

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO
GESTÃO AMBIENTAL E NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

***THE NATURAL STEP* COMO ESTRATÉGIA
PARA A SUSTENTABILIDADE DO ETANOL**

MARIANGELA OLIVIERI DE LIMA

**SÃO PAULO
2009**

MARIANGELA OLIVIERI DE LIMA

THE NATURAL STEP COMO ESTRATÉGIA
PARA A SUSTENTABILIDADE DO ETANOL

Monografia para conclusão do Curso de
Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do
Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e
Energia da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Moreira

São Paulo
2009

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Lima, Mariangela Olivieri de
The Natural Step como estratégia para a sustentabilidade do etanol/ Mariangela Olivieri de Lima; orientador José Roberto Moreira. – São Paulo, 2009.
54p.. il.; 30cm.

Monografia (Curso de Especialização Gestão Ambiental e Negócios no setor energético) Instituto de Eletrotécnica e Energia Universidade de São Paulo.

1. Sustentabilidade 2. Etanol 3. Meio Ambiente I. Título.

AGRADECIMENTO

Meus agradecimentos a todos que estiveram próximos durante a elaboração deste trabalho, e especialmente a Ricardo Zaguer, que me apresentou *The Natural Step*, e que, incansável nas muitas discussões, sempre fez de tudo para me colocar no caminho certo.

RESUMO

LIMA, M.O. *The Natural Step como estratégia para a sustentabilidade do etanol*. 2009. 54 p. Monografia para conclusão do Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético. Instituto de Eletrotécnica e Energia. Universidade de São Paulo.

Este trabalho propõe o exame de uma metodologia de análise de sustentabilidade – *The Natural Step* – para que as partes envolvidas no processo produtivo do etanol de cana-de-açúcar possam planejar e tomar decisões que levem à uma produção mais sustentável. Desenvolvida e testada na Suécia desde 1989, esta metodologia está alicerçada nas leis da conservação e no princípio ecocíclico, tendo como núcleo a definição de quatro Condições Sistêmicas que devem ser atendidas para que se chegue a uma sociedade sustentável. Ao traçar a evolução do etanol, destacam-se as principais questões ambientais de sua produção no Estado de São Paulo, as quais já desenharam um caminho em direção à sustentabilidade. Discute-se também como a metodologia *The Natural Step* poderia permitir aos diversos *stakeholders* chegar a uma visão consensual sobre o futuro desejado para o etanol no Brasil, bem como imprimir um direcionamento de longo prazo ao setor, o que os vários critérios de sustentabilidade propostos pelos mercados importadores ainda não conseguiram oferecer.

Palavras-chave: sustentabilidade, etanol, *The Natural Step*, meio ambiente, Brasil

ABSTRACT

LIMA, M.O. The Natural Step as a strategy for the sustainability of sugarcane ethanol. 2009. 54 pages. Paper presented for the conclusion of the Specialization Course on Environmental and Business Management in the Energy Sector. Instituto de Eletrotécnica e Energia. Universidade de São Paulo.

This paper proposes the use of The Natural Step framework for analyzing sustainability in the sugarcane ethanol industry of the state of São Paulo, so that stakeholders may jointly plan and take decisions that lead to a more sustainable production. Developed and tested in Sweden since 1989, this methodology is based on the natural laws of conservation and on the cyclic principle of nature's system. The Natural Step framework is based on four System Conditions that must be followed by organizations in order to achieve a sustainable society. A review of the development of sugarcane ethanol in São Paulo highlights key environmental questions, some of which point to sustainable practices already in place. Also discussed is how The Natural Step framework may help stakeholders arrive at a consensus about the future they envision for ethanol in Brazil, as well as lay out a strategic long term direction for the sector, not yet provided by the several sustainability criteria proposed by the international importing community.

Keywords: sustainability, ethanol, The Natural Step framework, environment, Brazil

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	8
2 - O QUE SE ENTENDE POR SUSTENTABILIDADE?	11
3 - A METODOLOGIA <i>THE NATURAL STEP</i>	15
3.1 A estrutura de referência <i>The Natural Step</i>	15
3.2 O núcleo: as quatro Condições Sistêmicas.....	15
3.3 O alicerce científico: as leis da conservação e o princípio ecocíclico	15
3.4 Planejamento via <i>backcasting</i> (retrovisão).....	15
3.5 Monitorando o processo em direção à sustentabilidade.....	15
3.6 Aplicações da metodologia.....	15
4 - DO ÁLCOOL AO ETANOL	15
4.1 Balanço de energia e redução das emissões de impacto global.....	15
4.2 A qualidade do ar nas regiões canaveiras e nos centros urbanos	15
4.3 O processamento industrial hidointensivo da cana-de-açúcar	15
4.4 A reciclagem de nutrientes via fertirrigação.....	15
4.5 Uso da terra: a expansão da cultura canaveira.....	15
4.6 O emprego na lavoura de cana e a progressiva mecanização.....	15
5 - UM ETANOL MAIS SUSTENTÁVEL.....	15
5.1 O cenário para o etanol em 2030: onde queremos chegar?.....	15
5.2 O crivo das quatro Condições Sistêmicas	15
5.3 Considerações finais.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

1 - INTRODUÇÃO

A sustentabilidade da produção do etanol de cana-de-açúcar, da maneira como é produzido no Brasil, é hoje tema frequente de debates, especialmente no exterior. No momento em que os riscos colocados pelo aquecimento global mobilizam a atenção de grande parte da população do planeta, e as fontes de energia renovável adquirem uma viabilidade tecnológica e econômica capaz de modificar a matriz energética mundial, o sucesso da experiência brasileira na produção de etanol assume uma relevância inédita no cenário internacional. Estimativas da FAO apontam que, nos próximos 15 ou 20 anos, os biocombustíveis poderão ser a fonte de 25% das necessidades energéticas mundiais.

Movida por pressões e interesses os mais diversos, a discussão abrange desde os conflitos entre produção de alimento e combustível, as condições de trabalho escravo presentes nos canaviais, o impacto que a expansão da área ocupada pela cana terá sobre a integridade da floresta Amazônica, bem como as consequências danosas da monocultura e os prejuízos à biodiversidade.

O estudo da sustentabilidade da produção do etanol é, portanto, tema de interesse não só dos produtores de etanol, diretamente beneficiados pelo aumento do volume de negócios, mas de vários outros participantes do negócio etanol, bem como da sociedade brasileira como um todo. O país resente-se da falta de uma melhor definição de políticas públicas que orientem e priorizem uma matriz energética primordialmente voltada para fontes de energia renovável. Por outro lado, é fundamental que se tenha clareza sobre os impactos que a opção brasileira por uma expansão da produção de etanol terá sobre o meio ambiente, bem como sobre o que será necessário para garantir que a expansão se dê de maneira sustentável e favorável à criação de uma maior demanda pelo mercado nacional e internacional.

O Estado de São Paulo tem sido o local privilegiado das transformações por que passou o setor sucroalcooleiro nos últimos 30 anos: de agrícola a industrial, e de industrial a produtor de energia. São Paulo concentrou, na safra 2007/2008, 62.4% da produção brasileira de açúcar e respondeu por 61.4% dos 22 bilhões de litros de etanol produzidos pelo Brasil. É em São Paulo onde estão sediadas as principais instituições de pesquisa e ensino do setor, onde se localizam as empresas mais dinâmicas e onde a preocupação com as questões ambientais do setor é mais forte. É, portanto, devido especialmente a esse último fator que esta monografia

está restrita ao etanol produzido no Estado de São Paulo, uma vez que será nas organizações presentes nesse Estado que a proposta deste trabalho poderá encontrar maior ressonância.

O setor sucroalcooleiro brasileiro atravessou nos últimos anos um período de intenso desenvolvimento e expansão de seus horizontes. É hoje objetivo do setor fazer com que o etanol se transforme em uma *commodity* energética global e, para tanto, a produção e o consumo de etanol tem de necessariamente ocorrer em outras regiões do mundo além do Brasil.

Com este propósito em mente, os produtores e o governo brasileiro têm se empenhado em divulgar internacionalmente os benefícios do etanol como um combustível renovável. Esta expansão de horizontes tem colocado na linha de frente a questão da sustentabilidade do etanol e suas vantagens em relação a outros combustíveis, aí incluídos não só os de origem fóssil, mas também o etanol produzido a partir de outros tipos de biomassa que não a cana-de-açúcar.

Deste modo, a experiência bem-sucedida do Brasil na produção de etanol e na implantação de um programa de biocombustíveis, particularmente a partir de 2003, com a introdução dos veículos *flex-fuel*, tem sido motivo de admiração, mas também de críticas frequentes nos fóruns internacionais. Respostas adicionais que possam ser levadas ao mercado, especialmente quando reconhecidas internacionalmente, serão necessárias e bem-vindas.

Os instrumentos disponíveis para avaliar o etanol do ponto de vista ambiental, tais como a análise de ciclo de vida do produto, sistemas de gestão ambiental, a certificação ambiental ou a pegada ecológica, conseguem responder a aspectos ambientais específicos da produção do etanol e são fundamentais para medir e monitorar o progresso das ações planejadas. Entretanto, por si só não configuram uma resposta abrangente sobre a sustentabilidade. O que este trabalho pretende é ampliar este debate ao abrir uma outra trilha conceitual, propondo o exame de uma metodologia de análise da sustentabilidade – *The Natural Step* (TNS) – baseada em uma visão biofísica e sistêmica. Desenvolvido e testado inicialmente em empresas e instituições públicas da Suécia, *The Natural Step* tem sido utilizado, desde 1989, como um roteiro-catalisador para que as partes envolvidas em um determinado processo produtivo possam discutir e tomar decisões que levem à produção sustentável de bens e serviços.

Nesta monografia pretende-se mostrar como a metodologia proposta por *The Natural Step* pode servir para articular a base científica já desenvolvida sobre a sustentabilidade do etanol brasileiro e propor ao setor sucroalcooleiro uma forma nova e estruturada de discutir e tomar decisões sobre o futuro do etanol – que se quer sustentável – no Estado de São Paulo. Tentará definir os fluxos críticos na cadeia de produção do etanol e sugerir um processo de planejamento que poderá ser posteriormente validado pelas empresas e organizações intervenientes na atividade sucroalcooleira. Pretende-se, enfim, propiciar um modelo de negócio orientado para a economia de recursos. Na medida em que o etanol avança no Brasil e no mercado internacional, maior será a sua visibilidade, e maior a necessidade do setor estar preparado para produzir de modo sustentável.

Ao alinhar todos as forças e fragilidades da cadeia do etanol, tais como a melhoria da qualidade da terra devido à fertirrigação, a redução das emissões de gases de efeito estufa, a mecanização do trabalho nos canaviais, a incorporação do progresso tecnológico nos últimos 30 anos, a substancial redução dos custos de produção, ao lado do impacto das queimadas e a expansão da cultura canavieira, estarão sendo identificados os pontos mais relevantes para uma avaliação ambiental do etanol.

Para tanto, apresentamos no Capítulo 1 o que se entende na literatura por sustentabilidade, as dificuldades em traduzir o conceito em uma fórmula simples, e a preponderância da definição proposta pelo Relatório Brundtland. No Capítulo 2 discorremos sobre a estrutura de referência do *The Natural Step*: o seu núcleo, constituído pelas quatro condições sistêmicas; o seu alicerce científico, com as leis da conservação e o princípio ecocíclico; o planejamento via *backcasting*; o monitoramento do processo em direção à sustentabilidade; e o sucesso do método ao ser adotado como ferramenta de planejamento estratégico por várias grandes empresas internacionais. No capítulo 3, destacamos as principais questões ambientais do etanol produzido no Estado de São Paulo e que devem balizar a busca pela sustentabilidade: o balanço de energia e a redução das emissões de impacto global, a qualidade do ar nas regiões canavieiras e nos centros urbanos, o processamento industrial hidrintensivo da cana-de-açúcar, a reciclagem de nutrientes via fertirrigação, a expansão da cultura canavieira, e o emprego na lavoura de cana e a progressiva mecanização. Por fim, como conclusão, são propostos alguns pontos sobre como se poderia fazer avançar a sustentabilidade do etanol adotando a metodologia *The Natural Step* como referência.

2 - O QUE SE ENTENDE POR SUSTENTABILIDADE?

A palavra sustentabilidade passou a fazer parte de qualquer discurso que se pretenda atual e afinado com a modernidade. Todos preferem o que é sustentável, modelos e ferramentas de gestão são desenvolvidos para que as empresas alcancem a sustentabilidade, bolsas de valores agrupam as empresas mais capazes de criar valor para os acionistas em índices de sustentabilidade, não há qualificação mais desejada para o desenvolvimento de uma nação do que aquele que se diz sustentável. É difícil encontrarmos um adjetivo que melhor incorpore a noção de bom e desejável do que *sustentável*. Se tudo que é sustentável é bom e está acima de qualquer suspeita, o que afinal se entende por sustentabilidade?

As dificuldades para definir sustentabilidade e a excessiva frequência com que a palavra é utilizada levou a uma bem-humorada comparação por estudiosos do assunto:

Mais de uma década depois da Comissão Brundtland haver emitido sua famosa definição de sustentabilidade, o conceito permanece arisco e traiçoeiro. É uma mula que pode ser atrelada a muitas carroças e, às vezes, a mula sofre com os abusos. No entanto, diferentemente das mulas, a sustentabilidade é um conceito fértil que gerou muitos filhotes intelectuais, alguns dos quais não parecem pertencer à família. (PRUGH et al. 2000 apud BECK, 2002)

Não é fácil portanto definir sustentabilidade, porque várias são as abordagens possíveis. Podemos definir a atividade sustentável como aquela atividade que pode ser continuada ou repetida no futuro previsível. Podemos também adotar a definição que tem origem na ecologia e que surgiu no âmbito da *International Union for Conservation of Nature-IUCN*, organização internacional fundada em 1948 para apoiar ações que visam conservar a integridade e diversidade da natureza. Assim, temos que o desenvolvimento sustentável significa melhorar a qualidade da vida humana dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas. Como podemos notar, o conceito de sustentabilidade facilmente se confunde com o conceito de desenvolvimento sustentável, dificultando a clareza de definição de um e outro.

Vale a pena destacar alguns marcos da evolução das discussões sobre meio ambiente, ao longo das últimas décadas, para verificarmos as modificações no conceito de sustentabilidade. Podemos marcar o início das preocupações ambientais com a publicação, em 1962, do livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), da escritora americana Rachel Carson. Considerada por muitos como a fundadora do movimento ambientalista contemporâneo, ela demonstrou para o

grande público a vulnerabilidade da natureza frente à intervenção humana. Ao discutir os efeitos dos pesticidas químicos sobre o meio ambiente, e especialmente sobre os pássaros, seu livro provocou um grande interesse do público americano pelas questões ambientais e contribuiu para que o pesticida DDT fosse banido nos Estados Unidos anos mais tarde. Pela primeira vez no mundo foi amplamente aceita a idéia da necessidade de regulação das indústrias para proteger o meio ambiente.

Em abril de 1968, um grupo de trinta pessoas de dez países diferentes se reuniu em Roma, sob a liderança de Aurelio Peccei, um industrial italiano, para discutir o presente e o futuro da situação do homem na terra. Este encontro deu origem ao Clube de Roma, uma organização que tinha por objetivo promover o entendimento sobre os vários componentes interdependentes – econômico, político, natural e social – que, juntos, constituem o sistema global em que vivemos; trazer este entendimento à atenção dos formuladores de política e do público em geral, e promover assim novas políticas e novos modos de agir (MEADOWS et al., 1972). As pessoas que faziam parte do Clube de Roma estavam unidas pela convicção de que os problemas enfrentados pela humanidade eram de tal complexidade e tão interrelacionados que as instituições e políticas tradicionais já não eram capazes de lidar com estas questões, nem mesmo de entendê-las plenamente.

O primeiro estudo realizado para cumprir este objetivo teve o título de “Os Limites do Crescimento”, e teve por base um modelo que analisava cinco importantes variáveis: industrialização acelerada, rápido crescimento da população, desnutrição generalizada, esgotamento dos recursos não-renováveis e deterioração do meio ambiente. A premissa era de que essas variáveis cresciam exponencialmente e que, se nada fosse mudado, os limites de crescimento no planeta seriam atingidos nos próximos cem anos. Meadows et al. (1972, p.84), ao discutirem as dificuldades de estimar a velocidade do crescimento exponencial da poluição, deixavam claro o alerta:

Nós não sabemos qual é, com precisão, o limite superior da capacidade da Terra para absorver qualquer tipo específico de poluição, e muito menos sua capacidade para absorver a combinação de todos os tipos de poluição. Nós sabemos, entretanto, que *existe* um limite superior.

No mesmo ano de publicação do relatório do Clube de Roma, em 1972, a Organização das Nações Unidas promove a Conferência sobre o Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia, e lança a Declaração de Estocolmo, composta por 23 princípios, “considerando a necessidade

de um ponto de vista e de princípios comuns para inspirar e guiar os povos do mundo na preservação e na melhoria do meio ambiente”. Esta declaração passa a ser um marco fundamental na constituição do direito ambiental internacional. Na ocasião é também aprovada a criação do que viria a ser conhecido como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente-PNUMA.

Em 1987 é publicado o decisivo Relatório Brundtland. Resultado dos trabalhos da Comissão sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, presidida pela Primeira-Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, esse relatório também ficou conhecido como *Nosso Futuro Comum*. É aí conceituado pela primeira vez o termo desenvolvimento sustentável, como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. De acordo com o relatório, um novo modelo econômico para o alcance desses objetivos requer um conjunto de ações de curto, médio e longo prazo que reduzam o esgotamento dos recursos naturais, a crescente desigualdade social e o crescimento econômico ilimitado. O desenvolvimento sustentável propõe assim integrar de forma equilibrada os aspectos ambientais, sociais e econômicos, respeitando a sua interdependência.

Como ressalta Romeiro (2003), o conceito de desenvolvimento sustentável surge nessa ocasião como uma proposta conciliadora para o debate entre crescimento econômico e meio ambiente. Não defendia o crescimento zero, como fazia o relatório do Clube de Roma, mas também não atribuía ao progresso científico e tecnológico o poder de evitar a deterioração do meio ambiente, premissa do pensamento econômico convencional.

A preocupação com as questões ambientais se acelerou com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 e conhecida no Brasil como ECO-92. Através da Agenda 21, o documento mais abrangente produzido pelo evento, é consagrado o princípio de desenvolvimento sustentável, conciliando proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Foram também assinadas nessa ocasião a Convenção sobre Biodiversidade e a Convenção sobre Mudanças do Clima.

A ciência econômica traz uma outra abordagem para definir sustentabilidade. A definição de sustentabilidade está baseada, nesse caso, nos conceitos de estoque de capital natural e capital humano, ou seja, capital criado pelo homem, e até onde pode chegar a capacidade de

substituição de um pelo outro. Os economistas neoclássicos assumem que o capital criado pelo homem é um bom substituto do capital natural, e que a soma dos dois tipos de capital garante a sustentabilidade, que é conhecida como sustentabilidade fraca. Na base deste conceito está a visão da infinitude dos recursos naturais.

Já os economistas ecológicos defendem que os dois capitais são complementares, e não substitutos um do outro. Assim, o capital natural é um fator de limite ao crescimento e o aporte crescente de tecnologia não poderá ser a resposta para ampliar o estoque de capital natural indefinidamente. A essa abordagem de limitação do capital natural dá-se o nome de sustentabilidade forte. Nessa visão, a economia sustentável seria aquela que respeita os limites físicos dos ecossistemas, mas que continua a funcionar. Ela incorpora nas práticas e nas políticas uma visão de que a biosfera é finita, funciona de acordo com as leis da termodinâmica, e que para garantir a sobrevivência do planeta, é necessário desenvolver novas maneiras de pensar o crescimento econômico.

Mas quando se trata de pensar de maneira inovadora, vale destacar as observações de Romeiro (2003) quanto aos limites à mudança nos valores da sociedade, já que

“a grande dificuldade para a adoção de uma atitude precavida de buscar estabilizar o nível de consumo de recursos naturais está em que essa estabilização pressupõe uma mudança de atitude que contraria a lógica do processo de acumulação de capital em vigor desde a ascensão do capitalismo”.

E fazendo um contraponto às abordagens acima mencionadas surge uma outra, denominada por Veiga (2008) de perspectiva biofísica, que não vê a economia como um sistema autônomo, mas sim parte dependente de um ecossistema maior. Segundo esta perspectiva “só pode haver sustentabilidade com minimização dos fluxos de energia e matéria que atravessam o subsistema econômico, e a decorrente necessidade de desvincular avanços sociais qualitativos de infundáveis aumentos quantitativos da produção e do consumo”. É a esta corrente que, a nosso ver, a metodologia *The Natural Step* (TNS) estaria filiada. Como poderemos verificar no capítulo seguinte, que apresenta os fundamentos desta metodologia, *The Natural Step* parte da premissa de que as regras do mundo biofísico não podem ser mudadas, emendadas ou negociadas. Em última instância, as regras da natureza sempre prevalecem sobre as regras dos homens.

3 - A METODOLOGIA THE NATURAL STEP

3.1 A estrutura de referência The Natural Step

A metodologia *The Natural Step* (TNS) foi criada para nortear o caminho das organizações e comunidades interessadas na busca da sustentabilidade. *The Natural Step* apresenta um arcabouço teórico simples que permite integrar as questões ambientais à realidade dessas organizações e comunidades e fazer com que elas possam se mobilizar em direção ao desenvolvimento sustentável.

Na base da estrutura de referência do TNS está a necessidade de se usar o pensamento sistêmico para compreender o que é sustentabilidade. Sabemos que é impossível entender o comportamento de um sistema apenas pelas propriedades das partes que compõem este sistema. Um sistema complexo é, ao mesmo tempo, um conjunto de partes e de relações que se estabelecem entre essas partes, o que por sua vez dá origem a novas propriedades emergentes deste sistema. Sustentabilidade pode ser, então, entendida como uma propriedade que emerge das interações e interrelações dos múltiplos subsistemas existentes dentro de um sistema sócio-econômico-ambiental global (NATTRASS; ALTOMARE, 2002). Deste modo, apesar da sustentabilidade só existir de fato no nível do sistema global, estamos limitados, em nossas ações e capacidade de influência, aos subsistemas, sejam eles as empresas ou as comunidades em que vivemos.

As evidências científicas a respeito do impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente são cada vez mais robustas. Se nos restringirmos apenas às mudanças climáticas, os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas das Nações Unidas (IPCC) apontam para uma elevação contínua da temperatura média do planeta nos últimos 50 anos. Os impactos dos sistemas humanos que, até a Revolução Industrial, eram considerados quase insignificantes para o equilíbrio do planeta, assumiram nos últimos 200 anos uma magnitude tal que podem ser hoje comparados às forças geológicas.

3.2 O núcleo: as quatro Condições Sistêmicas

Para iniciar a jornada para a sustentabilidade, é preciso identificar o que é necessário para uma sociedade ser sustentável, bem como de que modo se configura um sistema

homem/natureza integrado e ecologicamente sustentável. Para promover este entendimento, o criador da metodologia *The Natural Step*, Karl-Henrik Robèrt, desenvolveu os princípios básicos que devem reger a sustentabilidade e, para explicá-los, recorre com frequência à analogia entre tronco, galhos e folhas de uma árvore (ROBÈRT, 2003). O tronco é a entidade estável que dá a estrutura para o sistema. Os princípios gerais, que estão no tronco e nos galhos, são imutáveis e não-negociáveis. Eles devem se manter para que a árvore continue a existir. Já as folhas, elas são todas as conseqüências e atividades do sistema. Elas são as inúmeras idéias e estratégias que brotam dos princípios básicos. Estas sim são negociáveis.

A definição de sustentabilidade deve ser buscada a partir dos princípios básicos, já que é muito difícil definir em detalhes o que seria uma sociedade sustentável, considerando-se que são infinitos seus possíveis desenhos. O que o TNS propõe-se então a descrever são os princípios nos quais este desenho possa se basear e, a partir daí, desenvolver uma estrutura de referência para planejar dentro deste sistema complexo.

Como a não-sustentabilidade iniciou-se a partir das atividades humanas, seria lógico considerar esses princípios como restrições, ou seja, princípios que determinam no geral o que as atividades humanas não devem causar ao meio ambiente. Assim, os mecanismos através dos quais as atividades humanas podem deteriorar, ou afetar negativamente, a natureza, foram traduzidos em quatro proposições, ou condições sistêmicas, que constituem o critério mínimo para uma sociedade sustentável. As primeiras três condições descrevem os mecanismos pelos quais as atividades humanas podem destruir os ciclos naturais dos quais a vida na Terra depende; a quarta aponta para o fato de que as três primeiras condições não poderão ser atendidas se a possibilidade das pessoas satisfazerem suas necessidades básicas for sistematicamente frustrada.

Condição Sistêmica 1:

Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita a concentrações sistematicamente crescentes de substâncias extraídas da crosta terrestre.

Isso significa que em uma sociedade sustentável, combustíveis fósseis, metais e outros minerais não devem ser extraídos e dispersados em uma velocidade superior ao seu depósito e reintegração na crosta terrestre. Para eliminar a contribuição para esse aumento é possível

substituir certos minerais que são escassos na natureza por outros que são mais abundantes. Como aponta Robèrt (2003): “Quanto mais comum for o metal encontrado na natureza, mais livremente poderemos usá-lo e reciclá-lo sem medo de aumentar as concentrações. O alumínio e o ferro, por exemplo, são consideravelmente mais comuns na natureza que o cobre e o cádmio.” Com o uso eficaz desses metais e o aprimoramento dos sistemas de reciclagem poderemos evitar o aumento de concentrações na natureza.

Condição Sistêmica 2:

Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita a concentrações sistematicamente crescentes de substâncias produzidas pela sociedade.

Para eliminar a contribuição para esse aumento, sugere-se substituir sistematicamente certos compostos persistentes e antinaturais por aqueles que normalmente são abundantes, ou que se decompõem mais facilmente na natureza, e usar de maneira eficiente todas as substâncias produzidas pela sociedade.

Condição Sistêmica 3:

Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita à degradação sistematicamente crescente por meios físicos.

Nossa saúde e prosperidade dependem da capacidade da natureza em reconcentrar e reestruturar resíduos em recursos. Portanto, a base de recursos para a produtividade na ecosfera, tais como áreas férteis, espessura e qualidade dos solos, disponibilidade de água fresca, e biodiversidade, não são sistematicamente deteriorados pelas colheitas excessivas, inovações e outras formas de modificação. Para eliminar a contribuição para a degradação física sistemática da natureza, recomenda-se só tirar recursos de ecossistemas bem administrados, verificar o uso mais produtivo e eficiente dos recursos, e agir com precaução em todos os tipos de modificações da natureza.

Condição Sistêmica 4:

Na sociedade sustentável, as necessidades humanas são satisfeitas em todo o mundo.

Se a proposta da sociedade é atender às necessidades básicas humanas no presente e no futuro, e ao mesmo tempo atender às restrições dadas pelas três primeiras condições sistêmicas, então o uso de recursos deve ser mais eficiente. Sendo mais eficiente técnica, organizacional e socialmente, haverá um fluxo maior de serviços com possibilidade de atender às necessidades humanas.

3.3 O alicerce científico: as leis da conservação e o princípio ecocíclico

Ao desenvolver a metodologia *The Natural Step*, Robèrt sempre se preocupou em dar a ela uma base científica sólida. Para chegar às quatro condições acima enunciadas, recorreu às leis de conservação da matéria e da energia. Apesar de serem leis básicas da ciência e aceitas por todos os físicos, Robèrt percebeu que as pessoas em geral não as entendem e, mesmo os cientistas nem sempre percebem como essas leis formam o contexto para o desenvolvimento sustentável. Para entender o que é necessário para a criação de uma sociedade sustentável, é fundamental compreender as leis físicas que possibilitam, mas também restringem, a vida, assim como o princípio ecocíclico que governa o metabolismo das células, dos organismos e das sociedades.

Toda a estrutura de referência do TNS, como aponta Nattrass (2002), parte de duas premissas fundamentais: a primeira, de ordem ética, é de que é fundamentalmente errado destruir a capacidade futura da Terra de suportar a vida; a segunda, de ordem social e biofísica, é de que é impossível para a humanidade tolerar a destruição contínua do meio ambiente. As regras do mundo biofísico não podem ser mudadas, emendadas ou negociadas. Em última instância, as regras da natureza sempre prevalecem sobre as regras dos homens.

Assim, os princípios abaixo enunciados formam a base científica da estrutura de referência do TNS:

- **Energia e matéria não podem ser criadas ou destruídas.** A energia existe em diferentes formas, seja ela gravitacional, química ou elétrica, seja calor, luz ou movimento, e está sempre se modificando de uma forma em outra. De acordo com a lei de conservação da energia, conhecida como a primeira lei da termodinâmica, a energia pode mudar de forma, mas a quantidade total permanece constante. De acordo com o princípio de conservação da matéria, em um processo de transformação os

átomos do início do processo são exatamente os mesmos do final. Desta maneira, todos os recursos materiais que processamos, ou bem se transformam em produtos, ou acabam no meio ambiente. Nada desaparece, apenas toma outra forma. Quando se trata de matéria, a Terra é um sistema de ciclo fechado.

- **Energia e matéria tendem a se dispersar.** Enquanto a primeira lei trata da quantidade total de energia, que permanece a mesma antes e depois do processo de transformação, a segunda lei da termodinâmica, também conhecida como lei da entropia, diz que a quantidade de energia disponível para realizar trabalho diminui a cada transformação e tende a se dispersar pelo sistema. A segunda lei da termodinâmica explica a irreversibilidade da transformação da energia em todos os processos, onde a energia liberada, por exemplo, em um processo de combustão, não pode ser usada para fazer a fumaça voltar à mesma quantidade de combustível.
- **O valor dos materiais é medido pela concentração, pela pureza e pela estrutura da matéria.** À medida que se transforma e se dispersa espontaneamente, a matéria perde sua concentração, pureza e estrutura, se desorganizando e perdendo valor. A qualidade da matéria, ou seu valor biológico e econômico, é dada por sua concentração, pureza e estrutura. Assim, quanto mais concentrada a qualidade energética de um alimento, maior o seu valor biológico. Da mesma maneira, consideramos um lingote de ouro mais valioso economicamente do que a mesma quantidade deste metal dispersa na natureza. Se dermos estrutura à matéria, ou seja, se o ouro for transformado em anel, maior ainda será o valor de seu grama.
- **O aumento líquido do valor dos materiais na Terra é dado por processos comandados pelo Sol.** A fotossíntese é o processo elementar do qual dependem fundamentalmente todos os processos biológicos da Terra. É por meio da fotossíntese que as plantas usam a energia solar para reunir a matéria dispersa e acumulá-la em novas estruturas complexas, tais como no ciclo do carbono. Assim, enquanto a Terra é um sistema de circuito fechado quando se trata de matéria, ela é um sistema aberto quando se trata de energia. Isto explica porque o sistema ainda não se acabou, com todos os seus recursos sendo convertidos em resíduos. A Terra recebe luz do Sol e emite calor para o espaço. A diferença entre essas duas formas de energia cria as

condições físicas para que haja ordem na biosfera, a camada na qual se misturam todos os ingredientes para a vida.

A partir dos princípios científicos básicos apresentados acima, surge o princípio ecocíclico, garantidor do equilíbrio entre os processos de reconstrução e de decomposição. De acordo com este princípio, os resíduos não devem sistematicamente se acumular na natureza e a reconstrução contínua dos resíduos em recursos deve ser no mínimo tão grande quanto sua dispersão. O princípio ecocíclico, do qual as três primeiras condições sistêmicas foram derivadas, defende que a matéria deva ser processada em ciclos. Consequentemente, para que a sociedade seja considerada sustentável, o processo de transformação da energia e matéria pelas atividades humanas, ou seja, o metabolismo da sociedade, deve estar integrado aos ciclos da natureza. Estes são os pré-requisitos para a existência e continuidade da vida.

3.4 Planejamento via *backcasting* (retrovisão)

O termo *backcasting* foi cunhado originalmente pelo Dr. J. B. Robinson, da Universidade da Columbia Britânica, no Canadá (ROBERT, 2003), e significa planejar a partir de um ponto de partida de sucesso no futuro. Imagina-se como seria o futuro desejado e depois se planeja o que deve ser feito no momento para chegar àquele ponto.

Uma vez que uma organização tenha se projetado no futuro numa condição de sustentabilidade e criado uma visão ideal de si mesma, cabe então fazer a retrovisão (*backcasting*) para o momento atual e determinar que passos são necessários para atingir esta condição ideal.

Diferentemente da estratégia de previsão (*forecasting*), onde os problemas e tendências existentes no momento são projetados, correndo-se o risco de continuarmos com as causas subjacentes aos problemas, o método da retrovisão ajusta as diversas medidas umas em relação às outras, de modo que cada atividade possa ser uma base lógica, uma plataforma, para a fase subsequente.

O objetivo final de qualquer organização que vise à sustentabilidade é não contribuir para a violação das quatro condições sistêmicas. Entretanto, não é suficiente que uma organização realize investimentos estratégicos que apenas cumpram, no curto prazo, as condições

sistêmicas. É importante considerar os passos dados e evitar que cheguem no futuro a becos sem saídas. Cada investimento deve, portanto, fornecer pontos de apoio tecnicamente viáveis para que investimentos futuros possam se dar na mesma direção. Isto é conhecido na metodologia *The Natural Step* como plataformas flexíveis. Um bom exemplo é produzir um motor de automóvel mais eficiente não apenas quanto ao consumo de combustível, o que em si já atenderia ao aspecto benéfico da desmaterialização da condição sistêmica 1, mas que esse motor também possa funcionar no futuro com outros combustíveis. Isto se torna particularmente importante quando os investimentos são altos e mobilizam recursos por um longo período de tempo (ROBERT et al., 2002).

De todas as plataformas flexíveis a serem consideradas, a prioridade deve ser dada àquelas que têm a maior chance de produzir um bom retorno do investimento. Podem ser aquelas que são relativamente mais baratas, ou que satisfaçam uma demanda crescente no mercado, ou ainda que atendam mudanças na legislação que já se prenunciam. Um bom retorno do investimento pode inclusive servir para financiar as próximas plataformas flexíveis.

No planejamento tradicional, tudo o que parece importante no presente vem a definir o futuro. Como explica Robert (ROBERT, 2003), na prática isso significa que as estratégias de planejamento baseiam-se nos níveis de impostos atuais, nos custos atuais da tecnologia, nos combustíveis atuais e nos sistemas de geração de energia atuais. Assim, arriscamos a conservar no futuro os problemas atuais.

O método de retrovisão é particularmente útil, de acordo com Dreborg, quando o problema a ser estudado é complexo, ou quando o escopo é grande o suficiente e o horizonte de tempo longo o suficiente para deixar margem para escolhas. Esse parece ser o caso do etanol.

3.5 Monitorando o processo em direção à sustentabilidade

Há dois níveis a considerar quando tratamos de monitorar o processo e o progresso em direção à sustentabilidade. O primeiro nível trata de avaliar se as ações são compatíveis com os planos e objetivos traçados, se o caminho de transição está nos trazendo mais próximos das condições sistêmicas: os fluxos de determinadas substâncias foram reduzidos, os seus substitutos já estão sendo utilizados? O segundo nível monitora os verdadeiros impactos no sistema que queremos proteger: as florestas foram mantidas, o desemprego foi reduzido?

Muitas ferramentas desenvolvidas para gerenciar e monitorar o desenvolvimento sustentável passaram a ser aceitas pela comunidade de negócios durante os anos 90. Dentre elas destacam-se os sistemas de gestão ambiental, como a ISO 14000 ou o *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS) europeu, a Análise de Ciclo de Vida do produto (ACV), a certificação ambiental, a Pegada Ecológica, os métodos Fator 4 e Fator 10, o Fluxo Total de Materiais, o Capitalismo Natural e o própria estrutura de referência do *The Natural Step*.

A estrutura de referência do TNS, desenhada para o processo de tomada de decisões sobre a sustentabilidade, depende de ferramentas desenvolvidas por outras instituições ou grupos. Isto inclui o recurso, por exemplo, aos conceitos desenvolvidos pelo Instituto Fator 10 para avaliar quantitativamente as atividades que buscam cumprir a desmaterialização preconizada pelas condições sistêmicas. Também inclui o uso de várias ferramentas para monitorar a transição, tais como ferramentas de gerenciamento como a ISO 14000, bem como outros indicadores de progresso, tal como a Análise de Ciclo de Vida do produto.

A métrica tem como objetivo medir e dar visibilidade aos resultados e ela é fundamental para incorporar o conceito de sustentabilidade aos negócios. O desafio, portanto, é desenvolver a métrica adequada, bem como as linhas de base. Algumas empresas que utilizam a estrutura de referência do TNS já avançaram consideravelmente na definição desta *ecométrica*. Destaca-se o trabalho desenvolvido pela empresa sueca *Sanga-Saby*, que criou um conjunto de indicadores de desempenho ambiental baseados nas condições sistêmicas (www.sanga-saby.se/eng/index.html).

3.6 Aplicações da metodologia

Empresas são importantes atores no metabolismo da sociedade. Elas dependem do fluxo de recursos do ecossistema tanto em termos de materiais quanto em serviços ambientais. A estrutura de referência do TNS oferece às empresas uma maneira de integrar este modo de pensar e analisar à condução dos seus negócios.

A aplicação da metodologia *The Natural Step* tem fornecido material para a elaboração de diversos estudos de caso de sucesso. Inicialmente aplicada na Suécia, *The Natural Step* teve rápida aceitação entre empresas-líderes daquele país. Dentre elas destacam-se a IKEA, maior rede de varejo de móveis e artigos para casa do mundo, a Electrolux, fabricante em escala

mundial de eletrodomésticos, e a rede de hotéis norte-européia Scandic, todas elas pioneiras no uso da metodologia *The Natural Step* para planejar estrategicamente o caminho rumo à sustentabilidade.

Ao longo da década de 90 esta experiência se expandiu e foi adotada por empresas norte-americanas também conhecidas mundialmente. Foi então a vez da NIKE, fabricante de artigos esportivos, da Starbucks, maior rede fornecedora de cafés especiais, e da CH2M Hill, uma das maiores empresas de engenharia consultiva.

Os exemplos não se restringem ao mundo corporativo. Destaca-se a experiência desenvolvida com a Federação dos Agricultores Suecos (LRF) e a Federação dos Agricultores Ecológicos Suecos (ARF) para chegar a um documento de consenso sobre as questões ambientais na agricultura e elaborar um modelo analítico coletivo que enfatizou a perspectiva de longo prazo da agricultura em uma sociedade sustentável (ROBERT, 2002). O município de Whistler, estação de esportes de inverno situado no oeste do Canadá, ocupa um lugar privilegiado entre os que adotaram a metodologia *The Natural Step* e oferece o mais completo caso de aplicação da metodologia por uma comunidade (NATTRASS; ALTOMARE, 2002).

No Brasil, a experiência tem se limitado aos trabalhos desenvolvidos com a empresa Multibrás, fabricante de eletrodomésticos e pertencente ao grupo Whirpool, e com a empresa Promon Engenharia. Com o intuito de ampliar esse quadro, esta monografia tem por objetivo aplicar a estratégia de busca da sustentabilidade do TNS à cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar, tal como este é produzido no Brasil. Pretende-se propor ao setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo uma forma nova e estruturada de discutir e tomar decisões sobre o futuro do setor, que se quer sustentável.

4 - DO ÁLCOOL AO ETANOL

Produzir energia a partir de biomassa, a preços competitivos, não é tarefa para todos e nem para muitos países. Na faixa subtropical do planeta temos aproximadamente 100, na sua maioria na América do Sul, no Caribe e na África, que apresentam condições edafoclimáticas compatíveis com o cultivo da cana-de-açúcar. Para estes países a produção de etanol pode representar não apenas uma rota inovadora de geração de energia, mas a abertura de novas possibilidades para alcançar o desenvolvimento econômico.

O Brasil ocupa uma posição de liderança neste cenário. Ao reunir condições naturais, tecnológicas e econômicas, o Brasil soube construir, desde meados da década de 70, uma alternativa viável de combustível líquido renovável que tem atraído nos últimos anos uma atenção internacional crescente. Trata-se, de fato, da única alternativa ao uso de combustíveis líquidos fósseis para o transporte de pessoas já implementada em larga escala no mundo.

Em 1975, quando o governo brasileiro, pressionado pelos preços crescentes do petróleo, que provocavam dificuldades para a balança comercial brasileira, decidiu criar o ProÁlcool, não se poderia prever que, mais de 30 anos depois, o meio ambiente seria um tema central nas discussões internacionais. E não se poderia muito menos imaginar que as discussões sobre a sustentabilidade seriam fundamentais ao esforço brasileiro para ampliar sua presença como produto de exportação e, ao aumentar o número de países produtores, poder transformá-lo em uma *commodity* no mercado mundial. O que antes era *álcool*, ao se internacionalizar passou a se chamar *etanol*. Os benefícios do etanol para o meio ambiente passaram a ocupar um papel primordial nas discussões e, sua aceitação pelo mercado internacional, muito dependente de sua sustentabilidade.

Como apontaram GOLDEMBERG e MOREIRA (1999), um dos benefícios obtidos com o uso do etanol como combustível líquido no Brasil foi demonstrar para o mundo que um programa de combustível alternativo e renovável pode ser desenvolvido e implementado em menos de 10 anos. Também destacaram no mesmo estudo que o futuro do mercado do etanol estava indissolivelmente ligado à mecanização da colheita. Sociedades mais preocupadas com o meio ambiente jamais aceitariam a idéia de que um combustível limpo poderia vir de uma cultura que tem que ser queimada antes de ser colhida. O sucesso do programa brasileiro do álcool nos primeiros anos deveu-se à obrigatoriedade da mistura de 20 a 25% de etanol na

gasolina e à disponibilização de empréstimos do governo para as usinas a taxas de juros baixas. Após o ano 2000, o programa teve o seu sucesso complementado pela expansão do mercado de veículos *flex-fuel*. Lançados em março de 2003, estes veículos podem ser abastecidos com gasolina, etanol ou qualquer mistura destes dois combustíveis. Estima-se que ao final de 2008, os carros *flex-fuel* serão 25% da frota brasileira de veículos leves, chegando a 50% em 2012 e 65% em 2015 (UNICA, 2008).

Na safra 2007/08, 7,8 milhões de hectares de cana produziram 487 milhões de toneladas de açúcar e 22 bilhões de litros de etanol (UNICA, 2008). O Estado de São Paulo foi responsável por aproximadamente 60% desta produção. Ao todo, são 350 usinas no Brasil. O setor sucroalcooleiro brasileiro passa por um crescimento exuberante, onde US\$ 33 bilhões de dólares em novos investimentos estão previstos para novas usinas e ampliação das existentes no período 2008-2012 (UNICA, 2008). A presença do capital externo no setor tem aumentado. Em 2007/08, 22 usinas estavam sob controle do capital externo, enquanto estima-se que em 2012/13 este número passará a 33 usinas, ou 12% do mercado.

Para a safra 2008/09, estima-se a área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo em 4,9 milhões de hectares, enquanto 7,7 milhões de hectares são estimados para o Brasil. (Instituto de Economia Agrícola, Secretaria da Agricultura do Estados de São Paulo, IEA, 2008).

Na história sócio-ambiental do etanol, destacamos 6 temas que se entrelaçam e que devem balizar a busca pela sustentabilidade. Não se pretende aqui fazer um levantamento exaustivo dos impactos ambientais causados tanto pela fase agrícola quanto industrial da produção do etanol, e muito menos uma defesa ponto a ponto do etanol como um combustível sustentável. O que se pretende é ressaltar os temas que têm maior chance de, se corretamente tratados pelo setor sucroalcooleiro, apontarem para um cenário de produção mais sustentável do etanol, especialmente no estado de São Paulo.

4.1 Balanço de energia e redução das emissões de impacto global

As vantagens do etanol de cana-de-açúcar em termos de balanço de energia são conhecidas desde 1977, quando Moreira e outros publicaram o primeiro balanço de energia na produção de álcool. Em 1992, Macedo divulgou a contribuição do setor sucroalcooleiro para a redução

das emissões de CO₂ no Brasil. Os dados aí apresentados foram atualizados em 1998 e novamente em 2003, quando se chegou à razão de 8,3 entre a energia renovável do etanol e a energia fóssil utilizada na sua produção durante o seu ciclo de vida. As emissões evitadas no centro-sul do Brasil chegaram em 2003 a 2,6 e 1,7 tCO₂eq/m³ para o álcool anidro e hidratado, respectivamente. Estes dados foram novamente atualizados (MACEDO et al., 2008) tendo por base os dados para o centro-sul do Brasil da safra 2005/06. Mudanças na produtividade da cana devido à introdução de novas variedades, as restrições progressivas às queimadas e o aumento do excedente de eletricidade provocaram alterações no balanço de energia e nas emissões de gases de efeito estufa. Temos agora um balanço de energia de 9,3 e reduções importantes nas emissões. Estima-se que avanços no cultivo da cana e nas técnicas de colheita, bem como o uso mais eficiente do bagaço na geração de eletricidade, trarão ganhos substanciais ao rendimento do etanol nos próximos anos e melhorarão ainda mais tanto o balanço de energia quanto a redução das emissões. Apresentam-se abaixo os dados de 2002 como referência, os dados atualizados para 2006 e o cenário previsto para 2020.

Tabela 1 – Balanço de energia na produção de etanol (MJ/tc)

	2002	2005/2006	Cenário 2020
Produção e transporte de cana	201,8	210,2	238,0
Produção de etanol	49,5	23,6	24,0
Input fóssil (total)	251,3	233,8	262,0
Etanol	1921,3	1926,4	2060,3
Excedente de bagaço	168,7	176,0	0,0
Excedente de eletricidade	0,0	82,8	972,0
Output renovável (total)	2090,0	2185,2	3032,3
Output renovável/Input fóssil			
Etanol + bagaço	8,3	9,0	7,9
Etanol + bagaço + eletricidade	8,3	9,3	11,6

Fonte: Macedo et al. (2008)

Tabela 2 - Emissões totais de gases de efeito estufa na produção de etanol (kg CO₂eq/m³)

	2002		2005/2006		Cenário 2020	
	Hidratado	Anidro	Hidratado	Anidro	Hidratado	Anidro
Etanol						
Emissões Totais	390	401	417	436	330	345
Combustíveis fósseis	217	223	201	210	210	219
Queimadas	102	105	80	84	0	0
Solo	71	73	136	143	120	126

Fonte: Macedo et al. (2008)

Tabela 3 - Emissões evitadas na produção e no uso do etanol (kg CO₂eq/m³)

	2002		2005/2006		Cenário 2020		
	E100	E25	E100	E25	E100	E100-Flex	E25
Emissões evitadas	2190	2401	2181	2323	2763	2589	2930
Uso da biomassa excedente	141	145	143	150	0	0	0
Excedente de eletricidade	0	0	59	62	784	784	819
Uso do etanol	2049	2256	1979	2111	1979	1805	2111

Fonte: Macedo et al. (2008)

Apesar de não ser objetivo deste trabalho comparar a produção do etanol de cana-de-açúcar com o etanol produzido com outras opções de biomassa, vale apresentar um quadro comparativo do balanço de energia e das emissões evitadas para diferentes matérias-primas. Fica assim mais evidente a posição de destaque ocupada pela cana, principalmente quando comparada ao milho, base da produção de etanol nos Estados Unidos. Não só o balanço de energia da cana consegue ser melhor do que mesmo o dos resíduos celulósicos, como a produção de etanol nas condições brasileiras possibilita redução de gases de efeito estufa de 80% a 90% em relação à gasolina, como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Balanço de energia e emissões evitadas na produção de etanol com diferentes matérias-primas

Matéria-prima	Balanço de energia	Emissões evitadas
Cana	9,3	89%
Milho	0,6 - 2,0	-30% a 38%
Trigo	0,97 - 1,11	19% a 47%
Beterraba	1,2 - 1,8	35% a 56%
Mandioca	1,6 - 1,7	63%
Resíduos lignocelulósicos	8,3 - 8,4	66% a 73%

Fonte: BNDES e CGEE (2008)

4.2 A qualidade do ar nas regiões canavieiras e nos centros urbanos

Na etapa de produção do etanol, as emissões atmosféricas são provenientes da queima da palha da cana e das chaminés das caldeiras. Os efeitos das queimadas nas cidades próximas às áreas de plantação de cana durante o período de colheita (abril-novembro) constituem um importante problema ambiental para a população das cidades próximas aos canaviais e que são atingidas pela fuligem. A solução para esta questão está na eliminação da prática do corte

manual da cana. Para aumentar a produtividade da colheita, é feita a queima prévia da palha da cana, facilitando a operação de corte e eliminando os animais que aí se alojam e oferecem risco aos trabalhadores. A passagem do corte manual para a mecanização traz embutida a questão da absorção do grande contingente de mão-de-obra que não mais encontrará trabalho durante o período de colheita da cana. Esta questão será abordada em maior detalhe mais adiante, ao discutirmos o emprego no campo.

Dados do primeiro semestre de 2008 mostram que aproximadamente 45% da cana no Estado de São Paulo é colhida mecanicamente (IEA, 2008). O Estado de São Paulo estabeleceu em 2002, através da Lei 11.241, a eliminação gradativa das queimadas, com prazos máximos de 2021 para terrenos com declividade igual ou inferior a 12%, e 2031 para terrenos com declividade superior a 12%. Esta medida legal serviu de referência para os Protocolos de Cooperação firmados pelo Governo do Estado com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA) em junho de 2007, e com a Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA) em março de 2008. Estes Protocolos, de adesão voluntária, antecipam os prazos previstos na lei acima mencionada, e estabelecem parâmetros para a emissão de Certificados de Conformidade Agroambiental, incluindo a proteção de nascentes e dos remanescentes florestais, o controle das erosões e o adequado gerenciamento das embalagens de agrotóxicos.

Por meio do Protocolo Agroambiental, são estabelecidos novos prazos para a eliminação total da queima nos canaviais, que passam agora a ser até 2014 para terrenos com declividade igual ou inferior a 12%, e 2017 para terrenos com declividade superior a 12%. Até dezembro de 2008, segundo dados do Governo de São Paulo, 149 unidades agroindustriais haviam assinado o Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro Paulista, o que equivale a aproximadamente 90% do total das usinas paulistas. Estudo do Instituto de Economia Agrícola, tendo por base dados colhidos em junho de 2007, indicam que 40,7% do total de cana colhida no Estado de São Paulo foi realizada mecanicamente. Apesar deste índice estar dentro da meta prevista de 30% de queima eliminada até 2010 para áreas não mecanizáveis, o mesmo já não acontece para as áreas mecanizáveis, onde está previsto para 2010 que 70% da queima seja eliminada (FREDO et al., 2008).

Menores emissões de particulados, de monóxido de carbono, de gases precursores da chuva ácida e a eliminação do chumbo na gasolina são resultado do uso de etanol como combustível

em veículos leves. O maior benefício está na redução da ocorrência de doenças cardiorrespiratórias, particularmente na população mais jovem e mais idosa dos grandes centros urbanos. Medidas da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB, publicadas em seu Relatório de Qualidade do Ar 2008, mostram que a poluição local causada por veículos movidos a etanol puro ou usando a mistura 20%-25% de gasolina é significativamente menor do que aquela causada por veículos movidos a gasolina ou diesel.

A Resolução 315 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, assinada em outubro de 2002, impôs um limite de 50 ppm de enxofre para o diesel (S50) e deveria entrar em vigor em janeiro de 2009. Atualmente, a concentração no diesel brasileiro é de 500 ppm nas regiões metropolitanas e de 2.000 ppm nas áreas rurais. Na Europa, essa concentração é de 10 ppm e nos Estados Unidos, 15 ppm. O Conama também determinou naquela ocasião que a indústria automobilística passasse a fabricar motores menos poluidores, compatíveis com o padrão Euro 4. Alegando não ter havido tempo para se adaptar à resolução do Conama sobre o diesel mais limpo, para o qual são necessários aperfeiçoamentos no refino para diminuir o teor de enxofre, a Petrobras e a indústria automobilística assinaram um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), em 31 de outubro de 2008, que aplica a exigência de 50 ppm apenas às frotas cativas de ônibus urbanos das cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Ao não mais incluir a exigência do diesel mais limpo para todos os veículos movidos a diesel no país, como originalmente proposto, o TAC remete esta obrigatoriedade para 2011, limitando-a porém a algumas poucas regiões metropolitanas do país.

Mas já existe em operação em São Paulo um ônibus com motor a diesel movido a etanol. Este ônibus atende totalmente as exigências previstas na Resolução 315 do Conama e poderia ser a alternativa para reduzir as emissões locais nos grandes centros urbanos. Trata-se do Projeto BEST- *Bioethanol for Sustainable Transport*, uma iniciativa da União Européia e coordenado pela Prefeitura de Estocolmo, que reúne 10 cidades e regiões na Europa, América Latina e Ásia, além de diversas empresas e instituições parceiras, com o intuito de promover o uso do etanol como combustível renovável no transporte público urbano. Hoje, já são 600 ônibus rodando em várias cidades da Suécia, 400 deles em Estocolmo, operando com motor a diesel que utiliza uma mistura de 95% de etanol e 5% do aditivo especial Sekab. No Brasil, a coordenação do projeto é do Centro Nacional de Referência em Biomassa-CENBIO, e os testes estão sendo realizados no corredor de ônibus metropolitano Jabaquara-São Mateus em São Paulo. Os primeiros resultados indicam que o custo de operação deste ônibus em São

Paulo, aí incluídos o veículo, combustível e manutenção, implica em um acréscimo de 10% quando comparado ao custo de um ônibus movido exclusivamente a diesel.

4.3 O processamento industrial hidroatensivo da cana-de-açúcar

Apesar de praticamente toda a cana produzida no Estado de São Paulo não demandar irrigação, o uso da água no processo industrial da produção do etanol é o mais intensivo entre todos os setores industriais, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de 1990 (ELIA NETO, 2005), quando a produção de etanol respondia por aproximadamente 40% do total da água utilizada pela indústria no Estado de São Paulo. Este fato tem recebido uma atenção crescente e proporcional ao reconhecimento da água como um recurso finito, que já tem ou terá um preço, e que é disputado entre seus múltiplos usuários.

Os níveis de captação de água para uso na fase industrial do processamento de cana sofreram importantes reduções nos últimos anos em São Paulo, passando de aproximadamente 5 m³ por tonelada de cana processada em 1990 e 1997 para 1,83 m³ em 2004. Estima-se ser possível chegar a 1 m³ por tonelada de cana na captação, bem como chegar a zero no lançamento devido a melhores técnicas de reuso e à otimização do uso de efluentes na fertirrigação (ELIA NETO, 2005).

O uso da água passará a ter um papel similar ao do aproveitamento do bagaço na geração de energia elétrica em uma usina de álcool. De acordo com desenvolvimentos tecnológicos recentemente apresentados ao mercado pela empresa Dedini, tradicional fabricante de usinas de álcool, aquelas usinas que adotarem o novo sistema serão auto-suficientes, ou até mesmo produtoras de excedente de água, eliminando a necessidade de captação em mananciais ou poços. Vale lembrar que em 1 tonelada de cana estão contidos 700 litros de água. O desenvolvimento deste circuito fechado começa com a substituição da lavagem da cana por um processo a seco, deixando-se assim de consumir nessa etapa aproximadamente 700 litros de água por tonelada de cana. Além disso, com a recuperação e condensação da água de evaporação de vários equipamentos, as perdas, que no processo tradicional chegavam em média a 1.052 litros, passam a ser de apenas 136 litros no novo sistema. No caso de um sistema exportador de água, um excedente não-potável é gerado quando a vinhaça chega, por evaporação, a um teor de sólido de 65%.

4.4 A reciclagem de nutrientes via fertirrigação

A vinhaça é um resíduo do processo de fabricação do etanol. Rica em matéria orgânica e potássio, para cada litro de etanol são produzidos 10 a 15 litros de vinhaça. O que era considerado no começo dos anos 70 um efluente poluidor dos cursos d'água, já a partir de 1978 passou a ser utilizado como fertilizante nos canaviais, sendo atualmente totalmente reciclado no processo chamado de fertirrigação. A vinhaça é um excelente fertilizante e seu uso ainda traz outras vantagens, tais como o aumento do PH, aumento da capacidade de troca catiônica, fornecimento de nutrientes, melhora da estrutura do solo, aumento da retenção de água e desenvolvimento da microflora e microfauna do solo (MACEDO, 2005). Alguns estudos indicam a melhora dos índices de produtividade, além da vantagem de não ser necessária a compra de fertilizante mineral. Atualmente a vinhaça é considerada um fertilizante orgânico e seu uso é permitido na produção do açúcar orgânico.

Ao lado da vinhaça, o processo de fabricação do etanol também produz torta de filtro e cinzas das caldeiras. Ambos os produtos são reciclados e utilizados na adubação dos canaviais. Desta maneira, a cana-de-açúcar, quarta maior consumidora de fertilizantes entre as principais culturas no Brasil, suplantada apenas pelo algodão, café e laranja, não só tem o seu consumo reduzido pela prática de reciclagem dos resíduos originados no processo industrial do etanol, como também tende a ter a aplicação de fertilizantes convencionais diminuída devido ao uso de técnicas de agricultura de precisão, que substituem a aplicação uniforme de adubos pela aplicação em taxas variadas, de acordo com as informações detalhadas do solo (BNDES e CGEE, 2008).

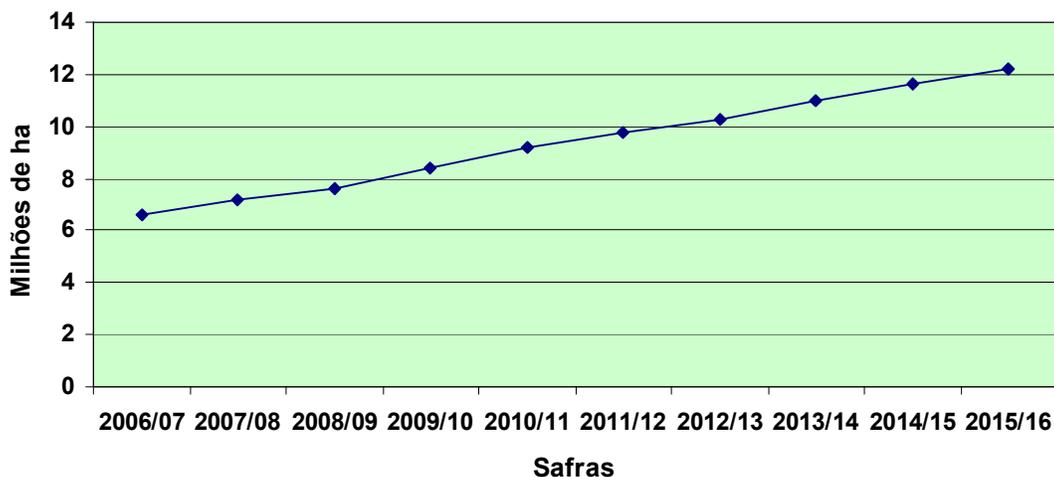
4.5 Uso da terra: a expansão da cultura canavieira

Estudo realizado pelo Centro de Referência em Biomassa-CENBIO (COELHO et al, 2007) sobre a expansão do cultivo da cana-de-açúcar nas 11 Regiões Administrativas maiores produtoras do Estado de São Paulo apontou um crescimento de 26,4% da área plantada com cana no período 2003 a 2006. As regiões de Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Barretos e Marília, que até então não eram áreas tradicionais desta cultura, registraram, cada uma, um aumento de mais de 40% da área de cana neste período. Verificou-se também que as áreas de milho estão cedendo lugar às áreas de cana-de-açúcar na maioria das Regiões

estudadas e que está havendo uma intensificação na criação de gado, mantendo-se estável a área de pastagem com um número maior de cabeças de gado por hectare.

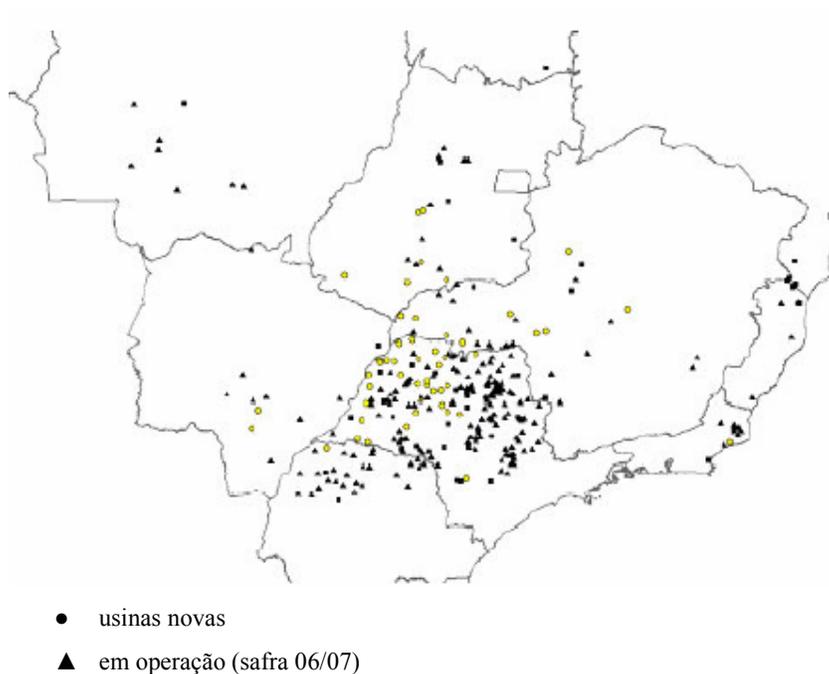
A estimativa de crescimento da área plantada com cana no Brasil no período de 2006/07 a 2015/16, segundo Torquato, aponta para praticamente a duplicação da área plantada que temos hoje, chegando a 12 milhões de hectares em 2015/16, conforme o Gráfico 1. O estudo de Torquato (2006) também indica que o crescimento da área de cana tem se dado sobre áreas de pastagem.

Gráfico 1 - Estimativa de crescimento da área plantada com cana para indústria no período de 2006/07 a 2015/16 no Brasil



Fonte: Torquato (2006)

O mapa apresentado a seguir mostra a expansão do setor sucroalcooleiro, ao mesmo tempo em que demonstra a grande concentração da atividade, especialmente no estado de São Paulo. Segundo Lins e Saavedra (2007), entre 1992 e 2003, 94% da expansão das áreas cultivadas na região centro-sul ocorreu em torno das unidades produtoras já existentes, minimizando a destruição de biomas naturais como o cerrado.

Mapa 1 - Expansão das usinas de açúcar e álcool

Fonte: Projeto Etanol-NIPE e UNICAMP *in* (LINS, SAAVEDRA 2007)

Em estudo recentemente publicado, Wallace Tyner usou o modelo *Global Trade Analysis Project* (GTAP) para avaliar o impacto que a produção brasileira de etanol poderia sofrer, tendo em vista as políticas regulatórias nos Estados Unidos e na União Européia sobre o uso de biocombustíveis no período 2006-2015. O modelo trabalha com a exigência colocada pelo *US Energy Policy and Security Act of 2007* do uso de 15 bilhões de galões de etanol em 2015 nos Estados Unidos, e com uma meta conservadora de 6.25% do uso de combustíveis renováveis na União Européia naquele mesmo ano. As projeções partem dos dados sobre o uso de combustíveis em 2006, tratando como choques exógenos as exigências das políticas sobre o uso de renováveis acima mencionadas.

Tabela 5 - Mudanças na produção devido às políticas dos Estados Unidos e da União Européia sobre biocombustíveis: 2006–2015 (%)

Setores	Outputs nos EUA			Outputs na União Européia			Outputs no Brasil		
	EUA+UE	EUA	UE	EUA+UE	EUA	UE	EUA+UE	EUA	UE
Etanol	177,5	177,4	0,1	430,9	1,3	429,7	18,1	17,9	0,2
Biodiesel	176,9	176,8	0,1	428,8	1,2	427,6	–	–	–
Milho, cevada, aveia, etc	16,6	16,4	0,2	2,5	0,8	1,7	–0,3	1,1	–1,4
Óleos vegetais	6,8	–5,6	12,4	51,9	1,2	50,7	21,1	0,6	20,5
Cana-de-açúcar	–1,8	–1,9	0,1	–3,7	0,0	–3,7	8,4	9,3	–0,9
Outros cereais	–7,6	–8,7	1,2	–12,2	0,1	–12,3	–8,7	–2,0	–6,8
Outras culturas	–1,6	–1,7	0,2	–4,5	0,0	–4,5	–3,8	–1,5	–2,4
Pecuária	–1,2	–1,2	0,0	–1,7	0,1	–1,8	–1,4	–0,6	–0,7
Produtos florestais	–1,2	–1,4	0,1	–5,4	–0,3	–5,1	–2,7	–1,0	–1,8

Fonte: Tyner (2008)

Enquanto os impactos das políticas de biocombustíveis americana e européia ficariam restritos a seus próprios mercados, a situação muda significativamente quando são apresentados os impactos no Brasil sobre a produção de biocombustíveis e dos setores que usam a terra. A política americana influenciaria a produção de etanol no Brasil, fazendo com que esta aumentasse em 17,9%, enquanto a produção de cana aumentaria em 9,3%. Já a política européia faria com que a produção de óleos vegetais crescesse 20,5. Como pode também ser visto na Tabela 5, o uso da terra por outras culturas, pecuária e setor florestal seria deslocado em favor da produção de biocombustíveis.

Como destaca Tyner, do ponto de vista ambiental a grande questão não é saber quais culturas serão cultivadas, mas sim quanto de terra agricultável será necessário, e quanto de áreas de pastagem e de floresta será convertido em plantações para biocombustíveis. No Brasil, por exemplo, o modelo aponta para um aumento de 14,2% nas áreas com plantações, dos quais 10,7% são atribuídos à política européia de biocombustíveis. As maiores variações percentuais no uso da terra virão de áreas de pastagem, estimando-se para o Brasil uma redução de quase 11%, onde 8% se devem à política européia. Estas modificações no uso da terra, impulsionadas pelo *boom* dos biocombustíveis, são particularmente importantes no contexto brasileiro.

Quando se trata de discutir a sustentabilidade do etanol produzido no Brasil, é na expansão da cultura canieira que se devem concentrar as atenções. Apesar das iniciativas em termos de políticas públicas serem ainda tímidas, o Estado de São Paulo, através de sua Secretaria de

Meio Ambiente, divulgou em setembro de 2008 um mapa-sinalizador da expansão da cana no Estado. Através da justaposição de mapas de solo, clima e variáveis ambientais, são identificadas as regiões com índices já elevados de saturação de cana plantada. A área plantada com cana no Estado é de 4,9 milhões de hectares, representando quase 70% da área ocupada por lavouras. Estima-se que com os novos investimentos já aprovados ou em fase de aprovação pelos órgãos ambientais, este número deverá chegar a 6 milhões de hectares em 2010. Pretende-se portanto promover o zoneamento agroambiental para a cana no Estado, sinalizando para o setor sucroalcooleiro os limites que nortearão a concessão de licenças ambientais para as novas usinas de açúcar e álcool.

4.6 O emprego na lavoura de cana e a progressiva mecanização

A geração de emprego tem sido reconhecida como um dos grandes benefícios das energias renováveis, especialmente da biomassa, quando comparada com as energias de origem fóssil. Assim, enquanto o petróleo gera 1 emprego por unidade de energia produzida, a hidroeletricidade gera 3, o carvão 4 e o etanol 152 empregos (GOLDEMBERG, 2002). Mesmo ao considerarmos que a colheita manual da cana-de-açúcar no estado de São Paulo tende a ser eliminada em alguns anos, o número de empregos gerados com a colheita mecanizada seria de aproximadamente 50, por unidade de energia produzida, o que ainda assim é muito acima das outras fontes de energia. Por outro lado, se considerarmos o volume de investimentos necessários para geração de emprego, segundo Goldemberg (2002), enquanto o setor químico e petroquímico demanda US\$220 mil dólares, o de bens de capital US\$ 98 mil e o de bens de consumo US\$ 44 mil, o setor sucroalcooleiro, somando-se a fase agrícola e a industrial, demanda apenas US\$ 11 mil de investimentos por emprego gerado. O etanol caracteriza-se, então, não só por ser intensivo em mão-de-obra quando comparado com outras fontes energéticas, mas por também apresentar uma relação bastante favorável frente a outros setores industriais entre investimentos e geração de emprego.

O número de empregos gerado pela atividade canavieira resulta na maior massa salarial do setor agropecuário no Estado de São Paulo (IEA, 2008). Em torno de 163.000 trabalhadores estiveram envolvidos na colheita da cana-de-açúcar na safra 2006/07, segundo estudos publicados pelo Instituto de Economia Agrícola-IEA do Estado de São Paulo (FREDO et al, 2008).

Com a redução das queimadas, a estimativa da UNICA é de que 180.000 cortadores de cana perderão seu emprego no Estado de São Paulo até 2014 devido à substituição da colheita manual pela colheita mecanizada. Uma colhedeira executa o trabalho de 80 a 100 cortadores de cana. Estima-se também que esta mesma mecanização e a própria expansão do setor sucroalcooleiro criarão 75.000 novos empregos tanto no campo quanto na indústria.

Em 2006 a UNICA e a Federação dos Empregados Rurais Assalariados do Estado de São Paulo (FERAESP) assinaram um protocolo de intenções para melhorar as condições de trabalho e, entre outras medidas recomendadas estão a eliminação gradual da terceirização no corte manual de cana, melhorias no transporte do trabalhador rural, atendimento a migrantes e aumento da transparência na aferição e pagamento do trabalho por produtividade. A esta iniciativa veio se somar, na esfera federal, a instalação de uma Mesa de Diálogo para Aperfeiçoar as Condições de Trabalho na Cana-de-Açúcar. Entre os modelos que estão sendo estudados, tem a preferência do setor sucroalcooleiro paulista o modelo de “protocolo por adesão voluntária”, já utilizado em São Paulo para a eliminação da queima da cana. Este protocolo funcionaria como um certificado de conformidade com as melhores práticas trabalhistas do setor, validadas por auditorias independentes.

Os seis pontos acima apontados – balanço de energia e redução de emissões de impacto global; poluição local; intensidade do uso da água; fertirrigação; expansão do uso da terra; e emprego na lavoura de cana – serão particularmente importantes ao examinarmos o setor sucroalcooleiro sob a ótica do *The Natural Step*. Eles foram destacados não só por colocarem o etanol de cana-de-açúcar em um patamar bastante distinto daquele ocupado por biocombustíveis de outras culturas, mas também por serem em geral alvo dos ataques que o etanol produzido no Brasil tem sofrido em fóruns internacionais.

5 - UM ETANOL MAIS SUSTENTÁVEL

Ao apresentar os mais importantes aspectos ambientais da produção do etanol de cana-de-açúcar no capítulo anterior, fica claro que são muitos os pontos a favor do etanol quando se trata de avaliar sua posição rumo à sustentabilidade. É uma solução, entre outras tantas, para substituir o uso de combustíveis fósseis, mas é a única solução implementada a custo competitivo e em larga escala no mundo. É uma solução muito bem-sucedida no Brasil, mas que poderá ser levada para outros mercados produtores de cana-de-açúcar situados na faixa tropical do planeta. Apesar de todas essas características, é, entretanto, uma solução que tem sido alvo de uma saraivada de críticas vindas especialmente do hemisfério norte. Não é objeto deste trabalho discutir o endereço dos remetentes nem as diferentes forças que os movem. Mas é nosso interesse apontar para a oportunidade, que está diante do setor sucroalcooleiro brasileiro, de levar ao mercado internacional uma resposta de comprometimento com a sustentabilidade muito mais abrangente e duradoura do que a que tem sido dada até agora. Esta resposta está na aplicação da metodologia *The Natural Step* à cadeia de produção do etanol.

Muito recentemente, em novembro de 2008, o Brasil empreendeu um grande esforço para dar aos mercados uma resposta, baseada na melhor ciência disponível, sobre o desempenho ambiental do etanol que produz. Para tanto, o governo brasileiro organizou em São Paulo uma Conferência Internacional sobre Biocombustíveis que reuniu aproximadamente 1000 participantes e que contou com delegações oficiais de mais de 90 países. Reuniu também os seus melhores pesquisadores, as suas melhores instituições, as empresas do setor, para mostrar, apoiado na ciência, como o etanol de cana-de-açúcar tem todas as credenciais para ser considerado um excelente substituto para a gasolina que, como combustível fóssil, é responsável pela emissão de gases que estão provocando as mudanças do clima e o aquecimento global.

Mas essa resposta não parece ser suficiente. A cada investida dos que temem o etanol, o Brasil se arma de números e fatos para contra-argumentar, em um processo que se repete a cada novo tema. No momento, o foco está na mudança do uso do solo na produção de biocombustíveis e seu impacto nas emissões de gases de efeito estufa. Discute-se que tipo de vegetação foi originalmente suprimido para dar lugar às plantações de cana e tenta-se medir qual teria sido a liberação de carbono contido nessa vegetação e no solo, colocando assim em

discussão os altos índices de redução de emissões conseguidos com o uso do etanol em substituição à gasolina e que chegam a 89%. A cada ataque, a necessidade de uma resposta pontual.

Enquanto isso, a grande batalha se trava no campo da certificação. Inúmeras propostas estão sob a mesa, na sua maioria iniciadas pelos potenciais consumidores do etanol brasileiro. A *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), em um guia recentemente publicado, que reúne ferramentas e abordagens para a produção de bioenergia sustentável (KEAM; McCORMICK, 2008), destaca duas iniciativas que refletem as discussões, especialmente em fóruns europeus, sobre a sustentabilidade dos biocombustíveis:

- *The Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB), da École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), que está desenvolvendo princípios, critérios e indicadores sobre biocombustíveis, com a participação de vários *stakeholders*. O resultado desse trabalho foi publicado no documento intitulado Versão Zero, o qual está desde agosto de 2008 disponível para análise e comentários;
- *The Cramer Report*, elaborado em 2006 a pedido do governo da Holanda para definir critérios sociais e ambientais para a produção de matéria-prima para combustíveis sustentáveis. O relatório inclui critérios para a emissão de gases de efeito estufa, segurança alimentar, biodiversidade e questões socio-econômicas.

O Brasil corre o risco de ver truncada, pela certificação decidida sem a sua participação, a trajetória do etanol para uma *commodity* energética global. Para evitar este percalço o setor defende que as discussões sobre esquemas de certificação sejam conduzidas por meio de processos multilaterais e *multistakeholder*, assim garantindo legitimidade e transparência às iniciativas. Sabemos que várias e arrojadas medidas têm sido tomadas pelo setor para provar a sustentabilidade da produção do etanol. A mais recente é a publicação em 2008 pela UNICA, associação do setor sucroalcooleiro, do relatório de sustentabilidade com base nas diretrizes da *Global Reporting Initiative* (GRI), metodologia que tem sido adotada por muitas empresas internacionais para medir e divulgar seu desempenho econômico, social e ambiental.

Todos esses esforços são importantes, devem ser aprimorados, e ao mesmo tempo amplamente divulgados. Entretanto, não podemos perder de vista que o etanol é mais do que

uma simples *commodity* energética, e muito mais do que um produto industrial que deve obedecer às melhores práticas sócio-ambientais. O etanol é, antes de mais nada, uma *commodity* ambiental, e é na sua capacidade de substituir combustíveis fósseis e de ser renovável que reside seu valor no mercado internacional. Portanto, os esforços para fazer do etanol produzido em São Paulo um produto que se destaca pela busca da sustentabilidade, de acordo com uma metodologia já consagrada internacionalmente, é uma resposta que vai além das exigências do mercado e que lhe confere uma posição avançada frente a seus concorrentes.

A adoção da metodologia *The Natural Step* pelo setor sucroalcooleiro de São Paulo, seja na sua totalidade ou por algumas de suas empresas líderes, traria o etanol para a companhia de organizações bem-sucedidas como a Electrolux, Interface, Ikea, Starbucks e Nike. Trata-se também, é bom lembrar, de uma metodologia desenvolvida na Suécia e que teve uma grande divulgação junto à sua população, já que toda família sueca recebeu em casa, no final da década de 80, um folheto explicativo sobre os fundamentos TNS. A Suécia é também o único país europeu que importa o etanol brasileiro já que conta, como vimos, com uma frota de 600 ônibus movidos a etanol e uma grande quantidade de veículos *flex-fuel*.

É portanto natural que venham justamente da Suécia algumas medidas inovadoras para garantir a sustentabilidade do etanol brasileiro. Como informa o Portal do Governo do Estado de São Paulo, na página Etanol Verde:

Um acordo pioneiro envolvendo as empresas paulistas Alcoeste, Cosan, Guarani e Novamérica e a importadora sueca Sekab, a maior compradora de etanol brasileiro na Europa, permitiu a realização do primeiro embarque de etanol com verificação de critérios de sustentabilidade para a Suécia. O embarque inaugural partiu do Porto de Santos no dia 18 de junho de 2008. Esse acordo prevê a auditoria de todas as unidades produtoras por uma organização internacional independente, que fiscalizará seis pontos específicos: a redução da emissão de dióxido de carbono, a manutenção de patamares mínimos de mecanização da colheita, o compromisso com a conservação das áreas de mata nativa, tolerância zero quanto ao trabalho infantil e não regulamentado, respeito aos pisos salariais do setor e adesão e cumprimento das metas estabelecidas pelo Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro Paulista.

O conjunto de indicadores deste acordo atende à preocupação com o aquecimento global, a poluição local, a manutenção da biodiversidade e os direitos dos trabalhadores. Esses indicadores medem o que essas empresas adotam hoje como boas práticas ambientais. Eles não revelam, porém, em que direção essas empresas pensam evoluir e nem quais são as

diretrizes de sustentabilidade que as norteiam. É justamente esse papel que a metodologia *The Natural Step* pode exercer, fornecendo os elementos para o desenho da estrutura que servirá para articular toda uma série de instrumentos e indicadores de sustentabilidade, sejam eles uma análise de ciclo de vida; o *Biofuels Sustainability Scorecard*, proposto pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID); ou os 12 Critérios Globais para a Produção de Biocombustíveis, propostos pelo *Roundtable on Sustainable Biofuels* (RSB). A metodologia para fazer o planejamento estratégico e sustentável de uma empresa produtora de etanol, ou do setor sucroalcooleiro como um todo, bem como para viabilizar o exercício de se alcançar um consenso entre os diversos *stakeholders* quanto a este cenário sustentável desejado, é essa a contribuição da metodologia *The Natural Step*.

5.1 O cenário para o etanol em 2030: onde queremos chegar?

Todos nós sabemos, pelo menos intuitivamente, que o mercado mundial não será o mesmo daqui a 20 anos e sabemos também que a variável ambiental, que começou a fazer parte da equação dos negócios há apenas 20 anos, ocupará um lugar cada vez mais central no sucesso dos empreendimentos. É também aceito intuitivamente que aqueles que conseguirem se antecipar às mudanças, ou aqueles que mais cedo perceberem o sentido dessas mudanças, esses largarão na frente e certamente terão os melhores resultados econômico-financeiros. Como discutem Holmberg e Robèrt (2000), este alinhamento gradual das atividades industriais com os princípios de sustentabilidade também é intuitivamente aceito como sendo algo bom para os negócios. E perguntam esses autores: “como então será possível unir a ecologia e a economia em uma única estratégia que faça sentido no curto, mas também no longo prazo, e não só sob a ótica empresarial mas também a do bem comum?”

Um das estratégias usadas pelo *The Natural Step* é fazer uso do *backcasting*, uma ferramenta de planejamento que é muito útil quando os problemas são complexos. O uso do *backcasting* pode aumentar a probabilidade de se lidar com problemas ecologicamente complexos e pode aumentar as chances de um bom desempenho econômico. O desafio é então projetar o setor sucroalcooleiro no futuro, em uma condição de sustentabilidade. Qual seria o desenho ideal do setor sucroalcooleiro daqui a 20 anos? Uma vez estabelecida esta visão ideal do setor, é feito o *backcasting* (retrovisão) para o momento atual e são determinados os passos necessários para atingir esta condição ideal. O exercício de *backcasting*, assim como todo o processo de aplicação da metodologia TNS, é feito pelos vários atores do processo de

produção da cana e do etanol. Está justamente na reunião das várias áreas do conhecimento, das experiências de todos, deste diálogo multidisciplinar, que surgirá uma visão de consenso sobre o setor daqui a 20 anos.

O que pretendemos fazer aqui neste trabalho é, portanto, apenas um exercício, de caráter demonstrativo, para ilustrar os principais aspectos da metodologia. É condição básica e fundamental para o sucesso do processo que este seja realizado com as pessoas que trabalham com a produção do etanol em suas diversas etapas, com os diversos especialistas, os empresários, enfim, todos os representantes do negócio etanol. Daí sim poderá surgir um desenho consensual do etanol sustentável. A existência desta visão é que permitirá que se trabalhe em conjunto e alinhados na mesma rota para a sustentabilidade.

O que idealmente gostaríamos que fosse o etanol de cana-de-açúcar daqui a 20 anos? O Brasil seria o produtor mundial líder, com os melhores índices de produtividade por hectare, conseguidos com o melhoramento genético da cana, desenvolvida especificamente para a colheita mecânica. Não haveria colheita manual no centro-sul do país e as áreas que não fossem passíveis de colheita mecanizada seriam substituídas por outras culturas. O etanol não seria o produto mais importante do setor sucroalcooleiro brasileiro, mas sim a bioeletricidade. O processo industrial operaria em ciclo fechado de água. Seria este o desenho desejado? A previsão atual é de que o mercado interno brasileiro concentrará grande parte da demanda até 2015. A partir daí as exportações ocuparão uma fatia crescente da produção. É razoável imaginar que, muito mais importante do que a expansão da venda da *commodity* etanol, seria o crescimento rápido da indústria de máquinas e equipamentos para as destilarias de etanol o que poderíamos esperar, com a tecnologia brasileira ocupando o lugar de maior fornecedor para os países da América Latina, Caribe e África? E, em paralelo, os avanços genéticos sendo adaptados às condições edafoclimáticas de nossos parceiros produtores de cana em outros países e sendo utilizados na produção de etanol de cana-de-açúcar, contribuindo assim para a sua nova condição de produtores de um combustível renovável, reduzindo sua dependência dos fósseis e desenvolvendo suas economias?

Podemos trabalhar com a hipótese de que o cenário mais provável e sustentável para a produção de etanol no Brasil daqui a 20 anos seja o de uma biorrefinaria. Nesta biorrefinaria será produzido etanol para uso como combustível, eletricidade para a rede e vários derivados, tais como bioplásticos. A aposta no etanol celulósico fará menos sentido no Brasil do que no

hemisfério norte, já que o celulósico terá que competir com a geração de energia elétrica pelo uso do bagaço, matéria-prima destes dois produtos, além das pontas e da palha. A bioeletricidade ditará os rumos do setor sucroalcooleiro? Se imaginarmos que as mudanças climáticas e o aquecimento global ditarão cada vez mais as políticas energéticas das grandes economias do mundo, incluindo aí a China e a Índia, é possível que a geração de energia elétrica seja, por exemplo, mais interessante para o Brasil do que a produção de combustível líquido renovável. A que serão movidos os carros daqui a 20 anos? Predominarão os motores elétricos ou os movidos a hidrogênio? Que combustível alcançará preços competitivos mais rapidamente? Que papel terá a pesquisa sobre gaseificação da biomassa da cana que acena com a possibilidade de produzir biodiesel e metano, além do etanol e outros produtos? Estas e muitas outras questões é que a metodologia *The Natural Step* usaria para catalisar um processo de discussão entre os *stakeholders* e estabelecer um processo de *backcasting*. A partir de um ideal aceito por todos, seriam traçados os mapas que poderiam levar a este etanol ainda mais sustentável.

5.2 O crivo das quatro Condições Sistêmicas

É através da compreensão das condições não-negociáveis para a vida na Terra e das condições em que a natureza pode continuar a contribuir pelos bens e serviços prestados à humanidade, que poderemos caminhar para uma sociedade sustentável, com a reutilização contínua dos recursos.

Ao submeter a produção do etanol ao crivo das quatro Condições Sistêmicas, núcleo da metodologia TNS, será possível verificar o caminho que teremos que trilhar para avançar rumo à sustentabilidade. As quatro Condições Sistêmicas para a sustentabilidade fornecem a base para que sejam usadas as ferramentas específicas, tais como análise de ciclo de vida, pegada ecológica ou sistemas de gestão ambiental, que por sua vez poderão levar ao desenvolvimento sustentável.

Recursos Finitos: Condição Sistêmica 1

Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita a concentrações sistematicamente crescentes de substâncias extraídas da crosta terrestre.

A auto-suficiência energética é um trunfo em termos de sustentabilidade para o setor sucroalcooleiro. Toda a energia utilizada no processo industrial da produção de etanol e açúcar é gerada dentro das próprias usinas, a partir da queima do bagaço da cana. Este processo, chamado de cogeração, consiste na produção simultânea de energia térmica e energia elétrica a partir do uso de biomassa, capaz de suprir as necessidades da usina e prover energia excedente para a rede pública de energia elétrica.

Entretanto, há pontos da cadeia de produção do etanol onde se faz uso de combustíveis fósseis. Como sabemos, a quantidade de petróleo consumida todos os anos no mundo, e que é responsável por grande parte da nossa economia em termos de bens e serviços, é equivalente ao que a natureza levaria para produzir em milhões de anos. Este recurso finito está envolvido em toda a cadeia produtiva da agricultura, e por consequência, no cultivo da cana-de-açúcar. É usado tanto diretamente, como combustível, quanto indiretamente, para a fabricação de fertilizantes químicos. Ao submetermos os combustíveis fósseis ao crivo da Condição 1, vemos que há ainda muito a fazer em termos de diminuir o seu consumo, especialmente na fase agrícola da produção do etanol.

O caminho para a sociedade sustentável nos leva obrigatoriamente a um processo de substituição dos hidrocarbonetos como fonte de energia nos mais diversos setores da economia. Se, por um lado, o etanol apresenta várias características que o colocam como uma alternativa mais sustentável aos combustíveis não-renováveis, especialmente na redução das emissões de gases de efeito estufa, como indicado no capítulo anterior, por outro lado, a busca da sua sustentabilidade não pode prescindir de uma análise de todo o seu processo de produção. A decisão pela minimização dos pontos de entrada de combustíveis fósseis na produção do etanol é um possível resultado das discussões sobre a ótica TNS. Estariam assim sendo definidas ações para diminuir o uso de substâncias extraídas da crosta terrestre.

Em uma sociedade sustentável, o uso da água também deve ser mantido igual ou abaixo da capacidade de regeneração da natureza. A preocupação com a preservação das águas, como recurso finito, é essencial para a continuidade da prática agrícola no mundo. O aumento contínuo de superfícies agrícolas irrigadas e a exploração exacerbada desse recurso, disponível a baixo custo, promovem a consequente baixa dos lençóis freáticos, provocando, numa reação de causa e efeito, a seca dos rios. A introdução de um adequado gerenciamento

das águas subterrâneas evitaria o aprofundamento desse desequilíbrio entre a regeneração das águas e sua taxa de exploração.

Como já vimos, o setor sucroalcooleiro é classificado como hidrointensivo, tendo respondido em 1990 por aproximadamente 40% da demanda total de água das indústrias do Estado de São Paulo. Esta intensidade de uso persiste, apesar dos níveis de captação terem diminuído ao longo dos anos, em parte pela racionalização do uso da água, estimulada pela implementação da nova legislação de cobrança pelo seu uso (ELIA NETO, 2005).

Apesar da cultura canieira no Estado de São Paulo ser essencialmente suprida pela precipitação das chuvas, a expansão da cultura deve levar ao cultivo em regiões com déficits hídricos mais elevados, como no centro-norte e oeste do Estado, o que exigirá a prática da irrigação. Mesmo considerando o pouco uso de água para irrigação, a eficiência deste uso na agricultura brasileira é baixa, onde a relação entre a água captada nos mananciais e a água que chega às parcelas agrícolas é na média de 61% (MACEDO, 2005). O planejamento para um futuro desejado não pode desprezar esse fato, já que estamos permitindo um declínio da capacidade dos recursos naturais e diminuindo a vitalidade dos ecossistemas. Pela complexidade das relações de causa e efeito, é extremamente difícil prever as consequências que esta captação poderá ter no rebaixamento do lençol freático dessas regiões.

Em uma sociedade sustentável, é imperativo aumentar a produtividade da água em todos os processos. Recorrer à água de chuva, otimizar sua captação por meio de pequenas represas, promover variedades de cana que sejam mais bem adaptadas a áreas onde as condições hidrológicas podem se degradar rapidamente. Com o aquecimento global, as características hidrológicas dos cursos d'água se modificam, com aumento ou diminuição de chuvas e aumento da evapotranspiração.

Como já apontado em capítulo anterior, grande quantidade de água é requerida durante a conversão da cana em etanol. Os processos de lavagem da cana após a colheita, geração de vapor, resfriamento de gases, lavagem de gases de caldeiras, colunas barométricas dos cristalizadores, incorporação ao produto final, filtração, todos são exemplos de processos de uso de água. A possibilidade de se alcançar um índice de $1\text{m}^3/\text{t}$ cana em captação de água e um despejo de efluentes próximo a zero vem demonstrar que mudanças gradativas dos

métodos contribuem para a criação de ciclos fechados, nesse caso suficientemente eficientes quanto à energia.

A estratégia de aperfeiçoamentos tecnológicos tem trazido melhorias quanto à otimização do seu uso, tais como o aumento da reciclagem nos processos industriais, a substituição crescente da lavagem de cana pelo sistema de limpeza a seco e a restrição da irrigação. Mas há ainda muito que pode ser feito para diminuir o consumo da água na produção do etanol. A discussão que a metodologia TNS propõe entre os vários profissionais que trabalham ou estudam a produção do etanol tem por objetivo reunir as várias visões e conhecimentos para que nesta intersecção se chegue a um consenso, por exemplo, sobre os modos mais eficientes de minimizar o uso da água na produção do etanol.

Efluentes e Fertilizantes: Condição Sistêmica 2

Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita a concentrações sistematicamente crescentes de substâncias produzidas pela sociedade.

Permitir que substâncias produzidas pela sociedade se dispersem no meio ambiente põe em risco a cadeia de produção biológica. Mesmo que muitas dessas substâncias sejam decompostas em componentes inofensivos, muitas demandam muito mais tempo para se decompor e se dispersam nos rios e lençóis freáticos de maneira descontrolada.

Na agricultura canavieira os dois importantes poluentes que podem causar impactos nos recursos hídricos são os poluentes orgânicos, presentes na produção do etanol, e os produtos agroquímicos, utilizados no cultivo da cana. Os principais efluentes em uma usina são a água de lavagem da cana, com alta concentração de sólidos, as águas dos multijatos e condensadores barométricos, as águas de resfriamento de dornas e condensadores de álcool, a vinhaça e as águas residuais.

A reciclagem como estratégia para a redução dos efluentes poluentes desvia a manipulação linear continuada dos recursos, criando ciclos fechados em que as águas provenientes dessas atividades não necessitam de maior tratamento para serem despejadas. A produção de etanol em São Paulo já se encontra nesse estágio, onde a vinhaça e a torta de filtro, com alto valor protéico de nutrientes, são aproveitados como fertilizantes. A vinhaça, além de fornecer água

e nutrientes, age como recuperadora da fertilidade do solo. Este resíduo, que era despejado nos cursos d'água nos primeiros anos da produção do etanol, passou a ser reciclado nos campos como fertirrigação. O desafio está em monitorar esta atividade de maneira a não permitir que os limites da capacidade de absorção do solo sejam atingidos.

Apesar do nível baixo de utilização de defensivos na cultura da cana-de-açúcar, a quantidade total aplicada ainda é substancial. Segundo os pressupostos do *The Natural Step*, seria recomendável reduzir a dependência de produtos químicos, já que são persistentes e estranhos à natureza, o que requer um controle preciso e apresenta um alto grau de insucesso.

O controle e gerenciamento integrados de pragas na agricultura são preconizados pela Agenda 21, com a promoção do uso de controles biológicos e pesticidas orgânicos, embora ainda de uso comercial restrito. O sistema de cultivo deveria se diversificar, fazendo o máximo uso da natureza e não criando a necessidade de pesticidas, criados pela intensificação da agricultura moderna. O trabalho do Grupo Balbo, que produz açúcar orgânico em duas usinas localizadas em Sertãozinho, no Estado de São Paulo, é talvez a experiência mais conhecida no setor sucroalcooleiro em termos de busca de sustentabilidade. Além da produção orgânica voltada para o açúcar, a empresa já estendeu esta característica a outro derivado da cana, ao iniciar em 2008 o fornecimento de álcool neutro de cana orgânica para um importante fabricante de cosméticos do país. Também ampliou sua atuação para incluir o desenvolvimento da tecnologia e da produção do plástico biodegradável PHB a partir do açúcar de cana.

A produção orgânica cria multiplicadores de soluções no campo. Caminhando numa direção oposta ao cultivo tradicional, adota medidas comprometidas com as quatro Condições Sistêmicas, tais como os controles biológicos, a substituição de herbicidas pela cobertura da palha e a conservação dos recursos hídricos e do ecossistema. A contribuição dessa experiência, juntamente com mudanças operacionais, a disseminação do conhecimento técnico, e práticas educacionais, poderão promover uma cultura mais sustentável, estendendo esses valores à própria produção industrial.

Os programas de melhoramento genético, estabelecidos em 1970, têm permitido uma diversificação maior nas variedades, que agora são mais de 500, e o controle de importantes epidemias que poderiam afetar os canaviais. Entretanto, o desenvolvimento da biotecnologia nos últimos anos também tem possibilitado variedades mais resistentes a herbicidas, pragas e

doenças, o que poderia estimular a expansão da cana-de-açúcar em regiões inaptas para esta cultura. O impacto da biotecnologia é difícil de ser avaliado a longo prazo, principalmente as cadeias de causa e efeito e os impactos adversos em outros organismos.

Avanços em tecnologia podem promover resultados favoráveis em um sentido, como os métodos de controle de ervas daninhas, mas implicam em resultados desfavoráveis em outro, tal como a necessidade de controlar as diversas espécies no maior período possível durante o ciclo da cultura, fazendo com que herbicidas de largo espectro e longo poder residual sejam os mais utilizados. Permitindo que substâncias antinaturais duradouras se dispersem no meio ambiente, estamos deixando para o futuro os efeitos combinados de diferentes produtos e seus efeitos colaterais ainda desconhecidos. Como aponta Robèrt (2002), uma acumulação contínua nos ecossistemas dessas substâncias se traduz num aumento do risco de ecotoxicidade, já que a evolução não teve nenhum motivo para desenvolver mecanismos para lidar com esse problema.

O suprimento de nutrientes vegetais é hoje tirado de depósitos não-renováveis e os fertilizantes químicos são fabricados em grande parte com a ajuda de fontes de energia não-renováveis. Muitas vezes, dependendo das condições do solo e da profundidade do lençol freático, o impacto do uso de fertilizantes se torna maior. Entretanto, devido ao grau de complexidade de todas as variáveis, como quantidade, absorção pela planta, composição de nutrientes do solo e clima, dificilmente consegue-se monitorar o limite desses nutrientes antes que algum dano já tenha ocorrido.

A produção de etanol no Estado de São Paulo tem buscado atender à Condição Sistêmica 2. Processos de reciclagem têm sido implementados, restabelecendo assim um ciclo mais eficiente e promovendo a descontinuidade gradual do uso de substâncias produzidas pela sociedade.

Uso da terra, Biodiversidade, Erosão do Solo: Condição Sistêmica 3

Na sociedade sustentável, a natureza não está sujeita à degradação sistematicamente crescente por meios físicos.

O impacto direto da produção de cana-de-açúcar na biodiversidade é limitado, mas indiretamente pode ocasionar impactos substanciais. A produção da cana-de-açúcar utiliza terras usadas para pasto e outras culturas, além de se localizarem longe dos principais biomas no Brasil, ou seja, da Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e Pantanal. Esta expansão tem levado a um remanejamento das áreas de criação de gado e de cultivo para a região central do Brasil, em direção aos limites das áreas agricultáveis. No planejamento de um futuro sustentável, um resultado bem sucedido deve levar em consideração os impactos dessa expansão agrícola e a vulnerabilidade trazida pelas mudanças climáticas. Mudanças dessa extensão resultam na redução da capacidade produtiva dos ecossistemas, levando geralmente ao seu esgotamento. As consequências, por imprevisíveis que sejam a longo prazo, podem ser verificadas quando alteramos os ciclos biogeoquímicos de um tipo particular de habitat.

Apesar da cultura canavieira ser caracterizada pela baixa erosão do solo, a longo prazo a produtividade é ameaçada pela compressão do solo por meio de maquinaria pesada. A compressão afeta o transporte de água e ar na terra e pode resultar em reduções relativas nas colheitas. Por outro lado, a degradação do solo pode variar de 0,1 t/ha/ano até 109 t/ha/ano, dependendo de vários fatores como a erosividade da chuva, erodibilidade do solo, topografia do terreno, sistema de colheita, etc. Considera-se que a taxa natural de formação do solo, segundo o *U.S. Office of Technology Assessment (OTA)*, é de 1t/ha/ano (SMEETS, 2006).

Com o desenvolvimento de melhores práticas no preparo do solo as ameaças têm sido reduzidas, devido à operação de subsolagem, uma vez constatada a compactação provocada pela motomecanização; o terraceamento, com o objetivo de interceptar o escoamento das águas superficiais; a gradagem leve, visando o nivelamento; a erradicação da queimada da palha; e a rotação de culturas.

Muitas vezes a escolha de medidas pertinentes, como o investimento em soluções tecnológicas, pode produzir resultados favoráveis, criando bases para uma transição mais abrangente. O manejo da colheita sem a queima da palha, além de eliminar os problemas com a dispersão de particulados e riscos trazidos pela fumaça, nocivos à saúde humana, contribuiu para a introdução da prática de solo reduzido. Protegendo o solo das gotas de chuva, com a cobertura da palha não queimada, e através do preparo de solo reduzido, que requer uma menor mobilização do solo para plantio, o nível de conservação dos solos nas áreas de cana-

de-açúcar deverá melhorar. Nessa estratégia, estariam sendo priorizadas as chamadas bases flexíveis, propostas pelo TNS, e que trazem, ao mesmo tempo, um retorno rápido do investimento.

Emprego e Renda: Condição Sistêmica 4

Na sociedade sustentável, as necessidades humanas são satisfeitas em todo o mundo.

Esta condição, básica para a sustentabilidade social, é também, segundo Robèrt (2003), uma pré-condição para obter resultados satisfatórios com as três Condições Sistêmicas anteriores. Os desequilíbrios, apontados como consequência das demandas da sociedade por recursos naturais finitos, também apresentam seu lado perverso na distribuição desigual dessas riquezas na própria sociedade, através de injustiças e desrespeito aos valores humanos, impedindo uma transição satisfatória para a sustentabilidade, orientada para o pensamento ecocíclico.

Atender as necessidades humanas em um sentido abrangente e não excludente, global e não globalizado, esta é a premissa da Condição Sistêmica 4. As preocupações não deveriam ficar restritas às dificuldades e impactos do cultivo da cana e da produção do etanol. Qual seria o papel do etanol no atendimento das necessidades humanas em um nível global?

A cultura canavieira é caracterizada pela geração de empregos com médio índice de sazonalidade, definida como a relação entre mão-de-obra na safra e mão-de-obra na entressafra. Isto implica em trabalho temporário para uma fração dos trabalhadores, média rotatividade, dificuldade de aperfeiçoamento profissional e consequentes salários não satisfatórios. A tendência à mecanização como solução dessa inadequação, se por um lado elimina o efeito perverso na cadeia da produção, por outro lado gera desemprego. Isto alimenta um círculo vicioso que reduz a liberdade de escolha, retira do cenário produtivo pessoas destinadas cada vez mais à pobreza, e aprofunda as condições para que elas sejam as menos capazes de pensar no próprio futuro sustentável.

Pensar o etanol sustentável socialmente significa ampliar o foco utilizado até o momento. Ao mesmo tempo em que cumpre mostrar ao mundo as suas qualidades enquanto combustível renovável, na sociedade sustentável seu papel deve também incluir os valores pelo serviço

que agrega. Destinar aos países em desenvolvimento o conhecimento e técnicas para a produção de biocombustíveis, contribuindo para sua auto-suficiência em termos energéticos, e não dependente de produtos de áreas de cultivo de outras partes do mundo, é aumentar a liberdade de escolha futura. Nesse sentido, atende à Condição Sistêmica 4 o esforço brasileiro para levar o conhecimento acumulado sobre a cana-de-açúcar a outros países, como por exemplo a abertura de um escritório da Embrapa em Gana, na costa oeste da África.

5.3 Considerações finais

Os problemas ambientais têm se multiplicado e alterado suas características ao longo das últimas décadas, de nível local para global, de particular para abrangente, de curto espaço de tempo entre causa e efeito para a longa demora entre os mecanismos causais e suas consequências, e de relativa baixa complexidade para alta complexidade. Esse alargamento da complexidade e efeito vem aumentar a necessidade de se estabelecer um mecanismo que aponte uma saída em direção ao desenvolvimento sustentável.

Ao contestar o modelo do sistema solar, com a tese de que a Terra girava em torno do Sol, o astrônomo Nicolau Copérnico estava, em 1543, conduzindo as premissas para uma revolução no pensamento de uma nova ordem mundial. Da mesma forma que essa visão subverteu o relacionamento entre os “mundos celestes”, precisamos igualmente estabelecer uma nova visão sobre o relacionamento entre a Economia e o Ecossistema. Só assim poderemos entender a desincronização crescente entre os indicadores econômicos e a destruição dos sistemas naturais da Terra.

A implantação bem sucedida do desenvolvimento sustentável necessita do engajamento dos vários profissionais e setores, com diferentes habilidades e competências, para ratificar um sistema integrado de mudanças. É necessário renegociar as regras do mecanismo econômico vigente e caminhar em direção à conformidade das regras do mundo biofísico, já que estas não podem ser alteradas e nem negociadas. Apontar para essa direção significa construir um modelo que reconheça que a Economia é um subconjunto do ecossistema Terra e que a estabilidade dessa relação é essencial para a sustentabilidade e o progresso econômico.

Tentamos, neste trabalho, trazer a contribuição de uma metodologia, já testada com sucesso por várias organizações, ao esforço dos que produzem, comercializam e estudam o etanol de

cana-de-açúcar no Brasil. Como vimos, na abordagem *The Natural Step*, a sustentabilidade é algo que por definição nunca pode ser alcançada, mas que estamos sempre buscando. Estaremos sempre passando nossos processos, produtos e serviços, pela peneira fina das quatro Condições Sistêmicas. A metodologia oferece esta bússola. Ao criar um modelo que pode ser compartilhado por todos e estabelecer uma linguagem comum, *The Natural Step* parte da convicção de que os seres humanos conseguem trabalhar para um objetivo comum quando se chega à uma base, mínima que seja, de consenso entre os participantes. Felizmente a experiência da aplicação desta metodologia mostra que a área de concordância é sempre maior do que a esperada. O etanol já conta com vários atributos que lhe conferem o caráter de sustentável. Só teria a ganhar se suas empresas decidissem mobilizar e alinhar toda a experiência e o conhecimento científico disponíveis no Brasil para se antecipar às exigências do mercado comprador e se comprometer ainda mais com o caminho em direção à sustentabilidade tendo *The Natural Step* como plataforma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECK, M.B. **Sustainability in the Water Sector: Reflections Within on Views from Without**. International Water Association, 2002.

BNDES e CGEE (org). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, 2008.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum (Relatório Brundtland)**. Rio de Janeiro, 1988.

COELHO, Suani Teixeira et al. **A Sustentabilidade da Expansão da Cultura Canavieira**. Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos, vol. 6, julho de 2007.

DREBORG, K.H. Essence of Backcasting. **Futures**, 28, 813-828, 1996.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, Roundtable on Sustainable Biofuels. **Princípios e critérios globais para a produção sustentável de biocombustíveis**, Versão Zero para consulta com interessados globais. Disponível em <http://cgse.epfl.ch/webdav/site/cgse/shared/Biofuels/VersionZero/brochure>, acesso em 26/01/2009.

ELIA NETO, A. **Captação e uso de água no processamento da cana-de-açúcar**. In: MACEDO, I.C. (org.). **A Energia da Cana-de-Açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade**. UNICA. São Paulo, 2005.

FREDO, C.E.; VICENTE, M.C.M.; BAPTISTELLA, C.S.L.; VEIGA, J.E.R. **Índice de Mecanização na Colheita da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo e nas Regiões Produtoras Paulistas, Junho de 2007**, em Instituto de Economia Agrícola-IEA Disponível em <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/mercado/hp-27-2008.pdf>, acesso em 2/12/2008.

GOLDEMBERG, José. **World Energy assessment: energy and the challenge of sustainability: overview**. New York: UNDP, 2000. p. 1-27.

GOLDEMBERG, J. **The Brazilian Energy Initiative**. Apresentado no *World Summit on Sustainable Development*. Johannesburgo, África do Sul, 2002.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. **Política energética no Brasil**. Revista Estudos Avançados da USP 19 (55), p. 215-28, São Paulo Set/Dez, 2005.

GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S.T. **Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas**. São Paulo, 2008.

HAWKEN, Paul. **The Ecology of Commerce: A Declaration of Sustainability**. New York: HarperCollins Publishers, 1993.

HAWKEN, Paul; LOVINS, Amory; LOVINS, L.Hunter. **Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution**. New York: Little Brown and Company, 1999.

HOLMBERG, J. **Socio-ecological principles and indicators for sustainability**. Institute of Physical Resource Theory of Chalmers University of Technology and Goteborg University, Goteborg, Sweden, 1995.

HOLMBERG, J., ROBÈRT, K-H. **Backcasting from non-overlapping sustainability principles – a framework for strategic planning**. International Journal of Sustainable Development and World Ecology 7:291-308. 2000.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. **Etanol: A experiência paulista**. Disponível em http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/bio_01._2008.pdf.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of the Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Chapter 2. Greenhouse Gas Emission Mitigation Scenarios and Implications. Disponível em http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg3/pdf/2.pdf, 2001.

KEAM, S., McCORMICK, N. **Implementing Sustainable Bioenergy Production: a Compilation of Tools and Approaches**. IUCN. Gland, Switzerland, 2008.

LINS, Clarissa; SAAVEDRA, Rafael. **Sustentabilidade Corporativa no Setor Sucroalcooleiro Brasileiro**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 2007.

LUCON, Oswaldo; SAUER, Ildo. **Aplicação do enfoque Natural Step ao mercúrio de lâmpadas fluorescentes**. São Paulo, IEE-USP Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia, 1999.

MACEDO, Isaias de Carvalho. **Greenhouse Gas Emissions and Bio-Ethanol Production/Utilization in Brazil**. Internal Report, CTC-05/97, Copersucar. Piracicaba, Jan/1997.

MACEDO, Isaias de Carvalho (org.) **A Energia da Cana-de-Açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e sua sustentabilidade**. UNICA-União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo. São Paulo, 2005.

MACEDO, I.C.; SEABRA, J.E.A.; SILVA, J.E.A.R. **Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction from 2020**. Biomass & Bioenergy, doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006. Elsevier, 2008.

MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.; BEHRENS, W.W.III. **The Limits to Growth**. New York, 1972.

MOREIRA, José Roberto; GOLDEMBERG, José. **The Alcohol Program**. Energy Policy 27, pp. 229-245, 1999.

MOREIRA, José Roberto. **Global Biomass Energy Potential**. São Paulo, 2005.

NATTRASS, Brian and ALTOMARE, Mary. **The Natural Step for Business: Wealth, Ecology, and the Evolutionary Corporation**. Gabriola Island, 1999.

NATTRASS, Brian; ALTOMARE, Mary. **Dancing with the Tiger**. Gabriola Island, 2002.
OECD-FAO. **Agricultural Outlook 2007-2016**. Paris: OECD, 2007.

PORTAL DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Etanol Verde**. Disponível em <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/resultado.asp>, acesso em 2/12/2008.

PRUGH, T.; COSTANZA, R.; DALY, H.E. **The Local Politics of Global Sustainability**. Washington, D.C., 2000.

ROBERT, K.H., Schimdt-Bleek, B., Aloisi de Larderel, J., Basile, G., Jansen, J.L., Kuehr, R., Price Thomas, P., Suzuki, M., Hawken, P., Wackernagel, M. Strategic sustainable development - selection, design and synergies of applied tools. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier Science, Ltd. February, 2002.

ROBERT, Karl-Henrik. **The Natural Step. A História de uma Revolução Silenciosa**. São Paulo, 2003.

ROBINSON, J.B., 1990. Future under glass – A recipe for people who hate to predict. **Futures**. October 1990.

ROMEIRO, A.R. **Economia ou Economia Política da Sustentabilidade**, in MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. (orgs.). *Economia do Meio Ambiente. Teoria e Prática*. Rio de Janeiro, 2003.

SMEETS, E. et al. **Sustainability of Brazilian bio-ethanol**. Utrecht/Campinas: Copernicus Institute/Utrecht University, Universidade Estadual de Campinas, 2006 (Report NWS-E-2006-110).

TORQUATO, S.A. **Cana-de-Açúcar para a indústria: o quanto vai precisar crescer**, em Instituto de Economia Agrícola-IEA. Disponível em http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/bio_textos2006.php, acesso em 18/10/2008.

TYNER, W.E. **The global impact of US and EU Biofuels Policies**. Purdue University, 2008.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Disponível em www.unica.com.br, 2008.

VEIGA, J.E. da. **O que é Sustentabilidade?** Revista Página 22. São Paulo, outubro de 2008.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **The Cement Sustainability Initiative**. Disponível em <http://www.wbcdcement.org>, 2007.