzo(g,h,i) perileno (SILVA & FROES, 1998).

Em parecer técnico sobre a exposição aos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) presentes na fuligem proveniente da queima da cana-de-açúcar e a sua relação com a ocorrência de câncer, Antônio Pedro Mirra e Victor Wünsch Filho, pesquisadores do Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), concluem:

- Os HPAs são substâncias reconhecidas como cancerígenas pelos organismos internacionais de controle e prevenção do câncer;
- A queima da cana-de-açúcar antes da colheita libera fuligem, que contém HPAs, no ar ambiente e sedimenta-a nos caules da cana a serem posteriormente cortados e no solo. Isto representa, para a população de trabalhadores envolvidos na colheita de cana, risco de intoxicação pelos HPAs tanto por inalação quanto pela via dérmica e significa uma maior probabilidade da incidência de cânceres de pulmão, de bexiga e de pele.
- Pelo conhecimento acumulado hoje sobre os mecanismos da carcinogênese, não há limites de tolerância à exposição precisamente definidos para os HPAs, ou seja, níveis abaixo dos quais não haveria risco da iniciação do processo cancerígeno. Sendo que o fato desta substância cancerígena ter sido encontrada na fuligem da cana-de-açúcar, conseqüência da sua combustão, é motivo suficiente para o desencadeamento de medidas preventivas, pois independente do nível encontrado, há risco de intoxicação pela substância e, como conseqüência a desenvolver câncer (GOULART, 1998).

A prática da queima de pré-colheita aumenta, sensivelmente, as taxas de monóxido de carbono e de ozônio na baixa atmosfera. Fato este já comprovado por pesquisas desenvolvidas pelo INPE de São José dos Campos-SP. Por outro lado, a pressão da sociedade contra práticas que agredem o meio ambiente está cada vez mais presente. Ainda deve-se considerar que o Brasil é um país carente de energia disponível e de pronta utilização pela população e, portanto, não se pode dar ao luxo de desprezar a grande quantidade de energia existente na palha da cana, fator este jogado fora no processo de queimada da pré-colheita (FURLANI NETO et al, 1997).

Segundo o engenheiro agrônomo Leontino Balbo Júnior, diretor das empresas Atílio Balbo S.A. Açúcar e Alcool, Usina Açucareira São Francisco e Balbo S.A. Agropecuária, de Sertãozinho, na região de Ribeirão Preto (MATTOS, 1993), os agricultores e usineiros mantêm o método da queima de cana por vários motivos, entre os quais o de que os próprios trabalhadores rurais pedem esse sistema para facilitar sua atividade, já que reduz o número de acidentes envolvidos no corte da cana, aumenta a facilidade e rendimento no corte, além de ser uma condição de acordo coletivo de trabalho com os sindicatos de trabalhadores rurais.

Os argumentos de Balbo in MATTOS (1993) foram somados a várias conclusões dentre as quais que a poluição provocada pela queima de cana é menos intensa em relação à enfrentada por regiões industrializadas. Pesquisas feitas pela Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) mostraram que a região de Ribeirão Preto aparece em décimo terceiro lugar na relação das de maiores índices de dióxido de enxofre no ar, atrás das regiões de Sorocaba, Cubatão e São José dos Campos, entre outras.

A queima é uma prática antiga, universalmente usada na agricultura para controle de pragas, plantas daninhas, doenças e animais venenosos, como cobras, escorpiões e aranhas, além de acelerar a rebrota de pastagens e a limpeza de terrenos recém desmatados. No caso da cana, além das características citadas, há uma melhora da qualidade tecnológica da matéria-prima, uma redução de custos de corte, carregamento, transporte e processo industrial, propicia os tratos culturais e desenvolvimento das soqueiras (termo usado para definir o que sobra do pé de cana, no solo, após o corte, e que acaba brotando para ocorrer outra produção, alguns meses depois).

Estudos realizados sobre os efeitos da queima do canavial antes da colheita, sob o ponto de vista entomológico, é assunto atual, pois o agroecossistema cana-de-açúcar compõe-se de um grande número de artrópodos que exercem importante papel no controle de pragas e no auxílio à decomposição e mineralização da matéria orgânica no solo e, embora no Brasil a maioria das colheitas seja feita utilizando a queima na pré-colheita, é crescente o interesse e as tentativas de se introduzir a prática da colheita da cana crua. Esta nova prática alterará significativamente as populações e as relações entre espécies da entomo fauna (MACEDO et al, 1997).

Segundo BALBO (1991) uma das desvantagens de não se queimar a cana na pré e pós-colheita é justamente o aumento das pragas, uma vez que estas são eliminadas durante a queima, e sem a queimada ficam presentes nos restos da colheita e solo, atacando novamente na próxima safra.

A colheita da cana crua, segundo esses autores, apresenta as seguintes vantagens:

a) Redução na poluição ambiental: O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) de São José dos Campos-SP, conforme noticiado pelo Jornal de Piracicaba (1989) realizou vôos com aeronaves que continham sofisticados equipamentos de medição de níveis reais de poluição causados pelas queimadas dos canaviais. Foram encontradas altas concentrações de ozônio na baixa atmosfera, região na qual este gás é prejudicial a plantas e animais. O índice normal é de 20 a 40 ppbv (parte por bilhão por volume) e os valores medidos eram da ordem de 80 ppbv na safra e 30 ppbv na entressafra. Também foi medido a quantidade de monóxido de carbono, obtendo 600 ppbv na safra e 100 ppbv na entressafra.

b) Menores riscos de incêndios: A ocorrência de incêndios em matas, reservas florestais e mesmo em outras áreas de plantações de cana, seriam minimizadas. Os danos às linhas de transmissão de energia elétrica seriam diminuídos, juntamente com os acidentes de trabalho relacionados com a queima de canaviais.

c) *Melhorias agronômicas*: A implantação e manutenção de sistemas de controle biológico de pragas da cana-de-açúcar seriam otimizadas, pois o material liberado não seria destruído pelas queimadas. Menores perdas de sacarose ocorreriam pela não exudação dos colmos o que reduziria os teores de matéria estranha mineral na matéria-prima carregada mecanicamente. Colhendo-se cana crua com “combinadas” a massa vegetal eliminada permanece sobre o terreno numa distribuição bastante satisfatória concorrendo para a manutenção da umidade do solo e controlando, naturalmente, o crescimento de ervas daninhas, eliminando as operações de enleiramento e de aplicação de herbicidas, gerando significativa redução dos custos operacionais da cultura e na poluição causada por agroquímicos.

d) *Potencial energético da palha*: Estudos no Brasil demonstram que a palha da cana crua não deve ser desprezada sob o ponto de vista energético. Estudos dos Departamentos de Engenharia Rural e de Ciências Florestais da ESALQ-USP (Piracicaba-SP) indicam a viabilidade econômica do aproveitamento da palhada como combustível nas fornalhas das caldeiras de usinas/destilarias, substituindo parcialmente o bagaço.

O sistema de colheita mecânica da cana crua é totalmente viável, porque embora resulte numa diminuição do rendimento de corte, apresenta as seguintes vantagens:

- melhoria da qualidade tecnológica;
- diminuição das impurezas minerais;
- conservação do resíduo pós-colheita sobre o solo evitando perda energética pela queima dos canaviais (FURLANI NETO et al, 1996a).

Segundo RIPOLI (1991a), a queima dos canaviais, apesar do prejuízo ao meio ambiente, apresenta reflexos positivos e imediatos que justificam sua prática, facilitando a operação de colheita e reduzindo entre 60 a 90% a quantidade de matéria estranha vegetal que acompanha a matéria-prima. Contudo, RIPOLI (1990a) mostra inconvenientes da prática da queima de canaviais como a dificuldade de implantação de controle biológico, perda de sacarose, aumento de impurezas minerais, riscos de incêndios por descontrole e desperdício de 10 toneladas por hectare de biomassa que poderiam ser aproveitadas na incorporação ao solo ou como fonte geradora de energia.

As recentes regulamentações ambientais irão restringir gradualmente o uso da queimada, obrigando a adoção de colheita mecanizada.

RIPOLI & VILLANOVA (1992) in FURLANI NETO (1995), relatam que a colheita em cana crua evita desperdício da energia contida no palhiço (pontas, folhas verdes e palhas), o qual representa, em média, 32.5% da biomassa total do canavial. Algumas vantagens e desvantagens são citadas a seguir:

➡ do ponto de vista agrônomo, quando o palhiço decorrente desse processo permanece sobre o terreno:

- diminuição ou até eliminação do uso de herbicidas;
- aumento e manutenção do grau de umidade do solo;
- eficiente mecanismo de controle da erosão;
- aumento da quantidade de matéria orgânica no solo;
- redução da população de nematóides nocivos
- não destrói os inimigos naturais da broca.

➡ sob o ponto de vista industrial, serão obtidos reflexos positivos em termos de menores perdas de sacarose, diminuição dos problemas de tratamento de águas de lavagem e no aproveitamento parcial do palhiço, que associado ao bagaço poderá ser utilizado na cogeração de energia elétrica pelas unidades industriais sucroalcooleiras.

As desvantagens da colheita em cana crua são:

- aumento do esforço físico dos cortadores;
- aumento dos riscos de acidentes ocupacionais;
- redução no desempenho operacional de corte manual diário;
- aumento nos custos da tonelada cortada;
- aumento de matéria estranha vegetal;
- aumento nas perdas de matéria prima no campo;
- aumento de focos de doenças e pragas no canavial;
- exigência de modificações nos implementos e máquinas de cultivo e adubação;
- grandes riscos de incêndios acidentais ou propositais durante o ano todo.

A colheita da cana crua apresenta diversas vantagens como proteção do solo pela palha contra a erosão, redução da interferência das plantas daninhas, possibilidade de redução do número de terraços, supressão do cultivo mecânico nas soqueiras, e menor compactação do solo e dano às soqueiras principalmente no sistema de colheita com transbordo. No entanto, a colheita mecanizada sofre restrições técnicas e implica em modificação do sistema produtivo e em investimentos. Também existe a necessidade de realizar a sulcação em perfeito paralelismo e com pouca sinuosidade, eliminar linhas mortas e terraços no talhão, aumentar o comprimento dos talhões, construir carregadores em nível acompanhando paralelamente à sulcação, sem comprometimento da conservação do solo. As colhedoras têm dificuldades de operação em área com declividade superior a 12% (FURLANI NETO, 1997; SILVA, 1998).

O sistema de colheita em cana crua apresenta como vantagens, segundo BALBO (1994) in FURLANI NETO (1995):

- a palhada deixada após a colheita melhora a estrutura física do solo;
- acumula nutrientes e melhora a retenção de água no solo;
- a quantidade de minhoca aumenta de três a quatro vezes;
- o risco de erosão é nulo, permitindo a sulcação reta;
- diminui a insolação sobre o solo descoberto;
- aumenta-se a atividade microbiana do solo;
- elimina-se o uso de herbicidas nas soqueiras.

Segundo MAGRO (1998), o sistema de Cana Crua uma nova opção de exploração da cultura da cana, viabilizada pelo desenvolvimento atual de colhedoras que conseguem realizar a colheita sem a necessidade de queimar a cana. É uma forma de colheita que gera melhorias à atividade canavieira, ao meio ambiente e ao bem estar social. Este tipo de colheita deve-se ser mecanizada, pois o sistema de colheita manual é inviável tanto economicamente quanto socialmente, pelo perigo que representa à segurança das pessoas que teriam que fazer a operação do corte.

Segundo TIMM (2002) a presença da cobertura vegetal (palhas mais ponteiros) na superfície do solo na cultura da cana-de-açúcar, como uma consequência da adoção de uma nova prática de manejo sem a queima prévia da cana antes da colheita, reduziu as temperaturas médias na superfície do solo na ordem de 7°C, evitando picos de temperatura na superfície durante o período inicial da cana soca. Entretanto, a cobertura vegetal afetou negativamente o desenvolvimento da cultura reduzindo o número de colmos e seu peso úmido, no presente estudo.

2.7 - Aspectos Jurídicos da Queimada da Cana-de-Açúcar e Considerações

Desde que entrou em vigor, o Código Florestal (Lei Federal nº- 4.771, de 15.09.1965) proíbe o uso de fogo nas florestas e demais formas de vegetação (art. 27, "caput").

De forma excepcional, esse estatuto permite o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante autorização do Poder Público. Isso seria possível se peculiaridades locais ou regionais indicassem a necessidade do uso do fogo e desde que, no ato de autorização, o Poder Público estabelecesse a delimitação da área e normas de precaução. Apesar desse dispositivo, os plantadores de cana sempre usaram fogo na colheita (queimadas) e nunca solicitaram autorização ao Poder Público.

A colheita da cana-de-açúcar não se enquadra nas duas exceções mencionadas. Em parecer datado de 05.12.84, o advogado Michéas Bueno de Godoy, então assessor jurídico da CETESB, concluiu, com base no referido artigo 26, que, sem dúvida, a atividade de queimada é uma prática proibida pela Legislação Estadual do Controle de poluição (MATTOS, 1993).

GOULART (1998), define as queimadas como ato ilegal, de acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6938/81), a qual define degradação da qualidade ambiental como a alteração adversa das características do meio ambiente (art.3, inciso II) e poluição como a modalidade de degradação ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afetem desfavoravelmente a biota;
- afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;
- afetem desfavoravelmente a qualidade de vida (art.3, inciso III).

Em 30 de Agosto de 1988, entrou em vigor o Decreto Estadual nº 28 848, que proibiu qualquer forma de emprego de fogo para o preparo do plantio e para a colheita da cana-de-açúcar. Abstraindo a desnecessidade do decreto e sua duvidosa constitucionalidade, é certo que (GOULART, 1998), a partir de sua edição, as agências governamentais, pela primeira vez na história, começaram a autuar os infratores, provocando acirrado debate na região. Esse debate repercutiu na grande imprensa da capital do Estado de São Paulo, e um de seus órgãos tornou-se porta-voz dos interesses da agroindústria canavieira, criticando, em reiterados artigos e reportagens, a proibição das queimadas.

Esse Decreto gerou polêmica em face da resistência dos empresários do setor em cumpri-lo. Cedendo às pressões dos usineiros e plantadores de algodão, o governo do Estado baixou, em 20 de Setembro de 1988, o Decreto nº 28 895 modificando o Decreto nº 28.848/88. Permitindo-se, desde então, a queimada da cana-de-açúcar. A proibição ao uso do fogo cinge-se à faixa de um quilômetro do perímetro urbano das cidades.

Apesar do recurso na legislação paulista, que atendeu a seus interesses, os plantadores de cana continuaram a queimar também na área proibida, afrontando as normas em vigor. No ano de 1993, os promotores de justiça curadores do meio ambiente da região de Ribeirão Preto firmaram posição no sentido de exigir dos órgãos estaduais de polícia ambiental (Polícia Florestal e CETESB) rigorosa fiscalização no cumprimento do Decreto nº 28.895. Entendiam que o efetivo respeito à lei garantiria a adequada proteção das populações periféricas, mais susceptíveis ao impacto das queimadas, e possibilitaria a abertura de um debate democrático, que, na busca de soluções, atendessem, a médio prazo, aos interesses ambientais e sociais envolvidos na questão.

O descumprimento do Decreto implicaria responsabilidade civil e penal (reparação do dano ambiental, contravenção florestal, crime ecológico e crime de incêndio, estes nas modalidades dolosa e culposa).

Do ponto de vista constitucional, União, Estados e Distrito Federal podem, concorrentemente, legislar sobre a matéria (CF, art. 23 e 24). A União compete estabelecer as regras gerais aplicadas em todo território brasileiro (CR, art. 24, parágrafo 1º). Aos Estados, regular as peculiaridades regionais (CR, art.24, parágrafo 3º). Os Municípios são competentes para estabelecer normas reguladoras do interesse local (art. 30, inciso II, da Constituição da República).

Como ensina o professor Paulo Afonso Leme Machado: "A legislação estadual, como a municipal, pode ampliar o conceito de poluição, mas serão de nenhum efeito se restringirem ou diminuïrem o espaço da proteção legal dada pela conceituação federal" ("Direito Ambiental Brasileiro", 3º ed., RT, pág. 2529).

Em matéria ambiental as leis de nível municipal podem ser mais restritivas que as de nível federal, o contrário não. Ou seja, não podem ser mais permissivas. A questão das queimadas transcende o peculiar interesse do município, uma vez que o patrimônio ecológico afetado pelo deletério uso do fogo nos canaviais interessa às populações de todas as comunidades da região, que integram parcela significativa do território paulista. Notório o fato da degradação ambiental não respeitar limites territoriais, em especial a atmosférica.

Ora, se a legislação ambiental do Estado proíbe as queimadas, os municípios, obviamente, não podem editar leis que venham permiti-las. Em São Paulo, o Decreto Estadual nº 28.895 proíbe a queima num raio de um quilômetro do perímetro urbano. O Município não pode editar lei que permita a queima na área já proibida pela legislação estadual.

As leis municipais, que permitem as queimadas na faixa proibida pela legislação estadual, são manifestamente inconstitucionais, pois permitem no âmbito do município o que é proibido no território de todo o Estado. Subverte, dessa forma, os princípios do direito ambiental, sobretudo no que tange à questão da competência legislativa.

A proibição da queima de cana no Estado de São Paulo está regulada pela Lei nº 6.171, de 04/12/1988, alterada pela Lei nº 8.421, de 23/11/93, que trata sobre o uso, conservação e preservação do solo agrícola, leis que foram regulamentadas pelo Decreto nº 41.719, de 16/04/1997. Essa Legislação Estadual sobre o uso do solo agrícola, que trata das técnicas agronômicas em geral, prevê no artigo 51 a normatização das queimadas como prática agropecuária, dentro do que está contemplada a despalha da cana por queima. Em razão de que essa legislação não contemplava a especificidade da queima de cana como prática generalizada, foi introduzida norma específica por meio do Decreto nº 42.056, de 06/08/1997 (GONÇALVES & SOUZA, 1998a).

Ainda em São Paulo, a grande maioria das empresas procurou fazer o Plano de Eliminação de Queimadas (PEQ) e entregá-lo no prazo hábil, mas algumas poucas ainda adotam uma posição arrogante de quem tradicionalmente sempre deu um jeitinho e desrespeitou a lei e não entregaram o PEQ. Por este motivo a CETESB pretende impor uma fiscalização séria e extremamente rigorosa (NUNES Jr., 1998).

As regiões tradicionalmente canavieiras (por exemplo a região de Piracicaba-SP) vêm sofrendo crescentes pressões ambientalistas para o controle da emissão de poluentes resultantes da queima da cana na pré-colheita. Devido a estas pressões surgiu o Decreto Lei nº 42.056 de 06 de agosto de 1997 (D.O.E. 07/08/1997) que, na tentativa de normatizar o assunto, fixou um prazo para adoção de medidas que eliminem a queima da cana.

Por esse instrumento legal, a redução da queima da cana na área mecanizável será efetuada no ritmo de 25% da área a cada 2 anos, exigindo-se um mínimo de 10% de redução no primeiro ano, com a eliminação total em 8 anos para áreas de até 12% de declividade. Já nas áreas não mecanizáveis a redução a cada 2 anos será de 13,35%, com o tempo de eliminação total de 15 anos para áreas com declividade acima deste valor. Numa tentativa de proteger os fornecedores de cana (aproximadamente 11 mil produtores só no Estado de São Paulo), os que tiverem área menor que 125 ha terão o mesmo tratamento dado à área não mecanizável. Esta medida atinge 93% dos fornecedores de cana paulistas.

Este mesmo Decreto determina que área mecanizável é aquela que tenha declividade menor que 12%, correspondendo, a 60% da atual área cultivada com cana para a indústria no Estado de São Paulo. Na região de Piracicaba-SP, os indicadores são mais severos, com estudos indicando que apenas 31% da área canavieira seria apta à colheita mecanizada, exigindo esforço ainda maior na construção de condições de alternativas viáveis de substituição do método de queimadas (GONÇALVES & SOUZA, 1998a).

No início, havia apenas as ações judiciais que as promotorias regionais moviam contra as empresas e seus representantes. Atualmente até mesmo o Governo Federal já se pronunciou a respeito, pois desde o dia 08 de julho de 1998, o Diário Oficial da União publicou um decreto que disciplina e normatiza a questão, ampliando o prazo para eliminação das queimadas em 20 anos. Porém, é de conhecimento legal que quando um Estado possui uma legislação específica, esta é a que deverá prevalecer (NUNES Jr., 1998).

Admitia-se que o tempo previsto para a eliminação das queimadas seria suficiente para a absorção da mão-de-obra por outros setores da economia, como na prática isso não estava ocorrendo, e buscando solucionar grande parte dos problemas que foram se somando no setor, o governo do Estado de São Paulo unido aos usineiros, trabalhadores e fornecedores lançou um “Pacto pelo Emprego no Agronegócio Sucroalcooleiro”, em 17 de agosto de 1999 (GONÇALVES, 2002).

Segundo o mesmo autor, esse pacto atribuiu responsabilidades aos industriais e produtores de cana própria, aos fornecedores de cana-de-açúcar, às federações de trabalhadores, aos distribuidores de combustíveis, às montadoras de veículos, ao governo federal, ao governo estadual, aos municípios canavieiros e a todos os agentes envolvidos, buscando melhores perspectivas tanto para o emprego quanto para a produção do setor. Entretanto, grande parte dos compromissos firmados não se concretizaram, como, por exemplo, o programa de requalificação.

Assim, após três anos da promulgação do Plano de Eliminação de Queimadas, um clima de grande insatisfação foi se criando no setor agroindustrial canavieiro paulista. Essa insatisfação foi levada à Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo pelo deputado Arnaldo Jardim, por intermédio de uma nova legislação, que foi vetada pelo governador, mas aprovada na Assembléia após derrubada do veto: Lei nº 10.547, de 2 de maio de 2000 (GONÇALVES, 2002).

O autor cita que a nova lei teve caráter mais abrangente, tratando do uso do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais e inseriu profundas modificações na definição de locais onde o fogo é proibido:

1. o limite das faixas de segurança das linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica foi reduzido e unificado para 15 metros, o que torna a legislação questionável quanto aos critérios de segurança utilizados;
2. os limites para as áreas próximas a subestações de energia elétrica e de telecomunicações foram mantidos;
3. a distância a partir do aceiro de 10 metros mantido ao redor de unidades de conservação foi reduzida de 100 para 50 metros, aumentando o risco de acidentes ambientais, ao contrário do que se esperava de uma nova legislação;
4. a faixa mantida ao lado de rodovias e ferrovias foi diminuída de 50 para 15 metros, o que pode provocar sérios acidentes, não somente pela presença da fumaça, mas também pelo risco a cargas inflamáveis diariamente transportadas por essas vias;

5. a distância a aeroportos e aeródromos foi melhor especificada na nova lei, e passou de 1 km para 2 km de seu perímetro, ou 6 km do centro geométrico da pista de pouso. Apenas para aeródromos particulares a distância de 1 km foi mantida;
6. a faixa a ser mantida sem queima ao redor do perímetro urbano diminuiu de 1 km para 500 metros, mas só entraria em vigor a partir de 2003.

A nova lei representou grande retrocesso em termos ambientais, vindo somente ao encontro dos anseios dos produtores e empresários do setor. Quanto ao uso do fogo na atividade canavieira, também ocorreram modificações:

1. o emprego do fogo passou a ser denominado “Queima Controlada”, e emitir a autorização passou a ser responsabilidade de Secretaria do Meio Ambiente, ou instituição designada por ela, em sua ausência;
2. a redução gradativa do emprego do fogo como método despalhador do corte de cana-de-açúcar passou a ser limitada às áreas passíveis de mecanização de colheita, ainda sob a definição anterior, até um novo conceito de área mecanizável ser estipulado. Dessa forma, em todas as áreas canavieiras com declividade superior a 12%, o uso do fogo voltou a ser permitido, por tempo indeterminado, sob autorização prévia da Secretaria do Meio Ambiente;
3. as lavouras de até 150 hectares fundadas em cada propriedade não seriam mais sujeitas à redução gradativa do emprego do fogo;
4. nas áreas passíveis de mecanização, a redução do uso do fogo passou a ser de um quarto da área (mecanizável), a cada cinco anos, contados a partir da vigência da lei;
5. também, a cada cinco anos, eram previstas avaliações das consequências sócio-econômicas da aplicação da lei pelos órgãos estaduais competentes.

Essa lei (GONÇALVES, 2002) se mostra mais branda quanto à proibição do uso do fogo, o que representa grande perda para o meio ambiente, mas evidentemente procura aliviar os problemas dos muitos produtores de cana e trabalhadores rurais do Estado de São Paulo.

Em junho de 2001, nova proposta de lei foi enviada à Assembléia Legislativa pelo governador do Estado, Geraldo Alckmin, elaborada a partir de estudos da Secretaria do Meio Ambiente. Em setembro, essa lei foi aprovada e passou a complementar a lei anterior, flexibilizando prazos e metas para a eliminação do uso de fogo nos canaviais do Estado. Sob a justificativa dos empregos, os prazos foram estendidos até 2021 para áreas mecanizáveis e 2031 para áreas não mecanizáveis, o que causou indignação na sociedade, visto que a mecanização já havia eliminado mais de 60% dos postos de trabalho em todo o Estado (GONÇALVES, 2002).

Embora essa lei seja mais completa e consistente, com uma abordagem sócio-ambiental, que trata inclusive da requalificação de trabalhadores e procura complementar a legislação em vigor, ainda é falha. Como exemplo, pode-se citar o aumento do número de autuações em agosto de 2002 na região de Ribeirão Preto por queimadas irregulares de cana. Essas multas foram devidas ao não-cumprimento do Decreto nº 45.869 (junho de 2001), uma vez que não foi solicitada autorização para a queima da cana por parte dos proprietários, como prevê o decreto (GONÇALVES, 2002).

2.8 - Energia Gerada pela Queima da Palha de Cana nos Canaviais

Segundo SAFFIOTI (1985), uma visão prática da energia desperdiçada na queima dos canaviais, é pertinente compará-la aos equivalentes de outras fontes energéticas comuns (descritas no quadro a seguir). Essas comparações demonstram que o desperdício energético nas queimadas anuais corresponde a 15,5 bilhões de litros de etanol. Este valor equivale a, aproximadamente, 50% superior à energia gerada pelo álcool produzido no Brasil em 1985. Comparado à gasolina, o referido *quantum* de energia corresponde ao atual consumo nacional desse tipo de combustível.

COMBUSTÍVEL	PODER CALORÍFICO	EQUIVALENTES	
		por ano	por dia
- Palha seca	4100 Kcal/Kg	20 bilhões Kg	55 mil toneladas
- Etanol	5300 Kcal/lit	15,5 bilhões lit	267 mil barris
- Gasolina	8500 Kcal/lit	9,6 bilhões lit	166 mil barris
- Óleo combustível	9400 Kcal/lit	8,7 bilhões lit	150 mil barris
- Petróleo	8300 Kcal/lit	8,8 bilhões lit	152 mil barris
- Metano	9400 Kcal/m ³	8,7 bilhões m ³	150 mil m ³
ENERGIA ELÉTRICA: Potência de 8,8 milhões de KW			

Fonte: SAFFIOTI (1985)

A energia liberada na queimada dos canaviais é equivalente à energia produzida por um conjunto de usinas elétricas com potencial total de 8,8 milhões de Kilowatts. Esse *quantum* corresponde ao dobro da energia produzida anualmente pelos nucleares Angra I, Angra II, Angra III e por um dos reatores (Iguape I) que o governo pretende instalar no litoral Sul do Estado de São Paulo. Ou seja:

$$\begin{aligned} \text{Angra I} + \text{Angra II} + \text{Angra III} + \text{Iguape I} &= \text{Valor Total} \Rightarrow \\ \Rightarrow 0,65 \text{ MW} + 1,25 \text{ MW} + 1,25 \text{ MW} + 1,25 \text{ MW} &= 4,4 \text{ MW} \end{aligned}$$

A energia produzida pelas usinas nucleares custa cerca de 3 mil dólares por KW gerado. Por isso, o Brasil despenderá 13,2 bilhões de dólares para gerar apenas a metade da energia desperdiçada na queima dos canaviais.

Para se determinar o poder calorífico da palha de cana, segundo ZULAUF et al (1985), foram colhidas amostras em 5 diferentes usinas do Estado de São Paulo e foi empregado o “Methods of Analysis of Sewage Sludge, Solid Wastes and Compost - WHO International Reference Centre for Wastes Disposal”, e realizadas as análises nos laboratórios da CETESB. Os resultados obtidos em laboratório foram corrigidos para se levar em conta o diferencial do teor de umidade entre as condições experimentais e aquelas observadas no campo, adotando-se o valor de 30% como base para cálculo, chegando-se a um valor final:

$$2,576 \text{ Kcal/Kg de palha,}$$

que foi adotado como estimativa do poder calorífico médio da palha de cana brasileira, nas condições do seu próprio campo de cultura.

No trabalho de ZULAUF et al (1985) para a estimativa da quantidade total de palha queimada, optou-se por partir da massa total de cana colhida, estimada pelo IAA em 228 milhões de toneladas para a safra 84/85, notando-se que esse peso se refere a cana sem ponta e sem palha. Devido à existência de poucas informações referentes ao peso da ponta e da palha em relação ao total da planta, decidiu-se adotar uma faixa de valores delimitada entre o menor e o maior valor encontrado. Portanto, a massa de palha queimada na safra 84/85 teve um peso entre 10,13 e 36,41 milhões de toneladas.

A energia liberada pela queima da palha de cana foi calculada pela expressão:

$$E = m \cdot pci \text{ (pc)}$$

onde: E = energia em Kcal
m = peso da palha de cana em Kg
pci (pc) = poder calorífico inferior

Utilizando-se os dados anteriores, obteve-se que a energia liberada pela queima da palha para a safra de 84/85 esteve compreendida na faixa entre 26.095 e 93.796 gigacalorias.

Outro estudo sobre o desperdício de energia na queima dos canaviais foi realizado por SAFFIOTI (1985), onde exemplares de cana da região de Araraquara foram cortados uma semana antes da queimada do canavial. Depois, foram separados os colmos, os ponteiros e as folhas de cana. A determinação das massas de cada uma das frações indicou que uma tonelada de colmo é acompanhada por 0,115 ton de ponteiros e por 0,158 ton de folhas.

Amostras de ponteiros e de folhas de cana foram aquecidas a 115°C, durante tempo suficiente para eliminar toda a água, restando como resíduo sólido, apenas 17% e 38% de matéria orgânica desidratadas, respectivamente. Portanto, o corte de uma tonelada de cana é acompanhado por:

$$\begin{aligned}(0,115) \times (0,17) \text{ ton} &= 0,02 \text{ ton de ponteiros desidratados e} \\ (0,158) \times (0,38) \text{ ton} &= 0,06 \text{ ton de folhas desidratadas}\end{aligned}$$

Obteve-se, assim, 8% de palha seca em relação à cana cortada e limpa.

Como a safra de cana-de-açúcar no Brasil é da ordem de 250 milhões de toneladas, a queimada dos canaviais em 1985 implicou na destruição de, aproximadamente:

$$(0,08) \times (250 \text{ milhões}) = 20 \text{ bilhões Kg de palha seca}$$

Na queimada da cana, a reação fundamental é da combustão da celulose $(C_6 H_{10} O_5)_x$

Nessas condições é válido admitir-se o valor de:

4100 Kcal/Kg para o poder calorífico da palha seca

A partir da massa de 20 bilhões de Kg de palha seca e do respectivo calor de combustão, pode-se avaliar o calor desperdiçado e lançado no espaço na safra de 1985:

$$(20 \text{ bilhões Kg}) \times 4100 \text{ Kcal/Kg} = 82 \text{ trilhões de Kcal} = 82.000 \text{ gigacalorias}$$

Segundo FURLANI NETO et al (1989); BAGATEX (1984); LEITE & PINTO (1983); GOLDENBERG (1979) in RIPOLI et al (1990a) considera-se um canavial com uma produtividade agrícola de 70 a 80 t/ha e um rendimento industrial de 75 litros de álcool por tonelada de cana esmagada. Disso resultam os seguintes dados:

- Quantidade de palhada: 9,7 t/ha.
- Poder calorífico inferior da palhada: 2280 Kcal/Kg
- Poder calorífico inferior do álcool: 5040 Kcal/Kg
- Densidade do álcool: 0,789 Kg/litro
- Poder calorífico inferior do bagaço: 1790 Kcal/Kg

Com base nesses dados, elaborou-se um fluxograma, no qual se observa que 1 ha de cana-de-açúcar pode fornecer, após processamento industrial, por volta de 5250 litros de álcool, equivalente a 20877 Mcal (FIGURA 6). Trata-se de uma quantidade de energia considerada bruta, pois não está se levando em conta a quantidade de energia consumida, na transformação da matéria prima em álcool (RIPOLI et al, 1990a).

Figura 6: Estimativa do potencial energético disponível em 1 ha plantado com cana-de-açúcar

Fonte: RIPOLI et al (1990a)

Por outro lado, a palhada remanescente pode fornecer, em termos de energia bruta, o equivalente a 22166 Mcal/ha. Os dados preliminares obtidos pelo Depto. de Engenharia Rural da ESALQ-USP indicam que o consumo de combustível das máquinas agrícolas utilizadas nas operações de enleiramento, carregamento e transporte dessa palhada, representa cerca de 5% da energia bruta desse material, o que resulta numa energia líquida disponível da ordem de 21058 Mcal. Chega-se à conclusão que as queimadas de pré-colheita representam um desperdício de energia equivalente aquela que se obtém através do álcool, por unidade de área cultivada com cana-de-açúcar (RIPOLI et al, 1990a).

Segundo SOTELO & CORREA (1999), o emprego da palha para a produção de energia, pelas suas vantagens como recurso renovável, tem sido sempre uma preocupação de pesquisadores e especialistas. A utilização de resíduos como combustível é aplicada atualmente em vários países, embora ainda o seja de forma isolada, como mostrado na tabela a seguir.

Equivalência como combustível da palha e do petróleo		
Combustível	Petróleo (Bunker C)	Palha (10% de umidade)
Valor calórico (BTU/lb)	17,000	7,500
Eficiência de fornos e caldeiras	85	70
Combustível necessário para gerar a mesma quantidade de energia calórica	1	2,85

Fonte: SOTELO & CORREA (1999)

Segundo RIPOLI et al (1990a), transformando-se o potencial energético de um hectare da cultura da cana-de-açúcar, em equivalente em álcool, obtém-se que o bagaço fornece 6,22 toneladas e a palhada 4,18 toneladas, resultando em 13181 litros de equivalente em álcool/ha, enquanto que, como já visto, dessa área obtém-se 5250 litros de álcool. Face ao exposto, fica claro que a colheita de cana crua deve merecer novas e melhores atenções de pesquisadores, empresas sucroalcooleiras e do próprio governo. Entende-se que sua adoção virá beneficiar economicamente a agroindústria canavieira, diminuirá os impactos ambientais decorrentes das queimadas e oferecerá ao País nova fonte energética, a qual poderá contribuir, mesmo que limitadamente, para minimizar a crise energética que se avizinha.

O bagaço foi considerado tradicionalmente o substituto do óleo combustível, pois para obtê-lo é necessário queimar esse combustível na usina sucroalcooleira. A quantidade de bagaço que se obtém em cada tonelada de óleo combustível depende das características do material fibroso e da eficiência das caldeiras. Em Cuba, o índice estabelecido é de 5,2 toneladas de bagaço integral, com 50% de umidade, em cada tonelada de óleo combustível consumida (MITRANI et al, 1999).

Outro estudo sobre o desperdício de energia, realizado por CORSINI et al (2002), ao imaginar-se a substituição do petróleo importado pelo Brasil (600000 barris/d) pela potência térmica equivalente de 155.10^6 L/d de álcool produzidos por 3870 Miniúsinas de Álcool Integradas (MUAIs), cobrindo 1,96% do Brasil, as potencialidades da MUAI fazem-se claras e expressivas:

- em termos energéticos, tem um potencial de 2.760 MW em eletricidade excedente, equivalente a 2,19 ITAIPUs (12.600 MW).
- em benefícios ao ecossistema, deixa-se de introduzir na atmosfera $1,94 \times 10^6$ t/d de CO_2 e outros poluentes que, de forma cumulativa, vêm agravando o Efeito Estufa e a qualidade de vida na Terra. Contrariamente, o canavial e o sorgo enriquecem a atmosfera em 143×10^6 t de O_2 além de retirar dela 197×10^6 t de CO_2 , estável, durante a vida operacional das 3.870 MUAIs, fato que torna o álcool o combustível ecológico por excelência. Cria-se, então, um "Sumidouro" de unidades ao inviabilizar a queima de petroderivados.
- em termos de benefícios sociais, seriam gerados 380.000 empregos fixos e 127.000 terceirizados. Produziria alimentos variados para $67,0 \times 10^6$ habitantes (Brasil $\Rightarrow 170 \times 10^6$ hab.), com criação $10,8 \times 10^6$ cabeças de gado semiconfinado, $4,37 \times 10^6$ t/a de levedura seca para ração humana, excelente para alimentação infantil por seu valor protéico e $14,0 \times 10^6$ t/a de produtos hortifrutícolas, variados e renováveis, cultivados em $7,01 \times 10^6$ ha, 0,82% do território nacional. A MUAI mantém fixos os empregos nos 365 dias do ano, 8 meses na colheita da cana, 2 meses na colheita do sorgo, 2 meses de manutenção de equipamentos. O plantio do sorgo tem duração de 4 meses, restando 8 meses de área livre para o plantio hortícola de curta duração.
- em termos financeiros, 5,5 bilhões de dólares anuais seriam economizados em importações e 5,8 bilhões arrecadados em impostos diretos, contribuições tributárias e imposto de renda, totalizando 11,3 bilhões de dólares anuais. Acresça-se o protocolo de Kyoto potencializa a venda de cotas de emissão de CO_2 , com arrecadação até US\$ 7,18 bilhões por ano.

- em termos estratégicos, 3870 MUAIs distribuídas pelo Brasil evitam apagões, transporte de longa distância e reduzem os efeitos do desemprego.

De acordo com Valor Econômico (05/06/2002): depois do açúcar e do álcool, um outro mercado - ainda em estágio embrionário - passou a atrair a atenção das companhias do setor sucroalcooleiro. Trata-se da comercialização de créditos de carbono, obtidos através da co-geração de energia a partir da queima do bagaço de cana. Várias usinas, como a Equipav e a Cia. Energética Santa Elisa, estão dando andamento a projetos nesta área, que é vista como uma fonte extra de renda quando o mercado for regulamentado. Mas a usina mais avançada no processo é a Vale do Rosário, de Morro Agudo (SP), que no mês passado foi a primeira empresa sucroalcooleira no mundo a receber uma pré-certificação na área. A mensuração dos créditos, ou seja, o que a usina "deixou de emitir" ao ter investido um sistema limpo de geração, foi elaborada pela Eenergy Brasil, subsidiária brasileira da consultoria americana na área ambiental. Embora o mercado de carbono ainda não exista oficialmente, a Vale do Rosário - que hoje comercializa o equivalente a 30 megawatts (MW) de capacidade instalada - poderia receber até US\$ 3,22 milhões, com base em ofertas já existentes no mercado internacional, diz Marcelo Junqueira, diretor da Eenergy.

O mercado de carbono surgiu no bojo do protocolo de Kyoto, que cria o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e define os níveis de emissão de carbono do planeta para os próximos anos, com objetivo de minimizar o aquecimento global. Pelo acordo, os grandes poluidores (países industrializados) terão de reduzir suas emissões em 5% até 2012, com base nos níveis de 1990. Para que o crescimento dos países em desenvolvimento pelos próximos anos não se baseie no modelo poluente adotado pelos desenvolvidos, foi previsto um "estímulo" à adoção de novas tecnologias não-emissoras: os países que introduzirem estas novas técnicas ganharão créditos de carbono, que poderão vender para os desenvolvidos. "É uma maneira de financiar novas tecnologias", explica Junqueira. A energia elétrica produzida nas usinas sucroalcooleiras é considerada "limpa", já que o volume emitido de gás carbônico na queima do bagaço equivale ao absorvido pela cana por meio da fotossíntese, explica Ivonice Aires Campos, coordenadora de ações de desenvolvimento energético do Ministério da Ciência e Tecnologia. "Trata-se de um setor com um alto saldo positivo no balanço energético, já que tem potencial para gerar nove vezes o que consome", acrescenta.

O Protocolo de Kyoto, além de estabelecer as metas de redução, também criou instrumentos de flexibilização para facilitar o cumprimento dessas metas. O Brasil, ocupando o 20º lugar entre os emissores, influenciou de forma decisiva na inclusão do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL no Protocolo. Por esse mecanismo, o desenvolvimento de projetos que resultem em redução de emissão, valerão créditos que poderão ser vendidos aos países industrializados que não conseguirem atingir sua meta. Ou então, os países industrializados poderão patrocinar projetos de "sequestro de carbono" da atmosfera, como reflorestamento ou a implantação de fontes alternativas de energia, nos países menos desenvolvidos. Apesar das dificuldades para colocar o Protocolo de Kyoto em prática, muitos países que integram a COP já estão planejando a revisão, tanto da Convenção como do Protocolo, com o objetivo de propor as metas para o período posterior a 2012. Essas discussões começarão, no máximo, até 2005 e serão retomadas freqüentemente, à medida que o conhecimento científico e as negociações políticas mundiais avançarem (CETESB, www.cetesb.sp.gov.br, 15/11/02).

O sucesso do setor sucroalcooleiro no mercado de carbono depende, além da ratificação do protocolo de Kyoto, da expansão dos projetos de energia, que começaram a ganhar impulso no último ano devido à escassez energética. Nesta safra, o volume excedente de energia disponível para comercialização no setor deve chegar a 260 MW, segundo estimativa da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (Unica). Mas este volume pode subir para 3 mil MW daqui a dois anos, se entrarem em funcionamento todos projetos previstos. Nestes níveis, a geração a partir da cana eliminaria a emissão de 3,5 milhões de toneladas equivalentes de petróleo por ano, "um volume extraordinário", pelas contas de Laura Tetti, consultora na área. Mas não é só da energia elétrica gerada nas usinas que vêm os potenciais créditos de carbono.

Segundo levantamento da consultora, cada tonelada de cana direcionada à produção de álcool equivale 170 quilos de gás carbônico (já contabilizadas as emissões resultantes do processo industrial e da queima do álcool como combustível). Por ano, o Brasil destina cerca de 150 milhões de toneladas de cana para a fabricação de anidro e hidratado, cujos volumes produzidos totalizam cerca de 12 bilhões de litros. Dessa maneira, um aumento no consumo de álcool de 500 milhões de litros por ano - possibilitado ou pelo acréscimo de 100 mil novos carros a álcool ou pela substituição do MTBE (nos EUA) em um milhão de veículos hoje movidos totalmente a gasolina - corresponderia a 3,5 milhões de toneladas de gás carbônico a menos na atmosfera (Valor Econômico 05/06/2002).

A agroindústria canavieira apresenta um potencial grande de participar do mercado de carbono, já que tanto a produção e o uso do etanol, como o emprego do bagaço e da palha de cana para a geração de energia elétrica, em substituição aos combustíveis fósseis, são alternativas energéticas importantes devido às suas contribuições para redução dos níveis de emissão de dióxido de carbono (MORAES, 1999).

2.9 - Utilizações Técnicas para o Bagaço e/ou Palha da Cana-de-Açúcar

A colheita da cana-de-açúcar sem queima prévia, além de evitar inúmeros problemas como os já citados, traz benefícios ao solo, pela permanência do resíduo no campo, pela melhor qualidade da matéria prima entregue à indústria, entre outros, assim como diminui a agressão ambiental.

Segundo SOTELO & CORREA (1999), a produção sucroalcooleira demonstrou que é capaz de produzir grande variedade de matéria orgânica viável para ser empregada como fonte de alimento animal ou como energia, conforme for o caso, para o qual se precisa de um determinado grau de preparação mecânica, transporte e conservação, que tornem possível seu emprego, devido à variabilidade reológica e de composição dessa fração (Figura 7).

Figura 7: Alternativas de utilização dos resíduos agrícolas de cana-de-açúcar

Fonte: SOTELO & CORREA (1999)

A crescente importância do bagaço e da palha acena com uma nova conceituação da própria cana-de-açúcar como insumo energético, pois nos dias atuais não se deve medir o seu valor apenas pela quantidade de açúcar e álcool que produz. Na realidade, a cana-de-açúcar é toda ela energia. Energia essa que não deve ser desperdiçada, principalmente, em tempos de racionamento e "apagões".

É importante a análise do potencial energético da cana-de-açúcar no instante em que se discute a crise energética e a conveniência de desenvolvimento de um mercado maior para seus subprodutos, em especial, os que têm características energéticas. Desta forma, o canavial passa a desempenhar também a função de agente benéfico para a comunidade, contribuindo eficazmente para a despoluição do meio ambiente, através da cogeração de energia elétrica e por se tratar de um combustível muito pouco poluente (gera baixa quantidade de CO₂ em sua queima).

O bagaço sempre representou para a agroindústria canavieira o combustível por excelência. Mas existe a proposta de utilizar a palha resultante da colheita da cana-de-açúcar como a fonte principal de energia na agroindústria, e utilizar o bagaço para aplicações mais nobres, e com eficácia comprovada. Existem usos não energéticos potenciais para o bagaço (para a palha ainda estão sendo realizados estudos), alguns deles inclusive já viabilizados comercialmente.

O bagaço é um resíduo lignocelulósico fibroso, remanescente dos colmos da cana-de-açúcar, obtido na saída do último moinho da usina sucroalcooleira e constitui um conjunto heterogêneo de partículas de diferentes tamanhos, que oscilam entre 1 e 25 mm, apresentando um tamanho médio de 20 mm. Apresenta pequenas quantidades de outros compostos classificados conjuntamente como componentes estranhos. O bagaço é constituído de celulose, hemicelulose e lignina, como principais polímeros naturais, e do ponto de vista físico, por quatro frações, cuja porcentagem média é de:

✓ Fibras ou bagaço	45 %
✓ Sólidos insolúveis	2-3 %
✓ Sólidos solúveis	2-3 %
✓ Água	50 %

A água presente no bagaço é retida nele através de mecanismos de absorção e de capilaridade. Este fenômeno desempenha um papel de grande importância em alguns processos tecnológicos a que é submetido o bagaço, para o seu aproveitamento como matéria-prima. O conteúdo de sólidos solúveis e a umidade do bagaço estão relacionados com a operação da usina sucroalcooleira (MITRANI et al, 1999).

Segundo o engenheiro agrônomo Peter Baron, diretor executivo da Organização Internacional do Açúcar, com sede em Londres, o bagaço é o maior subproduto da agricultura que existe no mundo. A produção mundial é cerca de 43 a 45 milhões de toneladas a cada ano (bagaço de beterraba e cana de açúcar) e apenas 8 milhões de toneladas são negociadas (JORNALCANA, 1999).

Segundo WALTER (1993), são destacados o emprego do bagaço como matéria-prima na indústria de papel e papelão, na fabricação de aglomerados, em indústrias químicas, como ração animal, e como material alternativo em construção civil.

O bagaço está disponível, unicamente, na época da safra, que na maioria dos países dura 4 ou 5 meses. Por essa razão, as usinas, que utilizam bagaço como matéria-prima, são obrigadas a armazenar grandes quantidades para garantir a operação o ano todo. Os métodos de armazenamento do bagaço podem ser classificados em duas grandes divisões: compactados e a granel. Até a poucos anos, os métodos de armazenamento em forma compactada foram praticamente o único sistema utilizado em fábricas de polpa e papel, de tabuleiros e painéis, de furfural e outros. Recentemente, foram desenvolvidos e postos em prática novos métodos a granel e de pré-secagem do bagaço (MITRANI et al, 1999).

O principal óbice que apresenta o aproveitamento integral dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira assenta-se na sua recolha. Para aqueles casos nos quais se realiza uma colheita mecanizada, foi demonstrado que no solo permanecem de 11 a 21 t/ha, de cujo volume total somente podem ser recolhidos por ceifeiras aproximadamente 40 %, devido, entre outras coisas, a requisitos agrícolas de proteção das novas plantas, manutenção da umidade do solo e proteção diante do crescimento de ervas daninhas que concorram com o nascimento dos rebentos. Os resíduos que restam no campo possuem uma rica composição de massa verde e troços de cana que constituem a melhor fração para os fins mais comuns da alimentação animal (SOTELO & CORREA, 1999).

O crescente desenvolvimento da indústria dos derivados e o tradicional compromisso energético do bagaço começam a adquirir uma relevante significação econômica. Por outro lado, a existência cada vez menor de materiais fibrosos para serem utilizados como matéria prima na indústria dos derivados e seu caráter renovável, estimulou, nas últimas décadas, um processo acelerado de desenvolvimento na utilização do bagaço nas produções de polpa, papel e produtos aglomerados. Tem relevante importância na alimentação animal e pode se tornar, potencialmente, a matéria prima que garanta o desenvolvimento de diversas produções, como furfural, carvão ativado, produtos moldados e outros (MITRANI et al, 1999).

O bagaço da cana-de-açúcar vem se tornando cada vez mais caro como combustível para as caldeiras de usinas e destilarias de álcool, face à expansão de seu uso como matéria-prima para a fabricação de papel, papelão, corrugados, conglomerados, furfural e de ração; neste caso, após receber processos de hidrólise (RIPOLI et al, 1990a).

A Usina Vale do Rosário, desde 1986, fabrica ração para alimentação bovina, a partir do bagaço de cana hidrolizado. A capacidade de produção, segundo Regina Cardoso Margarido, zootecnista responsável pelo departamento de Zootecnia, é de aproximadamente 50 mil t/a, suficiente para alimentar em torno de 40.000 cabeças de gado, no período de junho a dezembro, época de entressafra da pecuária. A produção vem mantendo uma média de 25 a 30 mil t/a. Os subprodutos da cana-de-açúcar utilizados na fabricação da ração, são o bagaço hidrolizado (50%), bagaço cru (5%), o melaço e a levedura. Completam a composição o sorgo, o farelo de soja, a uréia e o sal mineral. Regina conta que a ração é usada no “boitel”, sistema adotado na usina, onde os produtores deixam o gado para engorda, ou quando estão sem pastagem, com capacidade para 5 mil bois. O restante da ração é destinada a fazendas de fornecedores e confinamentos existentes na região. A usina usa bagaço também na produção de ração para peixe, que está sendo testada em fazendas de fornecedores (JORNALCANA, 1999).

Na produção de derivados, segundo MITRANI et al (1999), o bagaço se revaloriza, isto é, incrementa seu valor em relação a seu uso como combustível. Essa valorização pode ser expressa mediante a relação seguinte:

$$\text{Relação de valorização} = \frac{\text{Preço do derivado no mercado}}{\text{Preço do bagaço (índice de consumo unitário)}}$$

Na tabela a seguir, segundo MITRANI et al (1999), é mostrado a relação de valorização do bagaço em diferentes derivados, para diferentes preços do óleo combustível.

Relação de valorização do bagaço de diferentes derivados para diferentes preços do óleo combustível			
Relação de valorização Preço Óleo Combustível / Preço Bagaço SUS/t			
Derivados	50 / 17.30	110 / 21.15	140 / 26.90
Papéis de imprensa e de escrever (com polpa química)	19.6	15.9	12.6
Papel off-set	13.7	8.7	6.6
Papel de jornal (com polpa quimiomecânica)	12.9	10.6	8.3
Polpa fluff	11.2	9.8	7.2
Papelão (com polpa quimiomecânica)	10.3	8.4	7.5
Polpa química	6.6	5.4	7.5
Furfurol	4.2	3.4	2.7
Tabuleiros ou painéis de partículas	4.1	3.4	2.7
Polpa quimiomecânica	3.9	3.2	2.5
Polpa para dissolver	3.5	2.8	2.2
Carvão aditivado	2.4	1.9	1.5

Fonte: MITRANI et al (1999)

Foi demonstrada a possibilidade de satisfazer as exigências energéticas de uma usina sucroalcooleira com quase metade do bagaço que produz, e o que sobra pode ser utilizado como matéria prima. Nessa alternativa, recomenda-se desmedular e tirar a medula da maior quantidade possível, na própria usina e fazer retornar o bagacilho às caldeiras, para entregar a fração fibrosa à indústria dos derivados. A utilização do bagaço nessa indústria depende, em primeiro lugar, do custo e das características do produto que se quer obter, mas é preciso ter em conta as operações de transporte, desmedulamento e armazenamento intimamente relacionadas (MITRANI et al, 1999).

O bagaço se destaca tanto pelo seu potencial de utilização como pela quantidade gerada. As perspectivas do uso do bagaço, segundo SOBRAL FILHO (1988), podem ser divididas em três grandes grupos:

- matéria-prima industrial;
- insumo energético;
- volumoso para ração animal.

Segundo esse autor, as possíveis utilizações do bagaço da cana-de-açúcar são:

- celulose e papel;
- coque vegetal;
- carvão ativado;
- furfural e álcoois;
- insumo energético;
- aglomerados;
- fertilizante natural;
- componente para ração animal.

Depois que disparou o preço do petróleo, a possibilidade de obter bagaço em excesso nas usinas tornou-se uma alternativa atraente para a indústria dos derivados com o objetivo de dispor da matéria prima, a um menor custo. Isso pode ser conseguido melhorando a eficiência energética da usina sucroalcooleira, mediante a instalação de diferentes equipamentos e dispondo de material sobrando até 40%. Nesse caso, o custo do bagaço diminuirá apreciavelmente, pois somente haveria que considerar os custos de manipulação e de transporte e, por conseguinte, diminuiria o custo de fabricação dos derivados. Porém, deve-se ter em conta os volumes de bagaço de cada produção, pois, se uma usina não é capaz de fornecer o bagaço sobrando requerido, é necessário trazê-lo de outras usinas, e então dependendo das quantidades e da distância, os custos de transporte podem aumentar, eliminando a vantagem econômica que representa o seu emprego (MITRANI et al, 1999).

A palha da cana, constituída pela bainha e pelas folhas secas, tem uma estrutura muito diferente da do palmito. A composição da palha é muito parecida com a do bagaço, à exceção de que a primeira não contém açúcares e possui uma umidade natural inferior a do bagaço. Para os fins de alimentação animal, a palha, com as bainhas, constitui a fração menos assimilável, mas é a mais atraente do ponto de vista de utilização energética. Em qualquer opção, a sua eficiência pode ser aumentada por meio de pré-tratamentos mecânicos adequados, com o fim de reduzir o tamanho das partículas e facilitar a sua manipulação (SOTELO & CORREA, 1999).

Segundo Manoel Regis Lima Verde Leal, coordenador de Recursos da Copersucar, em comunicação pessoal, existem duas grandes utilizações da palha:

1. Produção de álcool via hidrólise (projeto desenvolvido junto a DEDINI).
2. Complementação do bagaço na geração de energia através da Gaseificação da palha e do bagaço.

Uma opção economicamente atraente é a utilização da palha da cana para a obtenção de um substrato na cultura de cogumelos e, no fim do processo, contar com uma forragem beneficiada e enriquecida para o gado. Para essa opção são particularmente importantes as frações secas, nas quais são mais moderados os processos fermentativos, que poderiam concorrer com a cultura que se inocula na massa vegetal. De fato, entende-se com caráter imprescindível o envelhecimento do substrato antes de ser incorporado à produção, o que se consegue com técnicas de armazenamento controlado (SOTELO & CORREA, 1999).

2.10 - Derivados do Bagaço

De acordo com Moacir José C. P de Almeida (JORNALCANA, 1999), consultor da Lazzarini Ambiental, a experiência cubana no desenvolvimento dos derivados, está na quarta geração:

1. a primeira geração corresponde ao uso direto dos subprodutos ou derivados de um baixo nível de processamento, os que se obtém como resultado das transformações menores da matéria prima original. Por exemplo, o consumo direto do melaço com uréia na ração animal, produção de mel-uréia-restolho, bagaço pré-digerido e bagaço hidrolisado;
2. a segunda é formada pelos produtos que utilizam como matéria prima sub-produtos ou produtos intermediários do processo açucareiro. Esses produtos são o álcool, os tabuleiros prensados de bagaço (aglomerado para móveis), a levedura, o mel protéico, o papel e a celulose, as enzimas e cera de cachaça, entre outros;

3. a terceira tem a ver com os produtos obtidos pela transformação química e/ou bioquímica de derivados. Por exemplo, o etileno, a celulose microcristalina, dextrina, levedura apta para o consumo humano, medicamentos, resinas, ácidos orgânicos, tensoativos e outros;
4. a quarta geração é dos compostos obtidos a partir de subprodutos, derivados de segunda ou terceira, dando lugar a compostos intermediários que, por sua vez, se utilizam em outros processos. Os compostos partem de tecnologias químicas e bioquímicas de elevada complexidade, como os betaglicanos, betacarotenos e aminoácidos.

A polpa quimiomecânica de bagaço pelo processo Cuba-9 pode ser utilizada, principalmente, nas combinações e fórmulas para fazer pasta para papel de jornal e papéis de imprensa e de escrever mais baratos. Também é utilizada, em maior escala, na fórmula para fazer papelão ou cartão ondulado de alta qualidade e, em proporções determinadas, na fórmula para pasta absorvente (RODRÍGUEZ et al, 1999a).

As polpas químicas para papel, a partir do bagaço, obtidas a partir da polpação alcalina (soda ou sulfato) são usadas em fórmulas para fabricação de diferentes tipos de papel de imprensa e de escrever, papel *bonde* e para outros usos. Também podem ser misturadas com outros tipos de polpas para a fabricação de papel *tissue*, cartolinas e outros (RODRÍGUEZ et al, 1999b).

A polpa para dissolver de bagaço pode ser empregada na fabricação de fibрана e fio, para produção de tecidos e artigos sanitários absorventes. Pela sua qualidade, este produto também pode ser empregado na obtenção de celulose microcristalina para fabricação de comprimidos, carboximetilcelulose de tipo farmacêutico e alimentar, e na produção de outros éteres e ésteres de celulose. Em nível mundial, 80% da polpa para dissolver é consumida pela indústria de raíom (MUIÑA et al, 1999).

Segundo TORRES et al (1999a), a polpa absorvente (*fluff-pulp*) é um tipo especial de polpa, feita para a rápida e abundante absorção de líquido fisiológico, após ter sido submetida a um processo de desintegração a seco. Do ponto de vista da sua composição química, as polpas absorventes são parecidas com as polpas convencionais obtidas para a fabricação de papel, todavia se diferenciam principalmente nas propriedades físicas. As propriedades mais importantes das polpas absorventes feitas a partir da celulose do bagaço são:

Peso Básico	620 g/m ²
Calibre	2,3 mm
Índice de Estalo	0,3 kPam ² /g
Densidade	280 kg/m ³
Extrativos DCM	0,2 %
Brilho	88 %

Propriedades da folha moída:

Capacidade de Absorção	20 g/g
Tempo de Imersão	4 s

A polpa absorvente é empregada na fabricação de fraldas descartáveis, fraldas para adultos com problemas de incontinência urinária, apósitos, artigos de uso feminino como lenços higiênicos, tampões vaginais e outros produtos sanitários. Em nível mundial, 80% da polpa produzida é consumida pelo mercado de fraldas.

O meio para corrugar é um dos elementos do papelão ou cartão corrugado e constitui a camada central do mesmo. Sua função é a de amortecer os golpes que sofrem as caixas de cartão corrugado durante a manipulação (TORRES et al, 1999b).

A Carboximetilcelulose, conhecida como CMC comercialmente, é um éter de celulose e ácido monocloracético. Seu depende do teor de pureza e da viscosidade do mesmo. A CMC de grau técnico pode ser utilizada na fabricação de detergentes, como espessador; na indústria de charuto, como pegamento; no estampado de raio; na indústria têxtil, para engomar fio; na preparação das lamas para as perfurações pretolíferas; na cerâmica para conseguir acabamentos muito brilhantes e de coloração homogênea no esmalte; na pintura como dispersador e espessador; nas indústrias de madeira como espessador para pegamentos de laminados e na de plásticos como agente estabilizador de emulsões (SÁNCHEZ & ORTEGA, 1999).

Segundo GARCÍA et al (1999), a Celulose Microcristalina (MCC) é um derivado da alfacelulose despolimerizada e purificada a partir de plantas fibrosas. Esta constitui a fração sólida de baixo peso molecular, resistente à hidrólise parcial controlada em meio ácido da celulose de alta pureza. Este produto de elevada pureza química possui propriedades que o tornam muito adequado em diferentes indústrias, tais como: na fabricação de cremes e suspensões sólidas a serem utilizadas tanto em cosméticos quanto em fórmulas farmacêuticas, extrusão de detergentes, estabilizador na fabricação de sorvetes, excipiente na indústria farmacêutica e substituto do açúcar, gorduras e farinha em alimentos de baixo teor calórico.

Segundo RODRÍGUEZ et al (1999a), o pó de celulose produzido na Cuba-9 é um produto em forma fibrosa ou em pó, obtido a partir de diferentes materiais lignocelulósicos, incluindo o bagaço, usando tecnologias próprias. É aplicado em diferentes setores da indústria química, a biotecnologia e a alimentação animal:

- a) recobrimento de eletrodos de soldura, atuando como elemento de enlace e contribuindo com gases protetores;
- b) portador de enzimas, amortecendo as atividades enzimáticas;
- c) filtração de soluções salinas em fábricas eletroquímicas, atuando como coadjuvante de filtração não mineral;
- d) derivados químicos da celulose, como matéria-prima de excelente qualidade;
- e) artigos plásticos, de borracha e de cerâmica, como recheio de baixa densidade;
- f) filtração de bebidas, licores e sucos naturais, como coadjuvante de filtração;
- g) painéis, tabuleiros e molduras de asbesto-cimento-celulose, como recheio mineralizado e agente de ajuda filtrante;
- h) reinação de açúcar, como agente de enlace;
- i) comprimidos para alimento de peixe, como recheio de baixa densidade e baixas calorias.

Na produção de meios filtrantes, segundo BARQUINERO et al (1999) foi demonstrada a possibilidade da utilização da polpa química branqueada de bagaço como componente principal ou misturada com outros tipos de polpa de madeira, incluindo resíduos têxteis e polpa de materiais de resíduo, com resultados satisfatórios para diferentes aplicações. Os meios filtrantes FILTEC contam com uma ampla gama, para diferentes usos:

Tipos e características dos meios filtrantes produzidos por Cuba-9								
Meio filtrante	Peso básico (g/m ²)	Calibre (mm)	Cinza (%)	Filtrabilidade (l bar)	Tamanho poro máximo (μ)	Tempo filtração (seg)*	Estalo úmido (kph)*	Aplicações
FILTEC 00	900-1000	2.3-2.5	<0.01	1200-1400	30-35	-	-	- Filtração de cervejas. - Pré-filtro para soluções.
FILTEC FF	-	-	-	100-250	16-19	-	-	- Filtração de runs e cervejas.
FILTEC SF	1100-1300	2.1-2.3	35-40	250-450	19-23	-	-	
FILTEC FG	-	-	-	450-800	23-29	-	-	
FILTEC FD	1000-1200	2.6-2.8	35-40	400-600	20-25	-	-	- Filtrações de superior qualidade de runs, cervejas, xaropes açucarados, vinagre, vinho seco, preparados farmacêuticos e biotecnológicos. - Papéis de filtro para FILTEC.
FILTEC AL	310-340	0.8-0.95	<0.01	2000-2100	55-60	-	-	- Filtração de óleos lubrificantes.
FILTEC FR	80-90	0.4-0.5	0.32	RÁPIDA	65-70	13-17	60-65	- Papéis de filtro para FILTEC. - Laboratórios científicos clínicos e industriais, entre outros. - Determinação do pol na indústria açucareira.
FILTEC FM	80-90	0.3-0.4	0.30	MÉDIA	40-45	19-23	60-65	
FILTEC FA	1100-1200	3.5-5.5	-	1500-2500	42-46	-	-	- Pré-filtro clarificante em produções biotecnológicas, químicas, farmacêuticas, e em filtrações massivas de aguardente com carvão
FILTEC PB	130-150	0.4-0.6	<0.01	4000-41000	50-55	-	-	- Filtração de pinturas e vernizes. Em geral, produtos de alta viscosidade não-aquosos.
* só reportado comercialmente para papéis de filtro								

Fonte: BARQUINERO et al (1999)

De acordo com SUÁREZ et al (1999), a capacidade de absorção da lignina do bagaço foi a base no desenvolvimento de diferentes fármacos para o tratamento de transtornos do sistema gastrointestinal. Foi demonstrado que ela é capaz de enlaçar nitratos, substancias cancerígenas, sais biliares, nitrossaminas e sais minerais no intestino, bem como um grande número de microrganismos patogênicos, que é expulso do organismo mediante a defecação. Da mesma forma, conhecem-se muitas outras propriedades biológicas que conferem a lignina capacidade antiviral, anticancerígena, antibiótica e antiparasitária.

A partir da lignina alcalina do bagaço da cana, a União de Pesquisa-Produção da Celulose do Bagaço Cuba-9 criou o medicamento LIGMED-A, que é um derivado químico da lignina do bagaço da cana-de-açúcar, com propriedades enteroabsorventes, usado no tratamento de transtornos digestivos acompanhados de diarreias, em suínos, ovinos e bovinos. Sua ação terapêutica se deve à capacidade que possui para absorver e reter fortemente bactérias patogênicas e tóxicas que se encontram no intestino, as que são expulsas naturalmente pela defecação, modifica o pH do intestino; tem propriedades germicidas, capacidade para atrair radicais livres e poder antioxidante (SUÁREZ et al, 1999).

Segundo CABO et al (1999a), podem ser fabricados tabuleiros elaborados em forma de painéis a partir de partículas de bagaço unidas organicamente com certas condições de temperatura e pressão, entre outras.

Os tabuleiros de bagaço-cimento são aqueles que se fabricam empregando cimento como aglutinante, em vez de resinas sintéticas. Neste tipo de tabuleiro se conjugam as vantagens dos tabuleiros desenvolvidos com resinas sintéticas – boa resistência mecânica e facilidade para o trabalho com máquinas e instrumentos – com vantagens próprias do cimento, isto é, resistência ao fogo, ao ataque de insetos e às condições atmosféricas (ALMAGRO et al (1999). Segundo os autores, esses painéis são muito apropriados para casas pré-fabricadas de baixo custo (casas modulares), edifícios, escolas, instalações industriais e comerciais, rebaixamento de teto, divisões interiores, recobrimentos de proteção contra o fogo, instalações temporárias, etc.

A utilização de tabuleiros ou painéis de fibra de bagaço depende do seu tipo. O tabuleiro isolador é empregado no recobrimento e acabamento de paredes interiores, para isolamento térmico e acústico e acabamento de tetos interiores. Os tabuleiros de fibras duros são usados na construção, para o recobrimento de painéis, assoalhos e tetos interiores, também são usados na indústria do transporte, no recobrimento das paredes de ônibus, trens, navios e carros, bem como em out-doors, elaboração de portas e como material complementar na fabricação de móveis (CABO et al, 1999b).

Por meio de partículas lignocelulósicas aglomeradas, podem ser produzidas armações para rádios, televisores e gravadores, mobílias para cozinhas, assentos e encostos de cadeiras, mesas, portas de armários, caixas moldadas, paletas, coberturas de aquecedores, revestimento para portas e paredes, revestimento interior de tetos, estruturas para fundições na construção e caixões, todos esses são produtos moldados de bagaço segundo CABO et al (1999b).

Tabuleiros de fibras de densidade média (MDF) são produtos em forma de painéis que se obtém mediante o desfibramento do bagaço por meio do tratamento térmico e sob pressão, com aplicação de resina e outros aditivos, em cujo processo de obtenção intervêm a temperatura e a pressão durante um tempo determinado. Esses tabuleiros de fibras de densidade média são utilizados na elaboração de móveis para o lar e escritórios e materiais de construção (CABO, 1999).

O furfural é um aldeído derivado dos pentosanos, que se encontra conjuntamente com a celulose em muitos tecidos das plantas e constitui o elemento principal dos heterocíclicos chamados furanos, os quais se caracterizam por um anel insaturado de quatro átomos de carbono e um de oxigênio. Pelas características químicas que apresenta, o furfural tem um grande número de aplicações na indústria e, na medida em que se desenvolvam novos produtos competitivos, será capaz de achar novos mercados (AGUILERA et al, 1999).

A resina para fundição (Furanicid VII) obtém-se mediante a transformação química por condensação do álcool furfúrico com uréia e formaldeído. Na atualidade, destaca-se a tendência mundial do emprego dessas resinas na tecnologia de fundição pela qualidade das peças fundidas obtidas e pelo incremento da produtividade. Em Cuba, a utilização de aglutinados na indústria de fundição é uma das aplicações com maiores perspectivas de desenvolvimento (DELGADO et al, 1999).

A mistura com tratamento térmico, da resina do furfurool-acetona com asfalto natural (grahamita) e óleos semi-secantes, permite a obtenção de uma substância base, a qual, formulada com recheios, produz um primário anticorrosivo. Os primários anticorrosivos furano-asfálticos podem ser utilizados na indústria como meio de proteção de equipamentos, maquinarias e estruturas metálicas que estão expostas à ação de agentes corrosivos, tais como ácidos, álcalis e o meio ambiente (LÓPEZ & MUNILLA, 1999).

A partir do furfurool podem ser obtidos diferentes produtos farmacêuticos de várias aplicações para a medicina humana e veterinária. Estes produtos são antibacterianos e têm uma ampla utilização. A nitrofurazona para o tratamento de feridas e queimaduras infectadas e para inflamações ginecológicas. A nitrofurantoína para o tratamento de infecções urinárias e a furazolidona, para o tratamento de infecções gastrintestinais (MÉNDEZ et al, 1999).

A maior aplicação do álcool furfúrico, que se obtém por hidrogenação catalítica do furfurool, é na fabricação de resinas furânicas, empregadas fundamentalmente como aglutinante na fabricação de moldes na indústria de fundição (AGUILERA & POUZA, 1999).

A resina de álcool furílico é empregada em laminados plásticos reforçados para confeccionar tanques e tubos, na fabricação de cimentos antiácidos e em recobrimentos e tintas anticorrosivas, para morteiros e argilas (LÓPEZ & MUNILLA, 1999).

Diversos tipos de carvão ativado são mundialmente comercializados para serem utilizados como absorventes em processos de descoloração, proteção química e radiológica, tratamento das águas e dos resíduos, recuperação e purificação de produtos químicos, entre outros. Sendo que o carvão ativado do bagaço, segundo SUÁREZ & TÍO (1999), é um descolorante de alta qualidade e uso variado.

O bagacilho hidrolizado, segundo DELGADO & DELGADO (1999), é um produto que se obtém mediante o tratamento com vapor do bagacilho, com o objetivo de aumentar a sua digestibilidade até 60%, para seu emprego como alimento animal. Sua aparência física é semelhante à do bagaço sem tratamento, mas de cor parda e com um cheiro doce característico. Pode ser empregado na alimentação do gado bovino e de outros tipos de ruminantes. Também é possível usá-lo na alimentação de algumas aves, como o ganso, capazes de consumir quantidades apreciáveis de fibra. O valor nutritivo do produto é dado, essencialmente, pelo teor de carboidratos facilmente assimiláveis (açúcares) e fibra digerível; pode ser completado com proteínas, elementos minerais e vitaminas, de acordo com o tipo de animal a que se destina.

O bagacilho pré-digerido é um alimento fibroso com 53% de umidade e baixa densidade volumétrica, aproximadamente 150 kg/m³. Possui uma digestibilidade de 55 a 60% (b.s.) mediante o tratamento químico com hidróxido de sódio. Emprega-se como alimento volumoso na alimentação de ruminantes. Seu conteúdo de energia metabolizável é de 2,2 Mca/kg (m.s.) e sobre essa base se define a sua participação em rações para diferentes propósitos (aleitamento, engorda, crescimento ou manutenção) (BALBIN & DELGADO, 1999).

O bagacilho pré-digerido com cal (PREDICAL), é utilizado na alimentação do gado bovino e outros ruminantes, bem como na alimentação de aves, como gansos e patos, isto é, aves que podem consumir quantidades apreciáveis de fibra (MITRANE et al, 1999).

Capítulo 3

MATERIAL E MÉTODOS

A valoração econômica ambiental justificada como essencial para interromper a degradação dos recursos naturais requer ainda, por ser uma técnica muito nova, estudos mais profundos, pois os estudos de sua aplicação para internalização nos processos produtivos e para medir os impactos econômicos de atividades agroindustriais são praticamente pioneiros. Assim neste estudo, procurar-se-á analisar os procedimentos e técnicas usados para analisar e valorar o meio ambiente, tendo em vista os efeitos causados por ações antrópicas.

As ações antrópicas a serem analisadas são os efeitos causados ao meio ambiente pela queimada da cana-de-açúcar a ser avaliada em termos econômicos pelo método de valoração econômica.

3.1 - Método de Valoração Econômica

O método de valoração econômica pode ser explicado pela seguinte fórmula genérica:

$$VET = VU + VNU$$

O valor econômico total (VET) de um recurso consiste em seu valor de uso (VU) e em seu valor de não-uso (VNU).

O valor de uso pode ainda ser subdividido em valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO) (valor de uso potencial). O valor de existência (VE) é uma das principais categorias do valor de não-uso.

Substituindo esses conceitos o Valor Econômico Total (VET) pode ser reescrito e definido pela seguinte fórmula:

$$VET = (VUD + VUI + VO) + VNU,$$

onde,

VET	-	Valor Econômico Total
VUD	-	Valor de Uso Direto
VUI	-	Valor de Uso Indireto
VO	-	Valor de Opção
VNU	-	Valor de Não Uso

O valor de uso direto (VUD) é determinado pela contribuição direta que um recurso natural faz para o processo de produção e consumo.

O valor de uso indireto (VUI) inclui os benefícios derivados basicamente dos serviços que o ambiente proporciona para suportar o processo de produção e consumo.

O valor de opção (VO) é a quantia que os consumidores estão dispostos a pagar por um recurso não utilizado na produção, simplesmente para evitar o risco de não tê-lo no futuro.

O valor de uso é atribuído pelas pessoas que realmente usam ou usufruem do meio ambiente em risco, por meio de dados estatísticos. Os valores de uso direto e indireto estão associados com as possibilidades presentes do uso dos recursos. Aquelas pessoas que não usufruem do meio ambiente podem também valorá-lo em relação a usos futuros, seja para elas mesmas ou para gerações futuras. Esse valor é referido como valor de opção, ou seja, opção para uso futuro ao invés do uso presente conforme compreendido no valor de uso. O valor de existência é mais difícil de conceituar, já que representa um valor atribuído à existência do meio ambiente independentemente do uso atual e futuro.

As categorias de valores de não uso (VNU) são o valor de existência (VE) e o valor de legado (VL). Os valores de existência (VE) são aqueles expressos pelos indivíduos, de tal forma que não são relacionados ao uso presente ou futuro dos recursos ambientais pela geração presente e nem pelo possível uso que se possa atribuir em nome da geração futura. O conceito de valor de existência aproxima economistas e ecólogos, o que deverá proporcionar melhor e mais profundo entendimento da questão ambiental, na tentativa de captar todos os valores que um recurso ambiental possa conter. As pessoas atribuem esses valores de acordo com a avaliação que fazem da singularidade e da irreversibilidade da destruição do meio ambiente, associadas à incerteza da extensão dos seus efeitos negativos.

O valor de opção é baseado em quanto os indivíduos estão dispostos a pagar pela opção de preservar um bem para uso pessoal direto ou indireto no futuro.

O valor de legado (VL) excluindo valores próprios dos indivíduos, é o valor que as pessoas derivam do fato de que outras pessoas estarão aptas a beneficiar-se desse recurso no futuro com estes conceitos a fórmula do Valor Econômico Total (VET) pode ser representado pela fórmula, a seguir, mais completa e pelo quadro da figura abaixo.

$$VET = [VUD + VUI + VO] + [VE + VL]$$

As técnicas de valoração monetária do meio ambiente procuram determinar o valor econômico total, não só através do seu valor de uso, mas também pelo seu valor de opção e de existência. Essas técnicas podem ser agrupadas em três conjuntos em função de seus comportamentos e do tipo de mercado que utiliza:

1. mercado convencional: quando os efeitos ambientais são localizados ou específicos, é possível medir diretamente seus impactos negativos em termos de produção sacrificada ou perdida. Por exemplo, a perda de energia gerada na queima da palha da cana-de-açúcar. A perda de lucros, custo de reposição, entre outros;
2. mercado implícito: que considera a disposição do indivíduo em pagar por um serviço ou recurso ambiental, incluindo a possibilidade das pessoas aceitarem serem pagas como compensação por danos ambientais. Por exemplo, custo de viagem e valores de propriedade;

3. mercado construído: mercado artificial, quando a preferência do consumidor é medida em situações hipotéticas. Por exemplo, valor contingente.

Analisando a equação do Valor Econômico Total (VET) e o quadro da figura mostrada acima, verifica-se que o valor de uso direto (VUD) é determinado pelo que pode ser consumido diretamente, ou seja, aquilo que pode ser transformado em alimento, que possui um valor de mercado e pode ser quantificado, a biomassa gerada, que também é um produto, que de alguma forma pode ser quantificado, parte é transformada em algum produto nobre com um valor alto agregado e parte (aparas, cascas e resíduos) com valor mais baixo, que poderiam ser utilizados como combustível ou cobertura do solo.

Devem ser contabilizados também como valor de uso direto os custos adicionais para repor ao meio ambiente a parte retirada, ou seja a reposição da biomassa por exemplo, no caso de extração de árvores, o custo com o replantio e o manejo das mudas até adquirirem o mesmo porte daquela que foi retirada.

São considerados como valor de uso direto, os custos com produtos utilizados para preservação e manutenção do ambiente enquanto estiver desguarnecido devido a extração e a utilização dos produtos naturais, ou seja todos os procedimentos diretamente relacionados a preço de mercado ou produtividade, e são baseados nas relações físicas que descrevem causa e efeito.

Representam métodos que encontram bastante utilização para a valoração do consumo de capital natural, principalmente quando se objetiva a contabilidade de estoques de recursos naturais e sua dedução da contabilidade de renda (nacional ou regional).

Quando os efeitos ambientais são localizados ou específicos, como é o caso da perda de energia gerada pela queima, é possível medir diretamente seus impactos negativos em termos de produção sacrificada ou perdida. Mesmo nos casos mais complexos, é possível medir diretamente alguns impactos ambientais que por si só justifiquem as medidas de controle.

O valor de uso indireto (VUI) normalmente está ligado, como pode ser visto na figura a benefícios funcionais, ou seja, a proteção contra tempestades, o controle de enchentes, o controle de poluição do ar, a proteção dos cursos d'água, a regulação micro climática, o sequestro de carbono e outras atividades, algumas dessas atividades podem ser facilmente valoradas.

O valor de opção (VO) inclui as atividades e os bens de uso futuro, tanto direto como indireto, como a preservação de habitats, a biodiversidade, a melhora do solo, a preservação de certas reservas para serem usadas no futuro.

Um exemplo pode ser dado em uma abordagem para os bens e serviços ambientais associados às florestas tropicais por meio de um quadro sinóptico bastante didático, destacando alguns exemplos de bens e serviços ambientais e os possíveis métodos para captar seus valores.

Valor de Uso			Valor de não-uso
(1) Valor de uso direto	(2) Valor de uso indireto	(3) Valor de opção	(4) Valor de existência
<ul style="list-style-type: none"> - produtos madeiros (madeiras, combustíveis); - produtos não-madeiros (alimentos, medicamentos, utensílios, material genético); - usos educacionais, recreacionais e culturais. 	<ul style="list-style-type: none"> - proteção dos corpos d'água; - redução da poluição do ar; - seqüestro de carbono; - regulação microclimática. 	<ul style="list-style-type: none"> - usos futuros associados a (1) e (2). 	<ul style="list-style-type: none"> - biodiversidade; - valores culturais.
<i>Possíveis abordagens para a valoração:</i>			
<ul style="list-style-type: none"> - custo de viagem; - MVC; - preços hedônicos; - produtividade marginal; - custo de oportunidade; - custo de reposição. 	<ul style="list-style-type: none"> - custo evitados; - gastos defensivos; - produtividade marginal; - custo de reposição; - MVC. 	- MVC	- MVC

Nesse caso o VUD é determinado pelos produtos madeiros, as madeiras vendidas como produto nobre para construção de móveis, batentes e telhados e diversos outros usos, como a fabricação de papel, a utilização como combustível (lenha) para caldeiras de termoeletricas e de olarias, em alguns casos poderiam ser usados como combustível apenas as partes não nobres como a poda (galhos, folhas, cascas e aparas).

O preço da muda e das sementes para reposição das árvores, assim como o plantio e o manejo destas mudas devem também ser computados como valor de uso direto e assim todos os processos apresentados no quadro acima.

O valor de uso indireto (VUI) poderia incluir a proteção de corpos d'água, pois a retirada das árvores provoca uma fragilidade do terreno, que fica sujeito a erosão e assim ao carreamento de sólidos para os cursos d'água, provocando assoreamento e contaminação da água, a valoração inclui o custo a ser pago para recuperação deste curso d'água, quando for o caso.

As árvores seqüestram gás carbônico, elas reduzem portanto a poluição do ar, assim a sua retirada vai implicar nesta perda, que deve ser contabilizada como valor de uso indireto. A regulação climática, como sombreamento e evapotranspiração, que reduzem a temperatura do ar, não será feita e portanto devem ser também consideradas na valoração ambiental.

A importância dos métodos de valoração ambiental decorre não só da necessidade de dimensionar impactos ambientais, internalizando-os à economia, mas também da necessidade de evidenciar custos e benefícios decorrentes da expansão da atividade humana.

Existem duas dificuldades principais envolvidas na avaliação de valores ambientais:

1. A primeira é intrínseca à própria tentativa de quantificação desses valores, uma vez que envolve o bem-estar das pessoas, sendo, portanto, subjetiva.
2. A segunda, para qual as atenções convergem menos, relaciona-se não às limitações dos métodos econômicos, mas à falta de conhecimento técnico dos efeitos ambientais em questão.

Os métodos de valoração procuram estimar valores econômicos, embora, na maioria dos casos, não seja possível estimar separadamente as parcelas do valor mensurado.

Os métodos de função de produção analisam casos onde o recurso ambiental está associado à produção de um recurso privado e geralmente assumem que as variações na oferta do recurso ambiental não alteram os preços de mercado. Os métodos de função de demanda admitem que existe variação da disponibilidade do recurso e altera o nível de bem estar das pessoas e, portanto, é possível identificar as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) das pessoas em relação a essas variações.

Duas variantes desse método podem ser generalizadas: Métodos dos Bens Complementares (preços hedônicos e custo de viagem) e Método da Valoração Contingente (MVC).

Os métodos de valoração de recursos ambientais que se baseiam em preços de mercado de bens privados cuja produção é afetada pela disponibilidade de bens e serviços ambientais, ou que são substitutos ou complementares a esses bens ou serviços. Ou seja, utilizam-se de mercados de recorrência que transacionam bens e serviços privados para derivar preferências associadas ao uso de recursos ambientais. Esses métodos captam alguns valores de uso direto (VUD) e indireto (VUI) na medida em que são associados aos consumos dos bens privados.

A utilização desses métodos para a mensuração de valores de existência é impossível por definição, pois o valor de existência (VE) não se revela por complementaridade ou substituição a um bem privado, uma vez que o valor de existência não está associado ao uso do recurso e, sim, a valores com base unicamente na satisfação altruísta de garantir a existência do recurso.

O valor de opção (VO) normalmente está relacionado com bens de uso direto ou indireto guardados para o futuro e que em geral estão associados à disposição para pagar (medida de valor) que os consumidores atribuem às mercadorias que desejam comprar. Como os serviços ambientais ou o uso futuro dos recursos naturais não têm mercados próprios específicos, identificam-se mercados de recorrência ou mercados hipotéticos nos quais seja possível determinar esses valores.

Além das limitações de um mercado de recorrência ou hipotético para refletir esses valores, existem também as próprias limitações teóricas associadas ao conceito de disposição para pagar. As limitações questionam se os valores assim estimados realmente representam o valor social dos bens e serviços, quando consideradas as distorções e as imperfeições existentes na economia e as questões distributivas. Além disto, o desconhecimento e a desinformação podem gerar bias significativos em qualquer estimativa da disposição para pagar.

Nesses casos é melhor desenvolver o MVC como método de valoração, pois ele pode ser aplicado em um espectro de bens ambientais mais amplo.

Desenvolvendo para o setor sucroalcooleiro um quadro sinóptico semelhante ao apresentado para os serviços ambientais associados às florestas tropicais, pode-se analisar os possíveis métodos para captar os seus valores e conseguir uma valoração ambiental para a abordagem feita nesse trabalho.

Valor de Uso			Valor de não-uso
(1) Valor de uso direto	(2) Valor de uso indireto	(3) Valor de opção	(4) Valor de existência
<ul style="list-style-type: none"> - produção de biomassa (palhicho, pontas, folhas verdes, palha); - produção de bagaço (produção de ração, de móveis, substituição de derivados de petróleo); - economia de água; - redução do uso de herbicidas; - economia no plantio (uma folha a mais). 	<ul style="list-style-type: none"> - redução da poluição do ar (emissão de CO₂); - regulação microclimática; - controle de erosão; - desperdício de água (lavagem de quintais e calçadas, roupas no varal); - seqüestro de carbono; - diminuição da incidência de doenças respiratórias. 	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura do solo (calcinação, compactação); - doenças cancerígenas; - usos futuros associados a (1) e (2). 	<ul style="list-style-type: none"> - biodiversidade.
<i>Possíveis abordagens para a valoração:</i>			
<ul style="list-style-type: none"> - produção sacrificada; - custo de reposição (herbicida, irrigação); - custo de oportunidade (preço do bagaço e da palha, economia no plantio). 	<ul style="list-style-type: none"> - custos evitados (gastos com defensivo); - equivalente da queima (em litros de álcool). 	- MVC	- MVC

O método de valoração deste trabalho consiste na aplicação da equação do valor econômico total (VET):

$$\text{VET} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VNU}$$

para o quadro sinóptico apresentado para o setor sucroalcooleiro, através de informações obtidas e apresentadas na Revisão Bibliográfica.

Capítulo 4

RESULTADOS

O valor econômico total pode ser encontrado pela equação:

$$VET = (VUD + VUI + VO) + VNU,$$

onde, VET - Valor Econômico Total
VUD - Valor de Uso Direto
VUI - Valor de Uso Indireto
VO - Valor de Opção
VNU - Valor de Não Uso.

A perda de energia gerada pela queimada será analisada pelo método de produção sacrificada, pois como se trata de um efeito ambiental localizado e específico, é possível medir diretamente seus impactos negativos em termos de produção sacrificada ou perda (MOTTA, 1995a, e MARGULIS, 1996).

Para se obter a energia gerada pela queima da palha de cana, produção sacrificada, nos canaviais, será utilizada a metodologia usada por SAFFIOTI (1985) adaptando-a para a safra atual. Sendo que o valor obtido por Saffioti se encontra dentro do intervalo dos valores obtidos pela metodologia de ZULAUF et al (1985). Segundo SAFFIOTI (1985):

$$PS = 0,08 \times PT$$

$$EG = PS \times PC$$

onde: EG = Energia gerada na queima da palha em Kcal
PT = Produção total da safra de cana toneladas
PS = Total de Kg de palha seca produzida na safra
PC = Poder Calorífico da palha seca (4100 Kcal/Kg)

Desenvolvendo um quadro sinóptico semelhante ao apresentado por BISHOP et al (1992) in YOUNG & FAUSTO (1997) para bens e serviços ambientais associados às florestas tropicais, poder-se-ia analisar os possíveis métodos para captar os seus valores e conseguir uma valoração ambiental para a abordagem feita nesse trabalho para o setor sucroalcooleiro.

Valor de Uso			Valor de não-uso
(1) Valor de uso direto	(2) Valor de uso indireto	(3) Valor de opção	(4) Valor de existência
<ul style="list-style-type: none"> - produção de biomassa (palhico, pontas, folhas verdes, palha); - produção de bagaço (produção de ração, de móveis, substituição de derivados de petróleo); - economia de água; - redução do uso de herbicidas; - economia no plantio (uma folha a mais). 	<ul style="list-style-type: none"> - redução da poluição do ar (emissão de CO₂); -regulação microclimática; - controle de erosão; - desperdício de água (lavagem de quintais e calçadas, roupas no varal); - seqüestro de carbono; - diminuição da incidência de doenças respiratórias. 	<ul style="list-style-type: none"> - estrutura do solo (calcinação, compactação); - doenças cancerígenas; - usos futuros associados a (1) e (2). 	<ul style="list-style-type: none"> - biodiversidade.
Possíveis abordagens para a valoração:			
<ul style="list-style-type: none"> - produção sacrificada; - custo de reposição (herbicida, irrigação); - custo de oportunidade (preço do bagaço e da palha, economia no plantio). 	<ul style="list-style-type: none"> - custos evitados (gastos com defensivo); - equivalente da queima (em litros de álcool). 	- MVC	- MVC

4.1 - Valor de Uso Direto

A cana-de-açúcar é a principal fonte geradora de recursos financeiros da área agrícola do Estado de São Paulo, e uma das principais do Brasil. Esta cultura ocupa, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (safra 2002), uma área de 5.061.531 hectares do território brasileiro. Segundo Gentil Ferreira Filho, Gerente Geral da Usina Estivas, localizada em Arez, RN, em estágio realizado pela autora na Usina, a cana-de-açúcar cortada crua economiza uma irrigação por safra, ou seja, 50 mm de água em um hectare. Sendo que 1 mm equivale a R\$ 2,40, a economia seria de R\$ 120,00 por hectare.

$$1 \text{ ha} \Rightarrow 50 \text{ mm} \Rightarrow \text{R\$ } 120,00$$

$$5.061.531 \text{ ha} \Rightarrow 253.076.550 \text{ mm} \Rightarrow \text{R\$ } 607.383.720,00$$

Os herbicidas que são utilizados no cultivo convencional da cana, segundo FERRAZ et al (2000), são virtuais poluentes do solo, da água de superfície e subterrânea, do trabalhador rural e das culturas e vegetação natural no seu entorno, incluindo a biota do solo e fauna em geral. Principalmente quando a aplicação é realizada através de aviões, de forma que a deriva é maior, podendo atingir quilômetros de distância. Segundo Gentil Ferreira Filho, Gerente Geral da Usina Estivas, a cana-de-açúcar cortada crua economiza uma aplicação de herbicida (HB) por safra. Utilizando o herbicida DIUROM como referência, e sendo necessários 6 litros do produto por hectare, a um custo de 3,50 dólares por litro - considerando 1 dólar = R\$ 3,65 (aproximadamente R\$ 12,50 o litro), a economia seria de R\$ 75,00 por hectare.

$$\begin{aligned} 1 \text{ ha} &\Rightarrow 6 \text{ litros} \Rightarrow \text{R\$ } 75,00 \\ 5.061.531 \text{ ha} &\Rightarrow \text{R\$ } 379.614.825,00 \end{aligned}$$

Utilizando o herbicida AMETRINA como referência, e sendo necessários 6 litros do produto por hectare, a um custo de 4 dólares por litro (aproximadamente R\$14,60 o litro), a economia seria de R\$ 87,60 por hectare.

$$\begin{aligned} 1 \text{ ha} &\Rightarrow 6 \text{ litros} \Rightarrow \text{R\$ } 87,60 \\ 5.061.531 \text{ ha} &\Rightarrow \text{R\$ } 443.390.115,60 \end{aligned}$$

Utilizando o herbicida TEBUTIUROM como referência, e sendo necessários 3 litros do produto por hectare, a um custo de 20 dólares por litro (aproximadamente R\$ 73,00 o litro), a economia seria de R\$ 219,00 por hectare.

$$\begin{aligned} 1 \text{ ha} &\Rightarrow 3 \text{ litros} \Rightarrow \text{R\$ } 219,00 \\ 5.061.531 \text{ ha} &\Rightarrow \text{R\$ } 1.108.475.289,00 \end{aligned}$$

Segundo FURLANI NETO (1995), uma vantagem econômica importante da quantidade de palhço residual da colheita mecânica de cana crua que permanece sobre o terreno, é que o mesmo, permanecendo uniformemente distribuído pelo terreno, favorece um controle das ervas invasoras, permitindo uma redução drástica no uso de herbicidas, obtendo uma economia de 10% em relação às áreas queimadas.

Ainda segundo Gentil Ferreira Filho, a cana-de-açúcar cortada crua economiza uma folha a mais, a qual é o equivalente a um corte a mais (economia de R\$ 400,00 / ha).

$$\begin{aligned} 1 \text{ ha} &\Rightarrow \text{R\$ } 400,00 \\ 5.061.531 \text{ ha} &\Rightarrow \text{R\$ } 2.024.612.400,00 \end{aligned}$$

Considerando a produção nacional da safra 2002 (360.556.436 toneladas de cana e uma área cultivada de 5.061.531 hectares – Fonte IBGE em 15/11/2002), a cobertura da palha da cana economiza:

- uma irrigação (50 mm / ha) = R\$ 120,00 / ha $\Rightarrow$ R\$ 607.383.720,00
- uma aplicação de herbicida (15 litros) = R\$ 381,60 / ha $\Rightarrow$ R\$ 1.931.480.230,00
- uma folha a mais = R\$ 400,00 / ha $\Rightarrow$ R\$ 2.024.612.400,00

A energia gerada pela queima da palha de cana, produção sacrificada, nos canaviais, adaptando-a para a safra atual (2002) - 360.556.431 toneladas de cana (IBGE em 15/11/2002):

$$PS = 0,08 \times PT$$

$$EG = PS \times PC$$

onde: EG = Energia gerada na queima da palha em Kcal
PT = Produção total da safra de cana toneladas
PS = Total de Kg de palha seca produzida na safra
PC = Poder Calorífico da palha seca (4100 Kcal / Kg)

$$PS = 0,08 \times PT = 0,08 \times 360.556.431 = 28.844.514,48 \text{ t} = 28.844.514.480 \text{ Kg}$$

$$EG = PS \times PC = 28.844.514.480 \times 4100 = 118.262.509.368.000 \text{ Kcal}$$

$$EG = 118.000 \text{ gigacalorias}$$

Produção de bagaço:

- uso do bagaço na preparação de rações $\Rightarrow$ lucro = R\$ 40,00 / ton;
- hidrólise: produção de furfural e álcoois;
- produção de papel e celulose;
- coque vegetal;
- carvão ativado;
- insumo energético;
- produção de aglomerados;
- fertilizante natural.

Segundo Luiz Carlos da Silva, responsável pelo controle de qualidade da Usina Vale do Rosário, os valores do bagaço, na produção de 75 ton/hectare de cana-de-açúcar, são:

- Produção de bagaço equivalente a 300 Kg por tonelada de cana (incluindo a umidade), a um custo nulo. O preço de venda do bagaço é igual a R\$ 30,00 / ton.
- uso do bagaço na preparação de rações:
 - Custo da ração a partir do bagaço é igual a R\$ 75,00 / ton.
 - Preço da ração a partir do bagaço é igual a R\$ 115,00 / ton.
 - Quantidade utilizada de bagaço: Ração = 50% de bagaço.
- insumo energético (produção de energia por tonelada de bagaço):
 - Preço de venda da energia elétrica produzida pelo bagaço é igual a R\$ 65,00 MWH
 - Quantidade utilizada de bagaço: Energia = 7,2 Kg de vapor / KWH
 - Energia produzida: Energia = 1.790.000 kcal/ton

4.2 - Valor de Uso Indireto

- gás carbônico na atmosfera;
- lençol freático;
- eficiente mecanismo de controle da erosão;
- aumento da quantidade de matéria orgânica no solo;
- aumento e manutenção do grau de umidade do solo;
- vida microbiana do solo, em termos orgânicos evita adubos;
- eliminação de ervas daninhas.

As externalidades ambientais positivas existentes na produção e uso do álcool etílico combustível, e a necessidade dos países desenvolvidos de reduzir suas taxas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) possibilitam que a agroindústria canavieira tente atrair capital externo para financiar o abatimento conjunto das emissões (MORAES, 1999).

Duas usinas do sudeste já estão negociando os créditos de carbono, a Usina Vale do Rosário, Morro Agudo-SP, e a Usina Santa Eliza. Embora o mercado de carbono ainda não exista oficialmente, a Vale do Rosário - que hoje comercializa o equivalente a 30 megawatts (MW) de capacidade instalada - poderia receber até US\$ 3,22 milhões, com base em ofertas já existentes no mercado internacional.

MACEDO (1997) calculou a contribuição da agroindústria canavieira para a redução das emissões de carbono na atmosfera, a partir do balanço entre o aumento da taxa de CO₂ na atmosfera decorrente do uso de combustíveis e insumos de origem fóssil utilizados na produção agrícola e industrial, e as reduções devido à substituição do etanol pela gasolina e à substituição do óleo combustível pelo bagaço de cana, tanto na produção de açúcar como de outros produtos industriais. O balanço das emissões líquidas de CO₂ equivalente em 1996 está mostrado a seguir.

Balanço das emissões líquidas de CO ₂ (equiv.) devido à produção de cana-de-açúcar e utilização de etanol - 1996	
	10 ⁶ tC (equiv.)/ano
Uso de combustíveis fósseis na agricultura	+1,28
Emissões de metano (queima de cana-de-açúcar)	+0,06
Emissões de N ₂ O do solo	+0,24
Substituição da gasolina por álcool	-9,13
Substituição de óleo combustíveis por bagaço (indústria de alimentos e química)	-5,20
Contribuição líquida	-12,74

Fonte: Macedo(1997)

O balanço líquido das emissões na agroindústria canavieira e com o uso do etanol é bastante favorável, tendo sido evitadas emissões de 12,74 x 10⁶ toneladas de carbono no ano de 1996, que equivalem a 46,7 x 10⁶ toneladas de CO₂, o que corresponde a aproximadamente 20% de todas as emissões de combustíveis fósseis no Brasil.

A partir de dados observados em YOUNG & FAUSTO (1997), tem-se um valor de US\$ 5,00 por tonelada de carbono representando a menor estimativa do custo social da emissão de carbono e US\$ 165,00 por tonelada de carbono representando a maior estimativa. Multiplicando-se a capacidade de seqüestro de carbono da agroindústria canavieira, que é de 46,7 x 10⁶ pela maior estimativa do custo social, chega-se a um valor referente ao serviço de seqüestro de carbono da agroindústria canavieira de US\$ 7,70 bilhões por ano. Valor equivalente ao estimado por CORSINI (2002) (US\$ 7,18 bilhões por ano de arrecadação com a venda de cotas de emissão de CO₂). Sendo uma forma de internalizar os custos ambientais de uma eventual mudança climática.

A queimada contribui para o aumento da infestação da broca da cana, principal praga da cultura, pois elimina seus inimigos naturais (mosca Cubana e mosca do Amazonas), como consequência, há a necessidade do uso de adubação química e de herbicidas, que afetam a microflora do solo e contaminam o lençol freático e os mananciais. Com o corte de cana crua esses custos serão evitados.

Com a queima, segundo FERRAZ et al (2000), a produtividade do trabalho do cortador aumenta de 2 para 5 toneladas por dia. Os custos de carregamento e transporte também são reduzidos e aumenta a eficiência das moendas que não precisam interromper seu funcionamento para a limpeza da palha.

Uma máquina corta 400 toneladas de cana crua, o que equivale a 200 homens cortando cana crua, ou 40 homens cortando cana queimada. Em compensação é utilizado por máquina:

- 2 operadores;
- 4 bituqueiros;
- 1 mecânico / eletricitista / soldador;
- 0,5 encarregado (técnico);
- mais pessoal da fábrica e equipamentos (indiretos).

Através do levantamento de custo da Usina Estivas S/A, departamento agrícola, foi constatado que o custo da colheita mecanizada equivale a US\$ 5,32/ton, contra US\$ 7,37/ton da colheita manual de cana crua e US\$ 4,14/ton da colheita manual de cana queimada.

Com a queima a produtividade do trabalho equivale a 200 homens cortando cana crua, ou 40 homens cortando cana queimada. Segundo Maurício Barreto, vice-presidente do Sindicato dos Trabalhadores Rurais de São Carlos, o piso salarial da categoria a partir de 01/05/01 é de R\$ 255,20, o que equivale a R\$ 8,50 por dia e R\$ 1,16 por hora.

⇒ Hora Rodoviária (1 hora de viagem por dia) = R\$ 1,16 + 50%

⇒ Hora Extra: duas primeiras = R\$ 1,16 + 50%
acima = R\$ 1,16 + 70%

⇒ Adicional Noturno = R\$ 1,16 + 30%

⇒ Por tonelada de cana queimada com baixa produtividade = R\$ 1,63

⇒ Por tonelada de cana queimada com alta produtividade = R\$ 1,54

As entidades de classe dos trabalhadores rurais, já em 1991, de acordo com RIPOLI et al (1995), fecharam questão contra o corte manual em cana crua alegando, com toda a justeza, a queda de ganho por parte do trabalhador, que recebe por produção diária. Porém existem outros fatores a serem considerados e que também são de importância fundamental. O corte manual da cana crua (ou verde) leva a ocorrência de:

- Aumento do desgaste físico do trabalhador. Portanto, será necessário, por parte das usinas que forneçam reforço alimentar no campo, propiciarem um novo e mais consistente complemento. As agroindústrias que ainda não oferecem esse tipo de programa deverão implementá-lo.
- Aumento nos riscos de ataque de animais peçonhentos.
- Aumento no número de acidentes ocasionados pela ação de corte no meio da palhada, o que obrigará as usinas a fornecerem novos e melhores equipamentos de proteção individual (EPI). E pelo lado dos trabalhadores braçais, os mesmos terão que se adaptar a esses equipamentos. Atualmente, ainda ocorrem resistências ao uso dos já existentes.
- Reajustes nos preços pagos por tonelada colhida deverão ser efetuados, a fim de que o trabalhador não tenha diminuição em seu ganho diário.
- Tanto para corte manual, como para o mecanizado, os melhoristas deverão buscar variedades com características genéticas que forneçam despalha mais fácil, e para corte manual, com menos joçal.

Mas como é observado por GOULART (1998), o processo do corte de cana está em processo acelerado de implantação. Isso revela:

1. que o setor empresarial tem capacidade econômico-financeira para investir na mudança de tecnologia;
2. que essa tecnologia está disponível no mercado;
3. que a questão social levantada (desemprego dos trabalhadores que cortam cana) não compõe, na verdade, a pauta de preocupações do empresariado.

Fato esse que é comprovado pelos baixos salários, onde a maioria nem recebe integral, pois parte do salário fica na mão dos “gatos”¹, e pelas condições sub-humanas de trabalho. Nesse clima de *apartheid social* (conforme GOULART, 1998), esses trabalhadores são obrigados a migrar para periferias dos centros urbanos e a submeter-se ao regime de superexploração do trabalho, baixa remuneração como já demonstrada, e exposição da saúde e da vida a perigo. Eternas vítimas da manipulação política, esses trabalhadores não têm acesso efetivo à informação e aos bens culturais. Além desses problemas, há a questão do trabalho infantil, que para aumentar o orçamento familiar, são obrigados a ingressar prematuramente nessa profissão semi-escrava. Reproduzindo-se, assim, mão-de-obra barata e dócil.

¹ Os trabalhadores rurais são contratados por empreiteiros, os chamados “gatos”, que se apropriam de parte do pagamento. Atualmente, o empreiteiro é o representante direto do patrão, o formador das turmas de trabalho, e o responsável por alojar os trabalhadores migrantes e transportá-los até o local da colheita. Sendo eles que negociam os contratos com as Usinas. Existem também firmas especializadas nessa contratação, que ficam com 35% do pagamento destinado ao trabalhador e não se responsabilizam pelo registro em carteira (GONÇALVES, 2002).

Capítulo 5

DISCUSSÃO

Os graves problemas que a humanidade tem hoje, segundo Luis O. Galvez Taupier, diretor do ICIDCA, são de três tipos: o primeiro lugar em gravidade é o alimento, o segundo é o meio ambiente e o terceiro a energia. Nos três fenômenos, a cana constitui uma matéria-prima ideal para as condições do próximo século, pois é possível produzir energia e alimento, sem contaminar o meio ambiente, caso se evite a queimada na pré-colheita, utilizando todos os resíduos e convertê-los em derivados (JORNALCANA, 1999).

Segundo COPERSUCAR (2000), dependendo de condições específicas do canavial, tais como: localização, variedade, estágio de corte, época de colheita, clima e outros aspectos associados, o equilíbrio entre a somatória das vantagens e desvantagens da permanência da palha na área pode ser alterado, tornando-se até mesmo recomendável, em alguns casos, sua remoção total.

A possibilidade de que a palha venha a ser utilizada como combustível para a geração de energia elétrica, torna oportuna a definição de áreas ou situações nas quais a remoção da palha, mesmo que parcial, possa beneficiar direta ou indiretamente o sistema de produção da cana-de-açúcar.

Com base nas informações e conhecimentos adquiridos através da experimentação da COPERSUCAR (2000) e observações realizadas, indica-se as situações nas quais a palha:

➤ **deverá ser removida**

- Imediatamente após a colheita, em canaviais situados nos limites de áreas densamente povoadas ou rodovias movimentadas, que apresentem antecedentes de incêndios acidentais ou propositais freqüentes na palha, após as colheitas;
- Após a colheita de canaviais localizados em áreas propensas à ocorrência de tempestades elétricas, normalmente em altiplanos¹ e sobre rochas de origem vulcânica², com histórico de incêndios freqüentes causados por raios;
- Antes da reforma de canaviais situados em áreas reconhecidamente infestadas por pragas de solo (*Sphenophoros levis*, por exemplo), cujo controle populacional exija a eliminação total de touceiras remanescentes e de resíduos vegetais, através do revolvimento freqüente da camada arável do solo;
- Depois da colheita dos canaviais cultivados em regiões com inverno muito úmido, com ocorrência de chuvas freqüentes durante o período de safra, principalmente se plantados em solos com drenagem interna impedida ou deficiente.

➤ **poderá ser removida, após avaliação técnica e econômica**

- Depois da colheita, em canaviais com variedades que apresentem redução significativa da produtividade e/ou longevidade em decorrência de ter sua brotação comprometida pela palha;
- Após a colheita, em locais ou regiões com elevada incidência de pragas da cana, que se abriguem ou multipliquem na palha e que sejam favorecidas por maiores teores de umidade (ou ainda pelo enraizamento superficial mais pronunciado que a palha estimulada), como a cigarrinha da raiz da cana-de-açúcar (*Mahanarva fimbriolata*), na ausência ou inexistência de controle biológico eficaz;
- Antes da reforma de canaviais onde exista algum impedimento de ordem operacional para a utilização do sistema reduzido de preparo do solo (falta de equipamento adequado, desconhecimento da prática, entre outros).

¹ **Altiplano:** situação topográfica de áreas com relevo plano, isoladas em posição elevada em relação às áreas adjacentes.

² **Rochas de origem vulcânica:** rochas magmáticas intrusivas ou extrusivas, como o basalto.

➤ **poderá ser parcialmente removida:**

- Em área total, durante ou após a colheita, nos canaviais que produzam quantidades excessivas de palha (superiores a 15 t/ha como matéria seca, por exemplo), deixando-se o restante dos resíduos vegetais uniformemente distribuídos sobre o solo;
- Após a colheita, em uma faixa de largura de aproximadamente 60 cm sobre as linhas da soqueira, em canaviais plantados com variedades cuja produtividade seja prejudicada pela brotação deficiente sob a palha.

Todas as práticas relacionadas, que impliquem na remoção da palha deixando o solo parcial ou totalmente exposto, exigem a utilização de sistemas químicos ou físicos de controle das plantas daninhas.

De acordo com estudos realizados pela Copersucar, ao deixar no campo cerca de 7,5 t/ha de massa foliar (em matéria seca), e o restante transportado na carga, essa quantidade de massa vegetal, deixada no campo é suficiente para produzir o efeito herbicida, que inibe o desenvolvimento de plantas daninhas sem a necessidade de aplicação de herbicida. O restante da massa vegetal é transportado na carga e posteriormente separado pela estação de limpeza a seco na usina, para fins de aproveitamento energético.

A quantidade de resíduos da colheita da cana é dependente de diversos fatores, COPERSUCAR (1999a), tais como: sistema de colheita (cana queimada ou sem queimar), altura de corte dos ponteiros, variedade, idade da cultura, estágio de corte, situação climática, entre outros. Poucos estudos visando a quantificação da biomassa da palha (folhas secas, folhas verdes e ponteiros) da cultura de cana-de-açúcar foram realizados até o momento, em razão de usualmente esse material ser queimado para facilitar a colheita. Alguns pesquisadores realizaram amostragens para a quantificação dos resíduos de colheita, visando, principalmente, a obtenção de estimativas do seu potencial energético. A maioria desses trabalhos não cita os teores de umidade dos resíduos amostrados. Além disso, os resultados obtidos apresentam uma variação muito grande nas estimativas desses resíduos, muito provavelmente pela variação dos fatores anteriormente citados (variedade, idade, clima, entre outros), justificando novos estudos e o estabelecimento de metodologias para tal avaliação.

COPERSUCAR (1999c) cita que são estimados em aproximadamente 42,2 milhões de toneladas o potencial de resíduos agrícolas da cana-de-açúcar produzida no Brasil, sendo que a maior parte atualmente queimada antes da colheita. Considerando-se que no futuro a maior parte da produção de cana será colhida sem queimar e levando-se em conta a capacidade de recolhimento das enfardadoras, a eficiência de separação de palha na lavoura (colhedoras) e a eficiência de separação de palha na indústria (estação de limpeza a seco), teremos um total de biomassa disponível entre aproximadamente 17,6 e 19,3 milhões de toneladas (sem considerar o bagaço). A alternativa de separação da palha no campo, com posterior recolhimento com enfardadora apresentou uma disponibilidade de biomassa igual a 19,3 milhões de toneladas, superior à alternativa de somente separar a palha na indústria, através da estação de limpeza a seco, que apresentou uma disponibilidade de 17,6 milhões t.

Com essa disponibilidade de 19,3 milhões de toneladas de palha a ser usada nas caldeiras para fornecimento de energia elétrica em substituição ao bagaço, e o potencial de uso para os diversos derivados de bagaço citados na tese, pode-se afirmar que num futuro próximo os usineiros estarão mais atentos as pesquisas e a novas perspectivas de mercado para o setor sucroalcooleiro.

A biomassa, de acordo com GRASSI (1994), sendo a fonte mais versátil e mais largamente disponível de recursos energéticos, merece ser levada na mais alta consideração, devendo ser avaliada detalhadamente sob três ângulos principais:

- aspecto econômico;
- aspecto ambiental (do meio ambiente);
- aspecto social.

Analisando o aspecto econômico, descobre-se que ele não é uma motivação menor para o desenvolvimento da idéia da biomassa. O quadro a seguir, tomando como exemplo a União Européia, mostra como é vantajoso importar combustíveis de baixo custo em vez de explorar recursos internos bem mais caros.

União Européias (estimativa)	
- PIB	6 trilhões de ECU
- Custo de energia importada (50% das necessidades)	70 bilhões de ECU
- Participação da energia no PIB (incluindo mais valia para conversão e distribuição)	500 bilhões de ECU

Levando-se em conta o aspecto ambiental, a produção e utilização da biomassa devem constituir-se em forte motivação, mesmo porque a União Européia se comprometeu, na Conferência “Rio-92”, a estabilizar sua emissão de CO₂ até o ano 2000 ao nível de 1990. Além do mais, os custos social e macroeconômico devidos à poluição causada pela energia convencional são significativos (embora também aumentem o PIB). Por outro lado, as fontes energéticas naturais e renováveis, inclusive os sistemas fechados de biomassa, não produzem CO₂ nem SO₂.

A grave degradação social atual deve ser motivação importante para a exploração em larga escala de energias renováveis e da biomassa, em especial. A longo prazo, esta última, com perspectivas de talvez substituir totalmente as importações de petróleo e a gradativa absorção do desemprego na agricultura da União (cerca de 4 a 7 milhões de pessoas). No que diz respeito ao setor da bioeletricidade, há possibilidade de criar empregos na zona rural, mostrado no figura a seguir (GRASSI, 1994):

Produção de eletricidade e criação de empregos	
Para 1 MWE	<ul style="list-style-type: none">- 5.5 Empregos diretos Restrito à operação dos sistemas- 12 Empregos + indiretos- 25 Empregos diretos + indiretos inclusive na indústria de transformação

Com a chegada do gás natural no Brasil (gasoduto Brasil-Bolívia), este é um combustível mais barato para a geração de energia do que o bagaço, devendo este último ser destinado para a produção de papel, a qual necessita de uma grande quantidade deste sub-produto da cana. Contudo, não se deve abandonar o ideal de parte do bagaço ser destinado para a geração de energia (JORNALCANA, 1999).

GONÇALVES (2002), cita que 81% das usinas brasileiras estão priorizando os investimentos na área de co-geração de energia elétrica. Dados de uma pesquisa do Jornalcana em outubro de 2000, demonstram que, com a redução do consumo de vapor pelas empresas, por intermédio da otimização dos processos e substituição de equipamentos, a expectativa é ampliar em 46 % o volume de energia co-gerado pelas unidades produtoras brasileiras.

Segundo José Zatz - coordenador da Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, o Governo do Estado de São Paulo e os empresários do setor sucroalcooleiro assinaram o Programa e os Contratos de cogeração de energia elétrica, em 1993, que permitirão ao setor elétrico dessa unidade da Federação acresça à sua unidade mais 3000 MW (megawatts) até 2008. Essa potência equivale a 5 usinas nucleares de Angra dos Reis, sem os vultuosos investimentos e sem os riscos ambientais que estas carregam (ZATZ, 1993).

Os últimos grandes potenciais hidroelétricos economicamente aproveitáveis do Estado de São Paulo encontram-se em seu extremo oeste, onde estão sendo construídas as usinas de Taquaruçu, Rosana, Porto Primavera e Três Irmãos. As novas opções de suprimento serão as usinas de médio e pequeno porte com um alto custo por KWh instalado ou a instalação de centrais termoeletricas (ZATZ, 1993).

A cana para crescer, absorve CO_2 , que é o contaminante que está criando problemas ambientais (problemas de efeito estufa). A cana não serve somente para produzir açúcar e álcool. A cana deve ser utilizada para produzir todas as alternativas que sejam economicamente viáveis. Da cana é possível obter uma grande variedade de rações para gado bovino e suíno, tendo a visão de produzir o derivado até o maior valor agregado possível (JORNALCANA, 1999). Outra aplicação é a produção de aglomerados, mas não somente o aglomerado, e sim, móveis, onde o valor agregado é multiplicado por 5 e por tratar de móveis de fácil manuseio e fabricação. O mesmo acontece com a produção de papel. Para aumentar o valor agregado, deve-se fazer o papel resmado, e não o papel em bobina.

Nos últimos anos a indústria sucroalcooleira brasileira vem se mobilizando no sentido de buscar produtos alternativos derivados de seus produtos tradicionais ou a partir de subprodutos da fabricação destes. Os produtos alternativos e de alto valor agregado provenientes da cana-de-açúcar são inúmeros. Entretanto, é importante que seja feito um esclarecimento no que diz respeito à diferença entre subprodutos da produção da cana e álcool e os outros produtos obtidos a partir da matéria-prima cana-de-açúcar e/ou derivados (ANDRIETTA, 1998).

O subproduto, segundo o mesmo autor, é o material residual do processamento, o qual pode ser comercializado em função da demanda do mercado. Um exemplo disto é a levedura seca que em consequência do grande aumento do volume de álcool produzido passou a ser obtida de forma que seu excedente tornou viável a instalação de unidade de secagem deste material, para fins de alimentação animal.

Novos produtos são frutos de trabalhos de pesquisa para desenvolvimento de novas tecnologias que visam transformar os produtos da cana-de-açúcar (sacarose, etanol, mel, bagaço, etc.) em outros de maior valor agregado. Este trabalho deve envolver centros de pesquisas, setor produtivo e empresas vinculadas ao desenvolvimento de mercado (ANDRIETTA, 1998).

MAY (1995) comenta que a Agenda 21 - o acordo básico elaborado durante as deliberações da ECO - 92 (CNUMAD) no Rio de Janeiro em junho de 1992 - está permeada de referências quanto à necessidade da internalização dos custos ambientais nos preços dos *commodities*, da terra e dos recursos de propriedade comum. Se a internalização for desejável, as externalidades devem estar presentes: os economistas ecológicos definem essas como efeitos indiretos de ações individuais sobre o bem-estar comum. Dentre esses efeitos indiretos ambientais resultantes de processos desenvolvimentistas pode-se enumerar a crescente queima de combustíveis fósseis e biomassa, como a palha da cana-de-açúcar, por exemplo, contribuindo assim para a poluição do ar, doenças respiratórias, danos florestais e em plantações e para o efeito estufa.

A teoria neoclássica de alocação pressupõe que o capital natural pode ser substituído infinitamente pelo capital material (feito pelo Homem) (MAY, 1995). A análise econômica neoclássica se esforça para confiar ao mercado a resolução dos problemas do meio ambiente (TOLMASQUIM, 1995).

Dentre os principais obstáculos práticos para a implementação da valoração econômica, segundo TOLMASQUIM (1995), são:

- A complexidade de certos métodos;
- A falta de dados de base;
- As incertezas devidas às características inerentes à técnicas, tais como as avaliações contingentes;
- As dificuldades de adequação a contextos socioculturais (por exemplo, as pesquisas sobre o consentimento de pagar são talvez melhor adaptadas ao contexto dos países anglo-saxões e dificilmente aplicáveis aos países em desenvolvimento);
- Sua operacionalização real supõe, com efeito, que os agentes pesquisados encontram um sentido para as questões (traduzir a qualidade de vida em equivalente monetário demanda um certo encadeamento ou um trabalho sistemático de comparação, fastidioso e fracamente explicativo);

- Pressupõe-se ainda que os agentes digam o que pensam (pode-se imaginar que as pessoas pesquisadas fazem uma leitura "política" do questionário e tendenciam deliberadamente as respostas);
- E, enfim, que elas fazem o que dizem (o que não dará credibilidade certamente a nenhum psicólogo).

Segundo COMUNE (1994), convém ressaltar que a teoria neoclássica não é inteiramente satisfatória para tratar dos problemas do meio ambiente. As dificuldades provêm dos seguintes aspectos:

1. A análise econômica neoclássica se baseia nos valores monetários do mercado, mas o meio ambiente não têm "cotação" neste mercado;
2. O princípio de soberania do consumidor é um dos conceitos básicos da construção do sistema neoclássico, mas a demanda de meio ambiente não é levada em consideração;
3. O patrimônio natural não é também levado em consideração, uma vez que a análise destaca preponderadamente os fluxos.

A despeito das críticas e das posições contrárias de alguns autores, o enfoque neoclássico tem um papel importante a desempenhar no controle dos problemas ambientais. Mesmo que tal enfoque não seja perfeitamente adequado para todas ou para a maioria das situações da realidade, ele permite que muitos aspectos sejam tratados. Importa, então, utilizar o instrumental disponível, com a consciência de suas limitações e com a devida qualificação dos resultados obtidos (COMUNE, 1994).

Os desenvolvimentos teóricos mais importantes e necessários para o aprimoramento do instrumento neoclássico relacionam-se ao problema da revelação das preferências e das estimações dos danos e dos benefícios no domínio do meio ambiente. Consideráveis progressos vêm sendo obtidos nos últimos anos, mas ainda restam muitos objetivos a serem alcançados.

Se no passado a economia condicionou a utilização do meio ambiente, sem se preocupar com a degradação e exaustão de seus recursos, atualmente parece ser o meio ambiente que deve condicionar a economia. O que se pode esperar da qualidade de vida no futuro, se a degradação continuar a avançar no mesmo ritmo das últimas décadas? A resposta, segundo COMUNE (1994), para tal questão depende daquilo que for feito para controlar e planejar a atividade do Homem mas, se a dinâmica do processo não se alterar, é muito provável que o Homem se veja obrigado a viver em ambientes cada vez mais poluídos e perigosos à sua própria sobrevivência.

As formas sustentáveis de desenvolvimento representam uma atitude diferente, pois conseguem elevar o padrão de vida da geração atual, sem destruir a base de recursos naturais e ambientais da qual depende toda a atividade econômica. Para alcançarmos essa sustentabilidade, é necessário incorporar bens e serviços do ecossistema em nossa contabilidade econômica, atribuindo-se valores comparáveis àqueles dos bens e serviços econômicos.

A valoração permite identificar e ponderar os diferentes incentivos econômicos que interferem na decisão dos agentes em relação ao uso dos recursos naturais, considerando-se as limitações metodológicas, as questões da subjetividade implícita, a importância da escala, e a definição do objeto de estudo a ser valorado.

Deve-se observar a multiplicidade do valor: diferentes exercícios de valoração podem levar a resultados distintos, conforme o objetivo/metodologia empregados. Tal multiplicidade não diminui a importância da valoração como técnica de análise, mas alerta para a não-neutralidade do valor (cada resultado é influenciado pela perspectiva na qual o pesquisador efetuou seu estudo) (YOUNG & FAUSTO, 1997).

O fato dos métodos de valoração abordarem diferentes construções teóricas e a possível inconsistência na comparação dos distintos valores criam dúvidas quanto à existência de um valor único absoluto. A parcela do valor econômico total relativa ao valor de existência estaria relacionada justamente com a disposição a pagar dos indivíduos associada a aspectos morais e altruístas desprovidos de qualquer intenção de uso, presente ou futuro. A idéia do valor de existência, (YOUNG & FAUSTO, 1997), levanta questões como a própria capacidade de uma medida monetária expressar aspectos morais e altruístas associados ao meio ambiente e se a disposição a pagar seria a forma mais apropriada de captar esses aspectos.

Segundo GOULART (1998), todo aquele que, direta ou indiretamente, promove e/ou permite, de qualquer modo, queimadas em áreas de sua propriedade e cultivo, deve ser compelido a reparar os danos causados ao meio ambiente (indenização pecuniária pelo dano ambiental), bem como a cessar essa atividade nociva (obrigação de não fazer). A ação civil pública deve conter ao menos esses dois pedidos.

Assim, torna-se necessária a fixação do valor da indenização, devendo-se partir de dados objetivos, como a fórmula encontrada pelo professor Dr. Marcelo Pereira de Souza, do departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, a partir do cálculo da perda de energia gerada pela queima da palha da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Para aferir-se monetariamente a perda da energia decorrente da queima da palha da cana, busca-se o equivalente monetário no calor gerado pela queima do álcool, levando-se em conta que:

- O calor gerado pela queima da palha é igual a 180.000 Kcal em 1 tonelada de cana;
- Em 1 hectare a produção média estimada é de 70 a 80 toneladas de cana, portanto, nessa mesma área o calor gerado pela queima é igual a 14.400.000 Kcal;
- O calor gerado pela queima do álcool é igual a 554.878,04 Kcal em 1 tonelada de cana;
- Uma tonelada de cana produz em média 80 litros de etanol;
- O calor gerado pela queima do álcool produzido em 1 hectare é igual a 44.390.243 Kcal (554.878,04 Kcal multiplicado por 80).

Dessa forma, na relação do calor gerado (palha x cana), temos que:

$$(14.400.000) / (44.390.243) = 32\% \text{ (palha em relação ao álcool)}$$

Ou seja, 1 hectare produz 6.400 litros por tonelada de cana (1 ha = 80 ton x 80 litros)
x 32% de 6.400 l/ha = 2.048 l/ha

Conclusão, com a queimada da cana em um hectare há perda de energia equivalente à queima de 2.048 litros de álcool. Portanto, a indenização deve ser o equivalente ao número de hectares queimados multiplicado pelo preço de 2.048 litros de álcool, que poderíamos reduzir à seguinte fórmula matemática:

$$\text{INDENIZAÇÃO} = \text{N}^{\circ} \text{ de ha QUEIMADOS} \times \text{PREÇO de 2.048 L de ÁLCOOL}$$

Todavia, RIPOLI et al (1990), transformando-se o potencial energético de um hectare da cana-de-açúcar em equivalente em álcool, obteve-se o resultado de 13.181 de equivalente em álcool/ha.

Este valor pode ser utilizado no computo da Valoração Econômica total (VET) como valor de uso indireto (VUI), pois com a colheita da cana crua, não haveria queimada e a atmosfera e o meio ambiente não seriam agredidos com a emissão de fuligem, CO e Gás Carbônico em uma quantidade equivalente a queima de 13.181 litros de álcool por hectare.

Por outro lado, não havendo queimada, a palha será utilizada nas caldeiras da usina, substituindo o bagaço (que terá uso mais nobre) e o combustível (gás ou óleo) necessários para a produção industrial, além de ser usada na geração de energia, sendo, portanto, considerada um bem de uso direto, ou seja, pode ser computado como Valor de Uso Direto (VUD).

Acrescentando os valores determinados com a economia devido a não queima, ou seja, irrigação, herbicidas e outros. A Valoração Econômica Total seria dada por:

$$VET = VUD + VUI + \Delta V$$

onde: VUD = Valor de Uso Direto

VUI = Valor de Uso Indireto

ΔV = Valor a ser acrescido devido a VO (Valor de Opção) e VNU (Valor de Não Uso).

O VUD pode, de forma simples, ser avaliado como a soma dos valores obtidos pelo uso da palha (potencial energético da cana-de-açúcar em equivalente em litros de álcool multiplicado pelo preço do litro de álcool); economia de água de irrigação (R\$120,00); economia de herbicida (R\$381,60); economia de plantio, devido ao ganho de uma folha a mais (R\$ 400,00); e a utilização do bagaço, 30% da produção de cana (22,5 toneladas x preço do bagaço).

Como visto anteriormente, transformando-se o potencial energético de um hectare da cultura da cana-de-açúcar, em equivalente em álcool, obtém-se que o bagaço fornece 6,22 toneladas e a palhada 4,18 toneladas, resultando em 13.181 litros equivalente em álcool/ha. Será considerado apenas o equivalente da palhada no cálculo do VUD, uma vez que o bagaço não é destruído durante a queimada na pré-colheita. Desta forma temos um valor equivalente de, aproximadamente, 5.300 litros.

Desta forma:

$$VUD = (5.300 \text{ L} \times \text{preço álcool}) + \text{R\$ } 120,00 + \text{R\$ } 381,60 + \text{R\$ } 400,00 + (22,5 \text{ ton} \times \text{preço bagaço})$$

Considerando o preço do álcool como R\$ 1,20 o litro e o do bagaço em moeda R\$30,00 a tonelada, o VUD seria:

$$VUD = \text{R\$ } 7.936,60$$

No Valor de Uso Indireto (VUI), além dos 5.300 litros de álcool, deve ser acrescentado um valor correspondente ao seqüestro de Gás Carbônico feito pela lavoura de cana de açúcar, cujo preço tem ainda uma variação muito grande (de 5 a 165 dólares por tonelada de carbono seqüestrado). Assim, o valor do VUI seria, por volta, de **R\$ 6.360,00**, acrescido do valor dado ao seqüestro de Gás Carbônico.

O Valor de Opção e o de Existência, normalmente determinados por análise de contingência, ou seja, a disposição do indivíduo a pagar por aspectos morais e altruístas.

Portanto o valor do VET, que poderia ser usado para indenização em casos de desrespeito à Lei que controla as queimadas, deveria ser um valor superior a **R\$ 14.296,60** por hectare.

Além desses valores, é interessante notar que medidas globais para o controle e redução de emissões de CO₂ criaram um novo mercado, o comércio internacional de emissões, o qual pode beneficiar os países com baixos níveis de emissão e que tenham potencial para reduzi-la, como o caso do setor sucroalcooleiro, através da negociação dos certificados de emissões (MORAES, 1999).

O vinhoto, subproduto da cana, só deixou de ser lançado nos cursos d'água somente depois de tornar-se economicamente útil e aproveitado na fertirrigação (GOULART, 1998). O mesmo tende a acontecer com a palha da cana-de-açúcar, só deixará de ser queimada quando os usineiros tomarem consciência do seu valor econômico e de todas as possibilidades de uso do bagaço.

Capítulo 6

CONCLUSÃO

Os avanços obtidos na legislação ambiental brasileira, principalmente quanto às fiscalizações e multas, quando tratados em conjunto com a regulamentação das queimadas no Estado de São Paulo, compõem uma situação institucional muito favorável à melhoria da qualidade ambiental do sistema de cultivo de cana-de-açúcar.

O estudo econômico realizado permite concluir que o binômio açúcar/álcool está cada vez mais perto de se transfigurar no trinômio açúcar/álcool/bagaço. Utilizando-se o bagaço para fins mais nobres e economicamente viáveis, ao invés de queimá-lo nas caldeiras. E aproveitando-se a palhada como utilíssima e barata fonte energética, nas caldeiras de todas as unidades produtoras. A queima do canavial implicará em danos irreparáveis à humanidade, devido aos vários impactos produzidos.

Confirmando que, a técnica da colheita mecânica da cana crua, já se constitui uma realidade e que, fatalmente, a curto prazo, será adotada no Brasil, devido aos aspectos ecológicos, conservacionistas, industriais e, principalmente, aos aspectos energéticos envolvidos no processo de queima prévia dos canaviais, gerando um desperdício inútil de energia que poderá constituir, em um futuro bem próximo, em lucros ao setor sucroalcooleiro e ao País.

A valoração econômica do meio ambiente, feita de uma forma simples, envolvendo os valores observados na economia gerada pela não utilização da queimada na pré-colheita, pode ser usada como valor de indenização em caso de desrespeito à Lei o que levaria a um valor de aproximadamente R\$ 14 296,60 por hectare, que se bem aplicado representaria uma verba considerável para a recuperação ambiental.

A diversidade de resultados observada nas vantagens que o corte de cana-de-açúcar demonstrou em termos financeiros, mostra a subjetividade do processo de valoração: os resultados estão necessariamente vinculados ao objetivo e metodologia do exercício de valoração. A valoração não é neutra nem ao tipo de enfoque empregado nem ao contexto histórico-institucional que cerca o recurso natural a ser estudado.

Portanto, deve-se ter cuidado na compreensão do significado dos resultados obtidos a partir de exercícios de valoração. Qualquer aplicação prática das técnicas de valoração ambiental não será capaz de encontrar um único número que represente o valor de um ecossistema como um todo. Esses estudos empíricos de valoração devem ser interpretados como esforços importantes no sentido de atribuir um valor monetário a um determinado conjunto de serviços ambientais. Alguns desses serviços são expressos no mercado como o preço pago pela energia elétrica, o preço do herbicida economizado com a permanência da palha no campo, entre outros, enquanto outros serviços não apresentam nenhum tipo de retorno monetário associado, apesar da possível relevância indireta para os sistemas humanos de produção e consumo.

Os resultados encontrados em um exercício de valoração devem estar sempre bem contextualizados, pois possuem uma forte conexão com a problemática apresentada pelo observador: o objeto sendo valorado é influenciado pela perspectiva e ressaltado pelo pesquisador.

A valoração permitiu identificar e ponderar os diferentes incentivos econômicos que interferem na decisão dos agentes em relação ao uso dos recursos naturais, ou seja, o trabalho buscou mostrar como estudos empíricos de valoração colaboram na análise das motivações econômicas que podem levar à decisão do não uso da queimada na colheita da cana-de-açúcar.

Existem algumas limitações metodológicas, como a questão da subjetividade, da importância da escala e da definição do objeto de estudo a ser valorado. Como foram usadas diversas utilizações para a palha da cana, os resultados obtidos são distintos, conforme o objetivo empregado. Tal multiplicidade de valores não diminui a importância da valoração como técnica de análise, e sim alerta para a não-neutralidade do valor.

O conceito de valor econômico total deve ser repensado a partir dessa multiplicidade de perspectivas, até que ponto faz sentido agregar valores obtidos a partir de óticas tão diversas? Não é necessário que exista uma unicidade do valor, mas sim a clareza sobre qual valor se pretende mensurar, como isso é feito e com qual objetivo.

Em relação ao meio ambiente, a sociedade arca com os prejuízos (internaliza os custos socioambientais) causados pela poluição provocada pelas queimadas: o aumento da demanda na rede pública de saúde, em virtude da maior incidência de doenças respiratórias agravadas no período das safras; o aumento do consumo da água tratada em razão da sujeira produzida pela fuligem da cana queimada; a danificação das linhas de transmissão de energia pelo fogo das queimadas, com a interrupção do fornecimento de energia às cidades, os acidentes automobilísticos provocados pela fumaça das queimadas, que prejudicam a visibilidade dos motoristas, entre outros.

Entretanto, como foi observado, são várias as alternativas para que o setor sucroalcooleiro seja realmente considerado ecologicamente prudente, socialmente equitativo e economicamente viável.

Os estudos mostraram que seria mais viável economicamente se a palha da cana fosse destinada a geração de energia e o bagaço utilizado em produtos de mais alto valor agregado, como tantos exemplos de derivados do bagaço.

Considerando que a disponibilidade da palha é de 19,3 milhões de toneladas a ser usada nas caldeiras para fornecimento de energia elétrica em substituição ao bagaço e o potencial do uso para os diversos derivados do bagaço, já citados, pode-se afirmar que num futuro próximo os usineiros estarão mais atentos a pesquisas e as novas perspectivas de mercado para o setor sucroalcooleiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 📖 ABRAMOVITZ, M. (1989). *Thinking about Growth: and other essays on economic growth & welfare*. Cambridge University Press. Cap.1, 12.
- 📖 ABREU, D. (1997). *Sem ela, nada feito: uma abordagem da importância da educação ambiental na implantação da ISO-14001*. Salvador, Asset Negócios Corporativos.
- 📖 ACSELRAD, H. (1995). Externalidades ambiental e sociabilidade capitalista. In: CAVALCANTI, C., org. *Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco, Cap.7, p.128-138.
- 📖 AGRA FILHO, S.S. (1993). *Os estudos de impactos ambientais no Brasil: uma análise de sua efetividade*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 AGUILERA, R.C. et al. (1999). Furfurol. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.20, p.175-181.
- 📖 AGUILERA, R.C.; POUZA, I.R. (1999). Alcool furfurílico. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.25, p.199-203.
- 📖 ALMAGRO, J.L.V. et al. (1999). Tabuleiros ou painéis com aglutinantes inorgânicos. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.16, p.149-157.
- 📖 ALMEIDA, L.T. (1998). *Política ambiental: uma análise econômica*. Campinas, Editora Papirus; São Paulo, Fundação Editora da UNESP.

- 📖 ALTVATER, E. (1995). *O preço da riqueza*. São Paulo, Editora da UNESP.
- 📖 ALVES, A.C. (1995). Análise ambiental do ponto de vista jurídico. In: TAUKE-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. 2ª Edição, São Paulo, Editora da UNESP, Cap.3, p.65-72.
- 📖 AMADEO, E. et al. (1994). *A natureza e o funcionamento do mercado de trabalho brasileiro desde 1980*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 ANDRADE, T.A.; LOBÃO, W.J.A. (1997). *Elasticidade renda e preço da demanda residencial de energia elétrica no Brasil*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 ANDRIETTA, M.G.S. (1998). Novas alternativas para subprodutos da cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.16, n.4, p.10-14, mar/abr.
- 📖 ARMAS, C.M.; BIANCHI, E. (1992). Aporte energético da indústria canavieira: economia e confiabilidade. *Revista STAB*, Piracicaba, v.10, n.4, p.45-46, mar/abr.
- 📖 ARON, R. (1993). *As etapas do pensamento sociológico*. 4ª Edição, São Paulo, Livraria Martins Fontes Editora Ltda.
- 📖 ARIZONO, H. et al. (1998). Alternativas para avaliação de produção de cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, v.16, n.5, p.20, mai/jun.
- 📖 BALBÍN, A.C.; DELGADO, I.N. (1999). Bagaço pré-digerido. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.29, p.219-221.
- 📖 BALBO, L. (1991). Aspectos gerais da colheita e processamento da cana-de-açúcar. In: KIRCHOFF, V.W.J.H. *As queimadas da cana*. São José dos Campos, INPE, p.41-42.
- 📖 BARQUINERO, E. et al. (1999). Meios filtrantes. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.13, p.129-134.

- 📖 BERNARDES, M.S. et al. (1998). Sistemas de produção para áreas com restrições à colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.13, n.4, p.35-37, mar/abr.
- 📖 BERTELLI, L.G. (1989). A gravidade da questão energética brasileira. *Revista Usineiro*, ano 4, n.17, p.6-9, abr/mai.
- 📖 BOHM, G.M. (1998). Queima de cana-de-açúcar e saúde humana. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.16, n.4, p.40-41, mar/abr.
- 📖 BRUNDTLAND, G.H. et al. (1987). *Our common future*. The world commission on environmet and development. New York, Oxford University Press.
- 📖 BUARQUE, C. (1994). O pensamento em um mundo terceiro mundo. In: BURSZTYN, M. et al. *Para pensar o desenvolvimento sustentável*. São Paulo, Editora Brasiliense, p.57-80.
- 📖 BURSZTYN, M. et al. (1994). *Para pensar o desenvolvimento sustentável*. 2ª Edição, São Paulo, Editora Brasiliense.
- 📖 CABO, O.C. (1999). Tabuleiros de fibras de densidade média (MDF). In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.19, p.171-173.
- 📖 CABO, O.C. et al. (1999a). Tabuleiros de partículas de bagaço. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.15, p.141-147.
- 📖 CABO, O.C. et al. (1999b). Produtos moldados de bagaço. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.18, p.165-169.
- 📖 CARNEIRO, J.M.B.; MAGYAR, A.L.; GRANJA, S.I.B. (1993). Meio ambiente, empresário e governo: conflitos ou parceria? *Revista de Administração de Empresas*, EAESP/FGV, São Paulo, v.33, n.2, p.68-75, abril.

- 📖 CARVALHO, L.C.C. (1998). Um novo século, viva o novo século.... *Revista STAB*, Piracicaba, v.16, n.5, p.10-11, mai/jun.
- 📖 CARVALHO FILHO, S.M. (2000). *Colheita mecanizada: desempenho operacional e econômico em cana sem queima prévia*. Piracicaba. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- 📖 CASAGRANDE, J.C. (1994). Fontes e localização de fertilizantes nitrogenados na cultura da cana-de-açúcar colhida sem queima. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.15, n.75, p.26-30, ago/set.
- 📖 CAVALCANTI, C., org. (1995). *Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco.
- 📖 CAVALCANTI, C. (1996). Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A. R. et al. *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, UNICAMP, IE.
- 📖 CENTURIÓN, R.E.B.; DERÍSIO, J.C. (1993). Evolução do controle da poluição das indústrias sucro-alcooleiras no Estado de São Paulo. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.12, n.68, p.24-28, jun/jul.
- 📖 CHENG, H.T. (1996). Environmental protection in Taiwan Sugar Corporation. *Taiwan Sugar*, v.43, n.2, p.35-39, mar/apr.
- 📖 COELHO, S.T.; ZYLBERSZTAJN, D. (1998). Barreiras e mecanismos de implementação à cogeração de eletricidade a partir da biomassa. *Revista DNA: Desenvolvimento de Negócio Agroindustrial*, ano II, n.7, p.06-13, set/out.
- 📖 COMAR, M.V.; ORTEGA, E.F. (1994). *Avaliação eMergética da produção de álcool e açúcar da cana-de-açúcar na usina Ester, município de Cosmópolis, SP, Brasil*. II Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, UNICAMP.
- 📖 COMAR, M.V. (1998). *Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do desenvolvimento sustentável*. Campinas, Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas.

- COMAR, M.V. (1999). Apostila do curso *Tópicos em Ecologia 24: Eco-Nomia*. São Carlos.
- COMMON, M. (1995). *Sustainability and Policy: limits to economics*. Cambridge University Press.
- COMUNE, A. E.(1994). Meio ambiente, economia e economistas:uma breve discussão.In: MAY, P.H.; MOTTA, R.S. *Valorando a Natureza: Análise Econômica para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro, Editora Campus, Cap.4, p.45-59.
- CONSTANZA, R., ed. (1991). *Ecological economics: the science and management of sustainability*. New York, Columbia University Press.
- CONSTANZA, R. (1994). Economia Ecológica: Uma agenda de pesquisa. In: MAY, P.H.; MOTTA, R.S. *Valorando a Natureza: Análise Econômica para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro, Editora Campus, Cap.7, p.111-144.
- COPERSUCAR (1997). *Informativo do centro de tecnologia*.Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-4, dezembro.
- COPERSUCAR (1998a). *Informativo do centro de tecnologia*.Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-6, abril.
- COPERSUCAR (1998b). *Informativo do centro de tecnologia*.Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-4, junho.
- COPERSUCAR (1998c). *Informativo do centro de tecnologia*.Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-7, setembro.
- COPERSUCAR (1999a). *Informativo do centro de tecnologia*.Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-6, janeiro.

- 📖 COPERSUCAR (1999b). *Informativo do centro de tecnologia*. Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-6, abril.
- 📖 COPERSUCAR (1999c). *Informativo do centro de tecnologia*. Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-4, agosto.
- 📖 COPERSUCAR (2000). *Informativo do centro de tecnologia*. Geração de Energia por Biomassa Bagaço da Cana-de-Açúcar e Resíduos, Projeto BRA/96/G31, Piracicaba, p.1-4, julho.
- 📖 CORSINI, R. et al. (2002). *Micro Usinas*. Trabalho realizado para FIPAI / EESC. São Carlos.
- 📖 CUSTÓDIO, H.B. (1995). Legislação brasileira do estudo de impacto ambiental. In: TAUKE-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. 2ª Edição, São Paulo, Editora da UNESP, Cap.3, p.45-64.
- 📖 DALY, H.E. (1996). *Beyond Growth: the economics of sustainable development*. Boston, Beacon Press.
- 📖 DALY, H.E. (1997). Forum: Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. In: *Ecological Economics*. Special Issue, v.22, n.3, september.
- 📖 DELGADO, A.A. et al. (1999). Resina para fundição. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.22, p.187-189.
- 📖 DELGADO, J.V.; DELGADO, I.N. (1999). Bagacillo hidrolisado. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.28, p.215-218.
- 📖 ELLIOTT, J.A. (1994). *An introduction to sustainable development - the developing world*. New York, Routledge.

- 📖 ESPINOSA, H.R.M. (1993). Desenvolvimento e meio ambiente sob nova ótica. *Revista Ambiente*, v.7, n.1, p.40-44.
- 📖 FELICIDADE, N.; MARTINS, R.C.; LEME, A.A., org. (2001). *Uso e gestão de recursos hídricos no Brasil*. São Carlos, Editora RiMa.
- 📖 FERNANDES, A.C. (2000). Análise de cana e bagaço e extração das moendas. *Revista STAB*, Piracicaba, v.18, n.3, p.16-18, jan/fev.
- 📖 FERRAZ, J.M.G.; PRADA, L.S.; PAIXÃO, M., eds. (2000). *Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro*. São Paulo, Embrapa Meio Ambiente.
- 📖 FERREIRA, L.C.; VIOLA, E., orgs. (1996). *Incertezas de Sustentabilidade na Globalização*. Campinas, Editora da UNICAMP.
- 📖 FIGUEROA, F.E.V. (1996). *Avaliação econômica de ambientes naturais - o caso das áreas alagadas - uma proposta para a represa do lobo (Broa) - Itirapina - SP*. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 📖 FREITAS, A.S.; SOARES, P.R., orgs. (1994). *Aspectos ambientais de projetos co-financiados pelo Banco Mundial: lições para o futuro*. Brasília, IPEA.
- 📖 FURLANI NETO, V.L. (1995). *Desempenho operacional de colhedora de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em canaviais com e sem queima prévia*. Piracicaba. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- 📖 FURLANI NETO, V.L. (1996). *Impacto ambiental e conseqüências agrícolas da colheita mecânica de cana crua e queimada*. Araras-SP, Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Universidade Federal de São Carlos.
- 📖 FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.; VILLA NOVA, N.A. (1996a). Colheita mecânica: perdas de matéria-prima em canaviais com e sem queima prévia. *Revista STAB*, Piracicaba, v.14, n.4, p.24-27, mar/abr.
- 📖 FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.; VILLA NOVA, N.A. (1996b). Avaliação de desempenho operacional de colhedora em canaviais com e sem queima prévia. *Revista STAB*, Piracicaba, v.14, n.6, p.19-24, jul/ago.

- 📖 FURLANI NETO, V.L.; RIPOLI, T.C.; VILLA NOVA, N.A. (1997). Biomassa de cana-de-açúcar: energia contida no palhço remanescente de colheita mecânica. *Revista STAB*, Piracicaba, v.15, n.4, p.24-27, mar/abr.
- 📖 GARCÍA, L.G. et al. (1999). Celulose microcristalina. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.11, p.121-123.
- 📖 GIDDENS, A. (1994). *Capitalismo e moderna teoria social*. 4ª Edição. Lisboa, Editorial Presença.
- 📖 GOMES, G.M.; SOUZA, H.R.; MAGALHÃES, A.R., orgs. (1995). *Desenvolvimento sustentável no Nordeste*. Brasília, IPEA.
- 📖 GONÇALVES, C.W.P. (1996). *Os (des)caminhos do meio ambiente*. 5ª Edição. São Paulo, Contexto.
- 📖 GONÇALVES, J.S. & SOUZA, S.A.M. (1998a). Proibição da queima de cana no Estado de São Paulo: simulações dos efeitos na área cultivada e na demanda pela força de trabalho. *Revista Informações Econômicas*, EAESP/FGV, São Paulo, v.28, n.3, março.
- 📖 GONÇALVES, J.S. & SOUZA, S.A.M. (1998b). Alternativas econômicas para áreas com restrições à colheita mecanizada da cana-de-açúcar, na região de Piracicaba-SP. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.16, n.4, p.4-8, mar/abr.
- 📖 GONÇALVES, D.B. (2002). *A regulamentação das queimadas e as mudanças nos canaviais paulistas*. São Carlos, Editora RiMa.
- 📖 GOULART, M.P. (1998). *Ministério público e democracia: teoria e prática*. Leme-SP, Editora de Direito Ltda.
- 📖 GOVERNO DE SÃO PAULO (1992). *Cuidando do Planeta Terra: Uma Estratégia para o Futuro da Vida*. UICN, PNUMA, WWF.
- 📖 GUIMARÃES, P.C.; DEMAJOVIC, J.; OLIVEIRA, R.G. (1995). Estratégias empresariais e instrumentos econômicos de gestão ambiental. *Revista de Administração de Empresas*, EAESP/FGV, São Paulo, v.35, n.5, p.72-82, set/out.

- GRASSI, G. (1994). O futuro da biomassa na união européia. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.15, n.76, p.28-34, out/nov.
- HADJANTONIOU, D.; CHRISTODOULOU, P. (1994a). Research and development in the hellenic sugar industry - Part I. *Sugar Journal*, v.57, n.1, p.10-19, may.
- HADJANTONIOU, D.; CHRISTODOULOU, P. (1994b). Research and development in the hellenic sugar industry - Part II. *Sugar Journal*, v.57, n.2, p.20-23, june.
- HAES, H.A.U.; KLIJN, F. (1993). Environmental policy and ecosystem classification. *Ecosystem Classification for Environmental Management*, Kluwer Academia Publishers, v.2, p.1-21.
- HANLEY, N.; SPASH, C.L. (1994). *Cost-benefit analysis and the environment*. England. Edward Elgar Publishing Limited.
- HINTERBERGER, F. et al. (1997). Material flows vs. 'natural capital': what makes an economy sustainable? *Ecological Economics Journal*, v.23, n.1, p.1-14, october.
- HUANG, C.M. (1998). Sugar technology progress and environmental protection at the Taiwan Sugar Research Institute. *Taiwan Sugar*, v.45, n.3, p.12-19, may/jun.
- JANNUZZI, G.M.; SWISHER, J.N.P. (1997). *Planejamento integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas, Editora Autores Associados.
- JORNALCANA (1999). *O aproveitamento total da cana*. p.19-21, fevereiro.
- LANDES, D.S. (1997). *The Wealth and Poverty of Nations: why some are so rich and some so poor*. New York & London, W.W. Northon & Company, Cap.3.
- LÉON, M.J. (2000). *Avaliação de desempenho operacional de duas colhedoras em cana (Saccharum spp.) crua*. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- LÓPEZ, J.A.C.; MUNILLA, M.H. (1999). Primário anticorrosivo furano-asfáltico. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.23, p.191-193.

- MACEDO, I.C. (1997). *Greenhouse gás emissions and bio-ethanol production: utilization in Brazil*. Piracicaba, CTC, 05/97, janeiro.
- MACEDO, N.; CAMPOS, M.B.S.; ARAÚJO, J.R. (1997). Insetos nas raízes e colo da planta, perfilhamento e produtividade em canaviais colhidos com e sem queima. *Revista STAB*, Piracicaba, v.15, n.3, p.18-21, jan/fev.
- MADDISON, A. (1991). *Dynamic Forces in Capitalist Development: a long-run comparative view*. New York, Oxford University Press, Oxford.
- MAGLIO, I.C. (1995). Desenvolvimento e ambiente. In: TAUKE-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. 2ª Edição, São Paulo, Editora da UNESP, Cap.5, p.89-97.
- MAGRO, J.A. (1998). Sistema cana crua: perspectivas de viabilidade. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.13, n.4, p.31-32, mar/abr.
- MARGULIS, S. (1995). A economia e o desenvolvimento sustentado. In: TAUKE-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. 2ª Edição, São Paulo, Editora da UNESP, Cap.5, p.98-103.
- MARGULIS, S., ed. (1996). *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. 2ª Edição, Brasília, IPEA.
- MARQUES, J.F.; COMUNE, A.E. (1996). A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R. et al. *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, UNICAMP, IE.
- MARX, K. (1982). *O capital: crítica da economia política*. Vol I e II. 7ª Edição, São Paulo, Difel Difusão Editorial S.A.
- MATSUOKA, H.A. et al. (1998). Alternativas para avaliação de produção de cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, v.16, n.5, p.20, mai/jun.
- MATTOS, K.M.C.; MATTOS, A. (2002). O valor do desperdício de energia e água no setor sucroalcooleiro. In: *Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado*. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, Editora RiMa, p.305-317.

- 📖 MATTOS, K.M.C. (1993). *Consequências sócio-econômicas na estrutura de produção agrícola da introdução do corte de cana crua*. São Carlos, Trabalho de Iniciação Científica, Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção Química.
- 📖 MAY, P.H.; MOTTA, R.S., orgs. (1994). *Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro, Editora Campus.
- 📖 MAY, P.H. (1995). *Economia ecológica: aplicações no Brasil*. Rio de Janeiro, Editora Campus.
- 📖 MELLO, R. (1997). *Custos ambientais de agroecossistemas da cana-de-açúcar*. São Carlos, Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 📖 MENDES, F.E.; MOTTA, R.S. (1997). *Instrumentos econômicos para o controle ambiental do ar e da água: uma resenha da experiência internacional*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 MÉNDEZ, I.C. et al. (1999). Fármacos nitrofurânicos. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.24, p.195-198.
- 📖 MERICO, L.F.K. (1996). *Introdução à economia ecológica*. Blumenau, Editora da FURB.
- 📖 MILARÉ, E. (2000). *Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. São Paulo, Editora Revista dos Tribunais.
- 📖 MIRANDA, N.G.M.; SAMUDIO, E.M.M.; DOURADO, F.F.M. (1997). A estratégia de operações e a variável ambiental. *Revista de Administração*, São Paulo, EAESP/FGV, v.32, n.1, p.58-67, jan/mar.
- 📖 MITRANI, R.B. et al. (1999). Bagaço. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.2.3, p.37-48.

- 📖 MOKYR, J. (1990). *The Lever of Riches: technological creativity and economic progress*. New York, Oxford University Press, Oxford, Cap.1.
- 📖 MOLINA Jr., W.F. (1991). *Enfardamento de resíduo de colheita de cana-de-açúcar (Saccharum spp.): avaliação dos desempenhos operacional e econômico*. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- 📖 MOLINA Jr., W.F. et al. (1993). Energia potencial do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima prévia do canavial. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.12, n.66, p.10-13, fev/mar.
- 📖 MOLINA Jr., W.F. et al. (1995). Aspectos econômicos e operacionais do enfardamento de resíduo de colheita de cana-de-açúcar para aproveitamento energético. *Revista STAB*, Piracicaba, v.13, n.5, p.28-31, mai/jun.
- 📖 MORAES, M.A.F.D. (1999). Financiamento para a agroindústria canieira: mercado de carbono e recursos externos. *Revista Preços Agrícolas*, Piracicaba, ESALQ/CEPEA, ano 14, n.158, p.14-16, dezembro.
- 📖 MOTTA, R.S. (1995a). As técnicas das análises de custo-benefício na avaliação ambiental. In: TAUKE-TORNISIELO, S.M. et al. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. 2ª Edição, São Paulo, Editora da UNESP, Cap.5, p.156-162.
- 📖 MOTTA, R.S., coord. (1995b). *Contabilidade ambiental: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 MOTTA, R.S. (1996). *Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 MOTTA, R.S.; MENDES, F.E. (1996). *Proposta de um imposto ambiental sobre os combustíveis líquidos no Brasil*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 MOTTA, R.S. (1998). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.
- 📖 MUIÑA, N.R. et al. (1999). Polpa para dissolver. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.3, p.83-86.

- 📖 MÜLLER-PLANTENBERG, C.; AB'SABER, A.N. (1998). *Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiência no Brasil, na Rússia e na Alemanha*. 2ª Edição. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.
- 📖 MUNASINGHE, M. (1992). *Environmental economics and valuation in development decisionmaking*. Washington, D.C., The World Bank, Sector Policy and Research Staff, Environment Department.
- 📖 NORGAARD, R.B. (1994). *Development Betrayed: the end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*. London and New York, Routledge.
- 📖 NORTH, D.C. (1991). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press, Cap.12.
- 📖 NUNES Jr., D. (1998). A vitória da cana crua. *Revista STAB*, Piracicaba, v.16, n.6, p.8, jul/ago.
- 📖 OLIVEIRA, E.R. (1982). Bagaço de cana: um combustível que ainda não recebeu a devida atenção. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, n.4, p.10-18, mai/jun.
- 📖 OLIVEIRA, F.E.B., ed. (1994). *Sistemas de seguridad social en la region: problemas y alternativas de solucion*. Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 OMETTO, A.R. (2000). *Discussão sobre os fatores ambientais impactados pelo setorsucroalcooleiro e a certificação socioambiental*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 📖 OMETTO, J.C. (1982). A cana-de-açúcar e o meio ambiente. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, n.6, p.12-17, set/out.
- 📖 OTTONI NETTO, T.B. (1983). *Manejo Hídrico em Bacias Hidrográficas*. Rio de Janeiro, Tese (Concurso de Professor Titular) - Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 📖 OVITT Jr., G. (1986). *The Restoration of Perfection: labor and technology in medieval culture*. New Brunswick and London, Rutgers University Press.
- 📖 PAZ, D.; CÁRDENAS, G.J. (1997). Análisis exergético de las operaciones térmicas de la industria de caña. *Revista STAB*, Piracicaba, v.15, n.4, p.32-38, mar/abr.

- PEARCE, D.W.; TURNER, R.K. (1991). *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore, Maryland, The Johns Hopkins University Press.
- PILLET, G. (1993). *Economia ecológica: uma introdução à economia do ambiente e recursos naturais*. Lisboa, Instituto Piaget.
- PINAZZA, A.H.; MACEDO, N. (1993). Monocultura canavieira e a agricultura sustentável. *Revista STAB*, Piracicaba, v.12, n.1, p.19-21, set/out.
- PINHEIRO, J.C.V.; SHIROTA, R. (2000). Determinação do preço eficiente da água para irrigação no projeto Curu-Paraipaba. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v.31, n.1, p.36-47, jan/mar.
- PINOTTI, R.F. (1991). Otimização do processo de produção de ração animal com subprodutos da cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, v.10, n.1, p.13-15, set/out.
- PINTO, L.A.R. (1992). Aproveitamento de bagaço e da palha de cana-de-açúcar em programas energéticos comunitários. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.11, n.63, p.34-37, jul/ago.
- PINTO, L.F.G.; PRADA, L.S. (1998). Selo verde para a cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98; v.16, n.4, p.38-40, mar/abr.
- PLANALSUCAR (1986). *Cultura da cana-de-açúcar: manual de orientação*. Piracicaba, Instituto do Açúcar e do Alcool.
- REDCLIFT, M. (1996). *Wasted: counting the costs of global consumption*. London, Earthscan Publications Ltd.
- RIPOLI, T.C.; MIALHE, L.G.; BRITO, J.O. (1990a). Queima de canavial - o desperdício não mais admissível. *Revista Álcool e Açúcar*, Piracicaba, v.10, n.54, p.18-23, jul/ago.
- RIPOLI, T.C. et al. (1990b). *Equivalente energético do palhicho da cana-de-açúcar*. Piracicaba, Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.

- 📖 RIPOLI, T.C. (1991a). *Utilização do material remanescente da colheita da cana-de-açúcar (Saccharum spp.) - equacionamento dos balanços energéticos e econômico*. Piracicaba, Tese (Livre-docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- 📖 RIPOLI, T.C. et al. (1991b). Potencial energetico de residuos de cosecha de la caña verde. *Revista STAB*, Piracicaba, v.10, n.1, p.22-26, set/out.
- 📖 RIPOLI, T.C.; VILANOVA, N.A. (1992). Colheita mecanizada da cana-de-açúcar: novos desafios. *Revista STAB*, Piracicaba, v.11, n.1, p.28-31, set/out.
- 📖 RIPOLI, T.C. et al. (1995). O corte manual na cana verde. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.15, n.77, p.28-30, dez.94/jan.95.
- 📖 RODRIGUES, G.S. (1998). *Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico agropecuário: fundamentos, princípios e introdução à metodologia*. Jaguariúna, EMBRAPA, CNPMA.
- 📖 RODRÍGUEZ, J.F. et al. (1999a). Pó de celulose. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.12, p.125-128.
- 📖 RODRÍGUEZ, N.F. et al. (1999b). Polpa quimiomecânica de bagaço. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.1, p.71-75.
- 📖 ROMEIRO, A.R. (1991). Desenvolvimento econômico e a questão ambiental: algumas considerações. *Revista Análise Econômica*, UFRGS, ano9, n.16, p.141-152, setembro.
- 📖 ROMEIRO, A.R.; REYDON, P.B.; LEONARDI, M.L.A., orgs. (1996). *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas, UNICAMP, IE.
- 📖 ROMEIRO, A.R. (1997). O preço da riqueza. *Revista de Economia Política*, v.17, n.3, p.143-147, jul/set.

- 📖 ROMEIRO, A.R. (1998). *Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura*. São Paulo, Editora Annablume, FAPESP.
- 📖 SACHS, I. (1986). *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo, Vértice.
- 📖 SACHS, I. (1993). *Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo, Studio Nobel, Fundação do Desenvolvimento Administrativo.
- 📖 SAFFIOTI, W. (1985). O desperdício de energia na queima dos canaviais. *Revista Pau Brasil*, São Paulo, p.40-43, nov/dez.
- 📖 SALLES, L.S. (1993). *Elementos para o planejamento ambiental do complexo sucroalcooleiro no Estado de São Paulo: conceitos, aspectos e métodos*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 📖 SALIM, E. et al. (1990). *Economic policies for sustainable development*. Economics Environment.
- 📖 SÁNCHEZ, R.H.; ORTEGA, M.M. (1999). Carboximetilcelulose. In: *Manual dos Derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, cap.3.10, p.117-120.
- 📖 SERAGELDIN, I. (1994). *Water Supply, Sanitation, and Environmental Sustainability: The Financing Challenge*. The World Bank Washington, D.C.
- 📖 SILVA, G.M.A. (1998). Liberação de preços no setor canavieiro: modelo de auto-gestão do setor no Estado de São Paulo. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.16, n.4, p.8-9, mar/abr.
- 📖 SILVA, M.R.S.; FROES, N.D.T.C. (1998). As cinzas de cana promovem câncer? *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.13, n.4, p.42, mar/abr.
- 📖 SIMON, J. (1995). *The State of Humanity*. Blackwell, Oxford/UK and Cambridge/USA.
- 📖 SMITH, D.T. (1998). Weed control in sugarcane and implications for the future. *Sugar Journal*, v.61, n.4, p.16-21, september.

- SOBRAL FILHO, J.L. (1988). *Caracterização e beneficiamento de bagaço de cana-de-açúcar*. Carpina-PE, Instituto do Açúcar e do Alcool. Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar.
- SOTELO, R.C.; CORREA, J.L (1999). Resíduos da Colheita. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.2.6, p.63-68.
- SOUZA, L.G.; PIEDADE Jr., C. (1989). Relações entre energia elétrica da geração própria e cana moída em uma usina de açúcar da região de Botucatu-SP. *Revista Usineiro*, ano 4, n.18, p.32-38, ago/set.
- SOUZA, M.P. (1993). *Metodologia de cobrança sobre os usos da água e sua aplicação como instrumento de gestão*. São Paulo, Tese (Doutorado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, M.P. (1995). *A cobrança e a água como bem comum*. RBE - Caderno de Recursos Hídricos, v.13, n.1, p.25-55, junho.
- SOUZA, M.P. (2000a). *Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática*. São Carlos, Editora Riani Costa.
- SOUZA, P.H. (1998). *O uso do SIG na ponderação de fatores ambientais para a proposição de zoneamento para distritos industriais*. São Carlos, Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, Z.J.; BURNQUIST, H.L. (1999). O potencial sucroalcooleiro de co-geração e a questão da comercialização. *Revista Preços Agrícolas*, Piracicaba, ESALQ/CEPEA, ano 14, n.158, p.17-20, dezembro.
- SOUZA, Z.J. (2000b). *Uma avaliação das formas de comercialização da energia co-gerada pelo setor sucroalcooleiro*. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SUÁREZ, R.C. et al. (1999). Fármacos a partir da lignina do bagaço. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.14, p.135-139.

- ☞ SUÁREZ, G.O.; TÍO, M.V. (1999). Carvão ativado. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.27, p.209-213.
- ☞ STERNER, T. (1994). *Economic Policies for sustainable development*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- ☞ SZIRMAI, A. et al. (1993). *Explaining Economic Growth: essays in honour of angus maddison*. North Holland, Elsevier Science Publishers.
- ☞ SZMRECSÁNYI, T. (1979). *O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil: 1930-1975*. São Paulo, HUCITEC, Universidade Estadual de Campinas.
- ☞ TÁBLAS, M.C. (1998). Minhocultura e cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, Anais da SECAPI'98, v.13, n.4, p.37-38, mar/abr.
- ☞ TÁVORA Jr., J.L. (2000). *Economia do meio ambiente*. Natal, UFRN.
- ☞ TIETENBERG, T. (1994). *Environmental economics and policy*. New York, Harper Collins College Publishers.
- ☞ TILLMANN, C.A.C. (1994). *Avaliação dos desempenhos operacional e econômico de sistema de colheita semi-mecanizada em cana-de-açúcar, com e sem queima prévia*. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ☞ TIMM, L.C. (2002). *Efeito do manejo da palha da cana-de-açúcar nas propriedades físico-hídricas de um solo*. Piracicaba, Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ☞ TOLEDO FILHO, M.R. (2001). *Estudo micrometeorológico de um cultivo de cana-de-açúcar (Saccharum spp.) em Alagoas*. Porto Alegre, Tese (Doutorado), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ☞ TOLMASQUIM, M.T. (1995). Economia do meio ambiente: forças e fraquezas. In: CAVALCANTI, C., org. *Desenvolvimento e natureza: Estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco, Cap.17, p.323-341.

- 📖 TORRES, C.A. et al. (1999a). Polpa absorvente. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.4, p.87-89.
- 📖 TORRES, C.A. et al. (1999b). Meio para corrugar. In: *Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação, matérias-primas, derivados do bagaço, derivados do melaço, outros derivados, resíduos, energia*. Brasília: ABIPTI, Cap.3.9, p.113-116.
- 📖 UICN; PNUMA; WWF. (1991). *Cuidando do planeta Terra: uma estratégia para o futuro da vida*. São Paulo, Editora CL-A Cultural. 246 p.
- 📖 VENTURINI FILHO, W.G.; ADDISON, F.C. (1990). Geração de eletricidade em usina sucroalcooleira - viabilidade econômica. *Revista STAB*, Piracicaba, v.8, n.5/6, p.41-45, mai/ago.
- 📖 ZARPELON, F. (1993). Panorama da cogeração em alguns países produtores de cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, v.11, n.3, p.10-13, jan/fev.
- 📖 ZATZ, J. (1993). Setor sucroalcooleiro assume o compromisso de investir em melhoria de produtividade. *Revista Álcool & Açúcar*, Piracicaba, v.12, n.69, p.17-20, ago/set.
- 📖 ZULAUF, W.E. et al. (1985). *Energia liberada pela queima da palha de cana nos canaviais brasileiros: uma estimativa*. São Paulo, CETESB.
- 📖 YANG, S.J.; WANG, C.H. (1993). Performance evaluation of mechanical loading of sugar cane in Fiji. *Taiwan Sugar*, v.40, n.3, p.27-30, may/jun.
- 📖 YOUNG, C.E.F.; FAUSTO, J.R.B. (1997). *Valoração de Recursos Naturais como Instrumento de Análise da Expansão da Fronteira Agrícola na Amazônia*. Brasília e Rio de Janeiro, IPEA.
- 📖 WALTER, A.C.S. (1993). Potencial energético da cana-de-açúcar. *Revista STAB*, Piracicaba, v.11, n.4, p.29-33, mar/abr.
- 📖 WESTING, A.H. (1996). Core values for sustainable development. *Environmental Conservation*, Cambridge University Press, v.23, n.3, p.218-225.