

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Avaliação de ciclo de vida

Procurando diminuir o impacto causado pelas empresas ao meio ambiente, foram criadas as normas ISO<sup>2</sup> 14000:1996 seguidas pela atualização de 2004, com o objetivo de estabelecer a criação, manutenção e melhoria do sistema de gestão ambiental para o manejo sustentável de recursos naturais, reduzindo os riscos consequentes das atividades industriais. Estas introduziram as normas relativas à análise durante a existência de um produto, ou certificação ISO 14000: 14040, 14041, 14042, 14043, definindo uma metodologia consistente para sua realização, também conhecida como Análise de Ciclo de Vida (ACV). A certificação ISO 14.001 é concedida a uma organização quando há um sistema de gestão ambiental implantado que reduza os efeitos prejudiciais ao ambiente causados por suas atividades.

*“A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as conseqüências ecológicas (Abnt, 2001).”*

Ao considerar todas as categorias de impactos ambientais a ACV requer uma análise dos produtos envolvidos no sistema, logo, se trata de um instrumento para gerenciar os aspectos ambientais das várias fases do sistema de produção. Desta forma, se facilita a estimativa dos impactos ambientais acumulados ao longo deste ciclo, oferecendo uma visão estendida e possibilitando uma melhor compreensão do sistema.

A busca por produtos sustentáveis e a melhoria contínua de processos produtivos vem ganhando importância cada vez maior nas indústrias, porém os resultados da ACV podem ser usados no desenvolvimento de novos

---

<sup>2</sup> International Organization of Standardization

produtos e serviços, na identificação de pontos críticos e na otimização dos processos produtivos. Pode também oferecer subsídios para o planejamento estratégico privado ou público. Seu maior benefício é que, através de seus resultados, diferentes impactos ambientais são avaliados e quantificados, facilitando a proposta de políticas públicas (Coltro, 2007).

### 2.1.1 Metodologia da Análise de Ciclo de Vida

A estrutura metodológica para a realização da ACV é dividida em quatro fases apresentadas na figura 1.

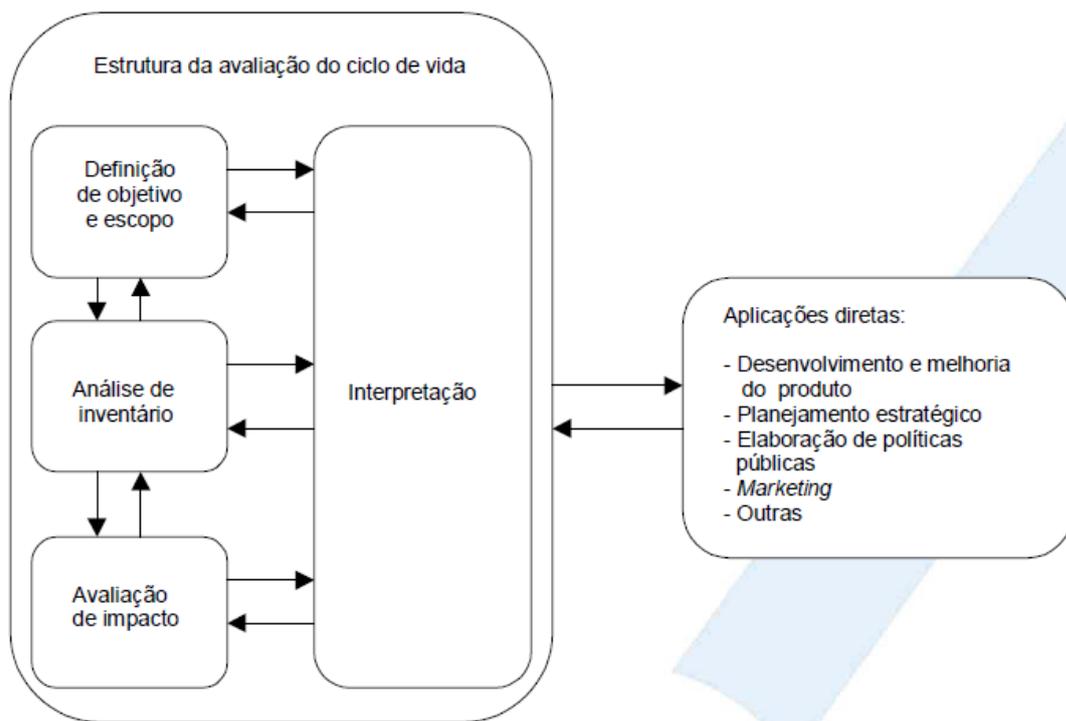


Figura 1. Fases da Avaliação do Ciclo de Vida. Fonte: ABNT (2001).

A metodologia de execução da ACV de acordo com os critérios da norma NBR ISO 14040 citada em ABNT (2001), ABNT (2004) e Wenzel (1997) deve incluir as seguintes fases:

- a. Definição do objetivo e do escopo: O objetivo e o escopo da ACV devem ser coerentes com a aplicação pretendida e devem estar claramente definidos, incluindo as razões para conduzir o estudo; a partir do objetivo do estudo devem

ser identificadas as informações que o estudo deverá fornecer. Por exemplo: qual é o impacto (aquecimento global, uso de energia, uso do solo, etc.) que deve ser estudado; como as mudanças no processo produtivo podem afetar os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida; como o processo pode ser alterado para reduzir um determinado impacto, entre outros. A escolha do objetivo e dos resultados esperados do estudo, portanto, guiarão o desenvolvimento da ACV. Deverão se definir os seguintes elementos de estudo: função do sistema estudado, unidade funcional, fronteiras do sistema e unidades de processo.

Função do sistema é a finalidade de uso do produto, que determina também sua unidade funcional. Um sistema pode ter várias funções possíveis e aquela selecionada para um estudo é dependente dos objetivos e do escopo do estudo.

Unidade Funcional é o conceito central na ACV. Trata-se do quantum do produto utilizado como normalização. O propósito principal de uma unidade funcional é fornecer uma referência para que as entradas e saídas sejam relacionadas. Desta forma a unidade funcional descreve e quantifica a função que o produto desempenha na sociedade. Por exemplo, pode ser 1 kg de farinha de trigo. Sua escolha é extremamente importante, pois todos os dados e informações serão apresentados para uma unidade funcional. Ademais, comparações entre produtos e processos somente serão possíveis considerando-se a mesma base, ou a mesma unidade funcional.

As fronteiras do sistema determinam quais etapas do processo serão incluídas no estudo. O ciclo de vida ideal inclui todas as etapas do ciclo do produto: aquisição de matéria prima, processamento, uso, reuso, reciclagem e tratamento dos resíduos. Convém que o sistema seja modelado de forma que as entradas e saídas nas suas fronteiras sejam fluxos elementares. Entretanto, na maioria das vezes, devido ao escopo do estudo ou à falta de dados ou dos recursos disponíveis, o estudo não inclui todas estas fases. Assim, os processos incluídos e excluídos devem ser definidos nesta etapa.

Unidade de processo é a menor parte de um sistema produtivo, o volume de controle de cada atividade do ciclo que será caracterizado através de suas entradas e saídas.

Podem-se utilizar dados exatos e provenientes da revisão bibliográfica de estudos anteriores, levantamentos “*in situ*”, ou estimativas baseadas em dados

estatísticos. A precisão do estudo dependerá da finalidade do mesmo e dos recursos disponíveis.

b. Análise do inventário do ciclo de vida (ICV): envolve a coleta de dados e os procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e as saídas pertinentes do sistema de produção. Estas entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e emissões no ar, na água e no solo associados com o sistema. Para isto é necessária a identificação e a quantificação da maior número de dados possíveis associados ao sistema. Podem ser feitas interpretações de tais dados, dependendo dos objetivos e do escopo do ACV. Os dados constituem a base para a próxima etapa: a avaliação do impacto do ciclo de vida. O primeiro passo do ICV é a preparação de um fluxograma do sistema em estudo onde cada etapa do processo é identificada, conforme apresentado na Figura 2. A precisão do estudo dependerá da complexidade do fluxograma adotado.

A partir do fluxograma, são realizadas coletas de dados em cada unidade de processo que esteja incluída dentro das fronteiras do sistema. As fontes de dados podem variar bastante, mas devem ser identificadas corretamente. Os dados coletados são compilados considerando-se os itens a serem avaliados, e a unidade funcional definida anteriormente. O produto do ICV é uma lista dos materiais utilizados, volumes de energia consumida e as quantidades de emissões geradas e emitidas ao meio ambiente. Estas informações podem estar organizadas por etapa do ciclo de vida, por processo, por tipo de emissão ou consumo, ou por uma combinação destas categorias.

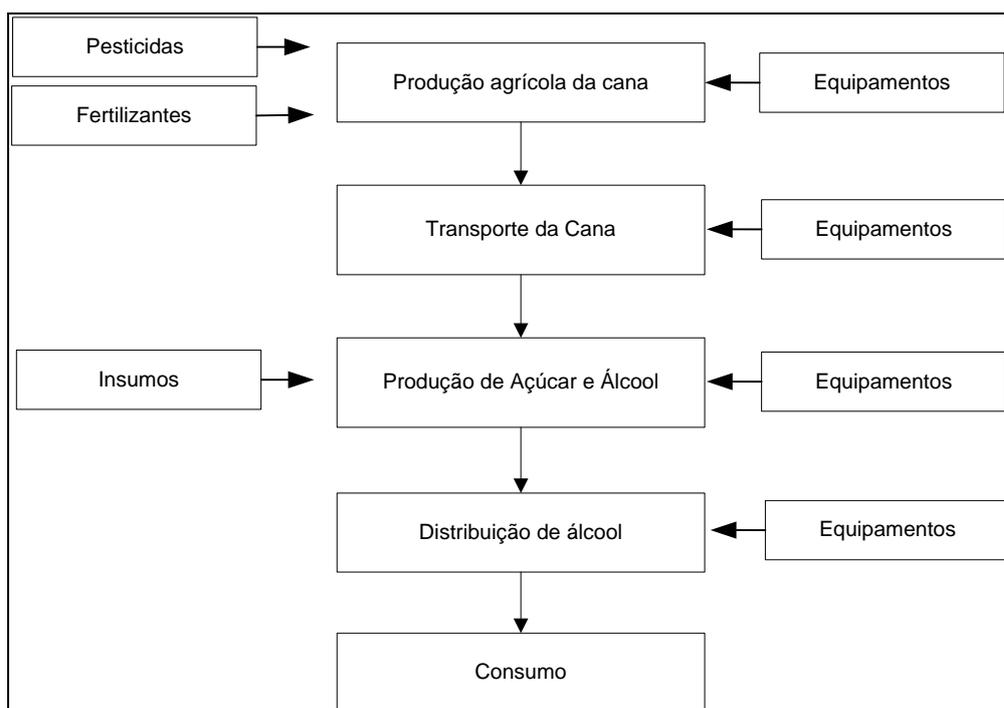


Figura 2. Representação esquemática dos processos envolvidos na cadeia produtiva do Etanol. Fonte: elaboração própria

c. Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV): esta fase é dirigida à avaliação do que representam os impactos ambientais potenciais e seu significado no meio ambiente, partindo dos resultados da análise do inventário. O nível de detalhe, a escolha dos impactos avaliados e os métodos dependem do objetivo e do escopo do estudo. Segundo ABNT (2004) as etapas obrigatórias da avaliação de impacto do ciclo de vida são:

1. Seleção das categorias de impacto<sup>3</sup>; que serão cobertas pelo estudo. Para a AICV, impactos são as conseqüências causadas pelos fluxos de entrada e saída de um sistema sobre a saúde humana, plantas, animais e a futura disponibilidade de recursos naturais.

No caso da ACV para atividade agrícola, outros impactos são também relevantes e podem ser significativos. O uso do solo é um deles. Trata-se de um impacto que avalia a disponibilidade de área agriculturável. Este impacto toma significância devido à área agriculturável ser restrita. Por outro lado, o tipo de cultivo, ou atividade agrícola, e sua intensidade estão diretamente relacionados ao

<sup>3</sup> Categoria de impacto refere-se à classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados do ICV podem ser associados (Abnt, 2004).

volume de emissões por área dos diferentes ciclos de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio) e a sua capacidade antrópica de absorção das emissões (Hanegraaf et al., 1998). Assim, este impacto está associado tanto à ocupação de uma área como também a sua transformação, degradação, e a biodiversidade da região. Sua avaliação deve ser feita através de uma série de índices, como por exemplo, pela área necessária para produzir uma unidade funcional, perda de solo devido à erosão, perda de biodiversidade, variação em pH do solo, entre outros (Lindeijer, 2000).

2. Classificação dos aspectos nos impactos, de acordo com sua importância; nesta etapa os dados compilados pelo inventário são agrupados por categoria de impacto. Quando o item do ICV contribui apenas para um impacto, a alocação é simples. Porém, muitas vezes, a mesma emissão contribui para mais de um impacto. Por exemplo, SO<sub>2</sub> pode causar acidificação e também danos à saúde humana, devendo ser atribuído às duas categorias de impacto.

3. A caracterização dos dados é feita multiplicando-se os valores levantados pelo ICV por fatores de equivalência (fatores de emissão) para cada uma das categorias de impacto. Através da caracterização, os impactos causados pelos vários componentes químicos emitidos podem ser avaliados e comparados numa mesma base.

Na última etapa da AICV é feita a normatização dos dados, que permite o cálculo da magnitude do impacto. Esta é obtida dividindo-se o valor calculado do indicador por um valor de referência. O valor de referência pode ser as emissões totais ou o consumo total de uma determinada área, ou a emissão/consumo per capita. Após a normatização é feito o agrupamento de dados, que consiste na atribuição das categorias de impacto a um ou mais grupos, ou seja, na classificação por tipo (emissão atmosférica, consumo de recurso) ou por importância. Finalmente, é feita a ponderação quando os resultados dos diferentes impactos são convertidos a uma mesma base empregando-se fatores numéricos e convertendo os resultados em um único número. Estas três últimas etapas - normatização, agrupamento e ponderação - são opcionais e, segundo Coltro (2007) não são recomendadas no caso de estudos brasileiros devido à falta de padrões nacionais.

d. Interpretação: segundo ABNT (2001) nesta fase os resultados das etapas da análise de inventário e da avaliação de impacto são combinados com o objetivo e escopo, de forma consistente, visando tirar conclusões e fazer recomendações. As limitações do estudo são, também, indicadas nesta fase, de forma transparente. A interpretação é apresentada no último capítulo deste trabalho, denominado “conclusões”. Há, ainda, de acordo com a ABNT (2001) a elaboração do relatório e a análise crítica realizada por especialistas externos, quando necessária. Essas fases estão representadas, respectivamente, por esta dissertação e pela sua defesa. Assim, este estudo da ACV segue a estrutura metodológica proposta pela ABNT.

## 2.2

### **Antecedentes da aplicação de ACV para energia e biocombustíveis**

Wenzel et al. (1994) consideram que a ACV é a melhor ferramenta para medir o impacto ambiental de um produto pelo seu ciclo de vida e avaliar as consequências ao meio ambiente das escolhas feitas durante o desenvolvimento do produto.

Segundo Pereira (2008) a ACV é um processo objetivo para avaliar os impactos ambientais associados a produtos e processos, por meio da identificação dos materiais usados, da quantificação de energia, assim como dos resíduos emitidos ao meio ambiente. O objetivo maior de avaliar o impacto desses é identificar oportunidades para conferir melhoras ambientais para todo o ciclo de vida do produto, do processo ou da atividade em estudo.

Devido aos biocombustíveis serem considerados uma alternativa ecológica para o fornecimento de energia, eles têm sido amplamente estudados pela metodologia da ACV. Lave et al. (2000) utilizaram o ACV para avaliar o rendimento de veículos a gasolina, óleo diesel, gás natural, etanol de milho, eletricidade e híbridos. No estudo foram incluídas as etapas de produção dos combustíveis, fabricação dos veículos e o uso do combustível. Os resultados indicam que o maior volume de emissões ocorre no uso do combustível, e não nas etapas de produção - com exceção dos carros elétricos. A energia elétrica e o etanol foram as fontes de energia com menores emissões de GEE. Entretanto, os autores destacam que, o uso de combustíveis fósseis nas etapas agrícola e

industrial da produção de etanol eleva as emissões, podendo serem igualadas as emissões dos combustíveis fósseis.

Kadam (2002) comparou a condição existente da produção de açúcar na Índia, onde o bagaço da cana excedente não era utilizado e produzia grande volume de resíduos, com um cenário onde a partir da hidrólise, o bagaço era usado como matéria prima na produção do etanol para misturar com a gasolina. Os resultados mostraram que o segundo cenário apresenta menores impactos devido, principalmente, à substituição da gasolina.

Yoshida et al. (2003) estudaram os diferentes métodos de conversão de biomassa em energia, comparando a eficiência e avaliando a relação entre as emissões de CO<sub>2</sub> e o custo total de cada um dos métodos, considerando o uso como combustível para veículos, geração de energia e aquecimento. Concluíram que a forma mais eficiente de aproveitar a biomassa é na geração de energia elétrica.

Malça e Freire (2006) utilizaram a ACV para avaliar a eficiência de etanol produzido a partir de trigo e de beterraba na França, calculando a quantidade de energia fóssil usada para converter a energia da biomassa em combustível para transporte. Assim, um combustível poderia variar de “não-renovável” - quando o volume de combustível fóssil empregado é equivalente ou superior à energia fornecida pelo biocombustível - até “completamente renovável” (i.e., nenhuma utilização de combustível fóssil). Concluíram que, independente do tipo de biocombustíveis (puro ou adicionado a gasolina), sua utilização resulta na diminuição do consumo de recursos fósseis, porém, sua eficiência depende da utilização dos subprodutos na cadeia.

Kim e Dale (2005) avaliaram a produção de biocombustível produzido a partir de milho e soja utilizando a ACV. Escolheram um hectare de área plantada como unidade funcional e os impactos considerados foram consumo de recursos energéticos não renováveis, aquecimento global, eutrofização de águas e acidificação dos solos. Concluíram que os biocombustíveis, quando comparados com combustíveis fósseis, consomem menores volumes de fontes não renováveis e emitem menor quantidade de GEE. Entretanto, as culturas destinadas à produção de biocombustíveis são responsáveis em maior parte da acidificação do solo e eutrofização a nível local. Assim, os autores sugerem que as práticas agrícolas sejam avaliadas e melhoradas de tal forma a reduzir tais efeitos negativos.

Pereira (2008) avaliou a sustentabilidade de biocombustíveis em três quesitos básicas: a) redução na dependência de combustível fóssil; b) redução das emissões de gases de efeito estufa; c) redução dos impactos ambientais. A autora assumiu que a dependência de combustíveis fósseis pode ser avaliada pelo seu uso total na cadeia e pela eficiência energética, pois os sistemas mais eficientes disponibilizam maior volume de energia por unidade de energia fóssil consumida. Apresentando um rendimento energético para o etanol de 8,2 (energia fornecida por energia consumida), devido principalmente à elevada produtividade da etapa agrícola. Entretanto, os resultados indicaram que a cadeia produtiva é dependente de combustíveis fósseis.

Ometto (2005) observou que a metodologia de ACV permite variadas abordagens, dependendo do objetivo do estudo e das categorias de impacto avaliadas. Isto é evidenciado especialmente quando são incluídas várias categorias de impacto, como uso do solo e consumo energético, aonde os resultados da ACV são contraditórios ou de difícil interpretação. Ometto utilizou três métodos para a AICV do etanol hidratado combustível. Os métodos utilizados são o tradicional para ACV, pelo EDIP<sup>4</sup> e métodos da Termodinâmica Clássica, pela exergia e da Termodinâmica aplicada a outras ciências, pela emergia<sup>5</sup>. O autor concluiu que para melhorar o desempenho do ciclo de vida do etanol deve-se eliminar a queimada, reduzir o uso de agrotóxicos, combustível fóssil e transporte na cadeia de produção, assim a gestão ambientalmente adequada baseada no produto pode reduzir o consumo das fontes naturais, a geração de resíduos, de efluentes e de emissões.

Macedo (1998) determinou que todas as etapas de produção do etanol precisam da energia contida em fontes fósseis de carbono (por exemplo, petróleo e gás natural) para as operações agrícolas, síntese industrial e distribuição ao consumidor. O autor encontrou que nessas etapas, também ocorrem emissões de outros GEE, como metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

A avaliação de quanta energia fóssil é necessária para se produzir etanol da cana-de-açúcar tem sido feita por vários autores: Soares et al. (2009); Macedo et

---

<sup>4</sup> Environmental Development of Industrial Products

<sup>5</sup> Emergia é definida como toda a energia necessária para a produção de um recurso (energia, matéria, serviço humano ou da natureza), (Odum, 1996).

al. (2008) e Boddey et al. (2008). Estes autores concordam que o Balanço Energético<sup>6</sup>, fica próximo de 8,5 a 9,5.

Observa-se que a metodologia de ACV permite variadas abordagens, dependendo do objetivo do estudo e das categorias de impacto avaliadas, especialmente quando são incluídas várias categorias de impacto. Considerando por exemplo, uso do solo e consumo energético, temos que os resultados da ACV são contraditórios ou de difícil interpretação. As comparações entre estudos de um mesmo produto também não são fáceis nem simples porque em geral os estudos utilizam unidades funcionais e fronteiras diferentes, ou seja, os processos incluídos na análise podem variar. Desta forma, os resultados da ACV devem ser avaliados considerando-se seu objetivo. Entretanto, o conceito fundamental da ACV que é a inclusão de todo o ciclo de vida de um produto é fundamental para o entendimento dos efeitos causados pelos produtos e processos dos quais a sociedade faz uso.

## 2.3

### A certificação ambiental dos biocombustíveis

Antes de aplicar a metodologia previamente exposta é feita uma descrição de como a gestão ambiental evoluiu. São avaliados: o primeiro projeto de certificação ambiental do setor sucroalcooleiro, o programa brasileiro de certificação de biocombustíveis ainda em desenvolvimento pelo INMETRO e os distintos esforços na certificação de biocombustíveis fora do Brasil.

#### 2.3.1

##### Primeiro Projeto de Sistemas de Certificação Socioambiental para cana-de-açúcar

O Imaflora<sup>7</sup> no ano de 1996 planejou criar um Programa de Certificação Agrícola Socioambiental, com o objetivo de estimular mudanças na agricultura em direção ao Desenvolvimento Sustentado. Esse estudo foi financiado pela ONG norte-americana *Rainforest Alliance* e as culturas alvo foram a cana-de-açúcar, a

---

<sup>6</sup> Razão entre a energia total contida no bicomustível produzido e a energia fóssil investida na sua produção

<sup>7</sup> Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola

laranja e o café. Consistiu basicamente de revisões bibliográficas, entrevistas com acadêmicos e visitas de campo (Alves et al., 2008).

A cana-de-açúcar foi escolhida como piloto do projeto de certificação socioambiental agrícola no Brasil devido a sua importância estratégica, na economia, na conservação de recursos naturais e nos aspectos sociais do país. O primeiro sistema de certificação socioambiental para cana-de-açúcar tinha como objetivo a harmonização com os sistemas de certificação existentes naquela época para agropecuária, estes foram a Certificação Orgânica, a Certificação do Comercio Justo, a Rede de Agricultura Sustentável e o Sistema EUREPGAP. (Silva, 2010).

A certificação orgânica tem como principal sistema de certificação o desenvolvido pela IFOAM<sup>8</sup>, suas normas estabelecem a estrutura para que organismos de certificação, em todo o mundo, desenvolvam seus próprios padrões de certificação, considerando padrões detalhados de certificação. As normas são baseadas nas normas ISO para operação de órgãos certificadores. (Infoam, 2010).

O sistema de certificação de comércio justo que motivou o projeto brasileiro, foi desenvolvido pela FLO<sup>9</sup>, a certificação é feita pela companhia FLO-CERT GMBH, tem como objetivo garantir aos consumidores que os produtos com a certificação FLO tornam possíveis que pequenas organizações agrícolas e seus membros consigam maior independência e maior poder aquisitivo. (Flo, 2010).

A RAS<sup>10</sup> é um sistema de certificação que desenvolve diretrizes para o gerenciamento responsável da agricultura para exportação. O sistema está baseado no programa da agricultura da Rainforest Alliance (Rainforest Alliance, 2010).

O sistema EUREPGAP tem por objetivo estabelecer uma norma de boas práticas agrícolas, que inclui diferentes requerimentos para os diferentes produtos e que possa ser adaptada a toda a agricultura mundial. A norma é chamada GLOBALGAP e tem por objetivo afirmar que a produção alimentar nas unidades agrícolas certificadas é realizada minimizando os impactos negativos de operações

---

<sup>8</sup> International Federation of Organic Agriculture Movements

<sup>9</sup> Fairtrade Labelling Organizations International

<sup>10</sup> Rede de Agricultura Sustentável

agrícolas no meio-ambiente, redução do uso de insumos químicos e segurança dos trabalhadores (Global G.A.P., 2010).

Depois de uma análise comparativa dos sistemas que sugeriram o primeiro projeto de certificação socioambiental de cana-de-açúcar, Alves et al. (2008) utilizou quatro características principais para classificá-los. A tabela 1 mostra a essa classificação. É observado que o primeiro projeto de certificação socioambiental da cana-de-açúcar foi baseado em sistemas e normas que procuravam estimular desde as transformações socioambientais e sociais, sistemas de gestão até a melhoria do produto.

Tabela 1. Características dos principais sistemas de certificação aplicados na agropecuária. Fonte: Alves et al. (2008)

Sistema	Abordagem principal	Regulamentação	Avaliação	Sociedade civil ou privado
Orgânico	Socioambiental, com foco no uso de agrotóxico	Governos, ONGs e acreditadores.	Independente ou participativo	Sociedade civil e privado
Comércio Justo	Social, com foco na relação comercial de produtores familiares	Acreditadores, ONGs, Redes de reconhecimento mútuo.	Independente ou participativo	Sociedade civil
Rede de Agricultura Sustentável	Socioambiental	ONGs	Independente	Sociedade civil
EUREPGAP	Qualidade do produto	acreditadores	Independente	Privado – supermercados Europeus
SAI 8000	Aspectos trabalhistas	acreditadores	Independente	Sociedade civil
ISO 14.000	Sistema de gestão ambiental	acreditadores	Independente	Privado e Sociedade civil

A versão final dos padrões do sistema de certificação passou a ser denominada de “Padrões para Avaliação, Monitoramento e Certificação Socioambiental da Cana-de-Açúcar e seu Processamento Industrial”, contendo 12 critérios distintos, que abrangem desde a conformidade com legislação, acordos e tratados internacionais, dos quais o país é signatário - de direito e responsabilidade de posse e uso da terra, relação justa com os trabalhadores, planejamento e monitoramento da atividade industrial, conservação do solo e de recursos hídricos, proteção da biodiversidade, viabilidade econômica, além do cumprimento da legislação pertinente à atividade industrial (Silva, 2010).

Segundo Alves et al. (2008) o processo para a definição de padrões e a criação de um sistema para certificação socioambiental política foi considerado bem sucedido dos pontos de vista teórico e de influência política. No entanto, não resultou em unidades produtoras certificadas. Os autores relacionam isso ao fato de que, naquela época, não havia garantias de reais benefícios econômicos para os empreendimentos, principalmente usinas que se interessassem pela certificação, aliado a inexistência de qualquer tipo de pressão social, tanto nacional quanto internacional para uma produção responsável.

Com a recente expansão do mercado internacional de biocombustíveis, a discussão sobre processos de certificação foi retomada. O mercado internacional, principalmente o europeu, está preocupado com a origem do etanol a ser importado, e neste contexto, o INMETRO está desenvolvendo o Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis baseado em critérios técnicos pré-estabelecidos, contemplando o impacto socioambiental do processo e a qualidade do produto.

### **2.3.2**

#### **Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis do INMETRO**

O Programa Brasileiro de Certificação de Biocombustíveis está sendo desenvolvido, inicialmente, para etanol combustível e procura contribuir para a superação de possíveis barreiras técnicas ao biocombustível brasileiro, facilitar o acesso aos novos mercados e o comércio exterior, estimular a melhoria contínua da qualidade e minimizar o impacto socioambiental provocado pelo processo produtivo do etanol (Inmetro, 2008).

A acreditação dos organismos certificadores de etanol combustível será feita pelo INMETRO e será baseado nas práticas de acreditação. Ela estará condicionada a uma auditoria realizada pelo INMETRO, durante a fase piloto de implantação do programa. A minuta atual do Regulamento de Avaliação da Conformidade para Etanol Combustível estabelece quatro princípios socioambientais básicos, sendo eles: racionalidade no uso de recursos naturais em busca da sustentabilidade; recuperação, proteção e conservação da biodiversidade; respeito às águas, ao solo e ao ar; respeito às questões trabalhistas e de saúde do trabalhador.

Os critérios e indicadores para avaliação das unidades produtivas são derivados desses quatro princípios. O Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar, a existência e utilização da licença ambiental, o reúso da água e a existência de co-geração de energia são os indicadores baseados no princípio de racionalidade no uso de recursos naturais.

O respeito às unidades de conservação existentes na área de influência do plantio assim como às áreas de reserva legais e áreas de preservação permanente são os indicadores baseados no princípio de proteção, recuperação e conservação da biodiversidade.

A adoção de práticas agrícolas no plantio de cana-de-açúcar que diminuam a possibilidade de ocorrência de impactos ambientais negativos são os indicadores baseados no princípio de respeito às águas, solo e ao ar.

Dentre os indicadores associados ao princípio de respeito às questões trabalhistas, temos a evidência de fornecimento gratuito de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e a evidência de fornecimento de água potável e fresca em quantidade adequada à necessidade de hidratação diária dos trabalhadores.

Já para as usinas, são requeridos critérios mínimos contidos nas normas ABNT NBR ISO 9001:2000, 14001:2004 e ainda, uma etiqueta, indicando o fator de redução das emissões de GEE. Ainda não há uma previsão para conclusão do programa brasileiro de certificação do etanol combustível.

### **2.3.3 Esforços fora do Brasil**

Nos países europeus uma série de políticas estão sendo desenvolvidas para incentivar o consumo e o aumento da demanda dos biocombustíveis para que atendam as metas locais e regionais simultaneamente expostas no capítulo anterior. A Figura 3 apresenta a diversidade dos principais agentes mobilizadores contidos nessas políticas desde o aspecto global até o aspecto local que impulsionam o surgimento de bioenergia e dos biocombustíveis, particularmente, (Woods e Diaz-Chavez, 2007). O nível global destaca a recente preocupação na mitigação das mudanças climáticas, segurança energética e o desenvolvimento rural (mediante os tratados de longa duração de subsídios para o financiamento da produção agrícola).

Nacional/ Regional/ Global	Local/ Consumidor Final
1. Mudança Climática 2. Segurança Energética 3. Desenvolvimento Rural (Custos macroeconômicos)	1. Uso 2. Custo 3. Meio Ambiente: qualidade do ar/ saúde/ bem-estar/ biodiversidade
Sustentabilidade saúde/ bem-estar/ meio ambiente	

Figura 3. “Mobilizadores” locais e globais para biocombustíveis e bioenergia.

Fonte: Woods e Díaz-Chavez (2007)

No desenvolvimento de políticas para lidar com este conjunto diversificado de “mobilizadores” está também implicitamente previsto o desenvolvimento de princípios e normas necessárias para sustentar a aplicação de qualquer sistema de certificação ambiental. Diversas propostas de certificação foram avaliadas como possíveis instituições de implementação. Uma dessas avaliações foi realizada por *UK’s Low Carbon Vehicles Partnership* em parceria com o *Governo do Reino Unido (UK Government)* como parte do desenvolvimento de RTFO<sup>11</sup>, (Woods e Diaz-Chavez, 2007), que entrou em vigor em abril de 2008. Em paralelo, o Governo holandês tem investigado um sistema semelhante e agora, em conjunto com os governos britânico e alemão, estão sendo feitos esforços combinados para desenvolver uma única e mais abrangente norma supra-nacional, conforme descrito anteriormente (Dft, 2010).

Atualmente existem esquemas de certificação publicamente reconhecidos, tais como o FSC<sup>12</sup>. Estes sistemas foram desenvolvidos para proporcionar uma garantia para os produtos não biocombustíveis (produtos de madeira, principalmente de base florestal). Outros regimes emergentes, como a RSPO<sup>13</sup>, EUREPGAP, RRSO<sup>14</sup> - entre outros - também foram avaliados por Woods e Diaz-Chavez (2007). Verificou-se que nenhum sistema de certificação existente tem cobertura suficiente, para ser adotado, para a certificação dos biocombustíveis. Como resultado, uma abordagem meta-padrão foi proposta por

<sup>11</sup> Renewable Transport Fuels Obligation

<sup>12</sup> Forest Stewardship Council

<sup>13</sup> Roundtable on Sustainable Palm Oil

<sup>14</sup> Roundtable on *Responsible Soy Oil*

Tipper et al. (2006) e que serviu de base para os desenvolvimentos atuais na aplicação da garantia da "sustentabilidade" para os biocombustíveis no âmbito do RTFO Reino Unido.

Fornecer respostas sobre a eficácia dos biocombustíveis reunindo cada um dos “mobilizadores” expostos na Figura 3 tem exigido uma interação significativa dos principais interessados, que poderão estar envolvidos na cadeia comercial e distribuição de volumes significativos de biocombustíveis no Reino Unido e Holanda. As partes interessadas para conselhos consultivos da RTFO incluem, fornecedores de biocombustíveis, grandes empresas petrolíferas, distribuidores de combustíveis, representantes do governo (Incluindo os departamentos de Transportes, Comércio e Indústria, Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais), representantes agrícolas, acadêmicos (especialistas principalmente em LCA) e ONGs. Um conjunto semelhante de partes interessadas foi convocado na Holanda sob a sua Comissão Cramer (Cramer, 2007).

### **2.3.3.1 Metodologias propostas**

Em 2005, antecipando a iminente implementação da RTFO, O UK's Low Carbon Vehicle Partnership encomendou o trabalho para desenvolver um projeto que reúna normas que ofereçam garantias ambientais para a produção de biocombustíveis (Tipper et al., 2006). Este trabalho estabeleceu que seria possível aplicar uma abordagem 'meta-padrão' para a implementação da garantia de sustentabilidade (incluindo os aspectos ambientais) para fornecer biocombustíveis no Reino Unido.

A metodologia de certificação meta - padrão proposta por Tipper et al. (2006) para o Reino Unido e Holanda - tem como componentes principais um report da emissão de GEE, e um sistema de relatórios de sustentabilidade (baseado em princípios). O projeto de orientações técnicas para as empresas que desejam cumprir com as exigências do UK's Renewable Transport Fuels Obligation (RTFO) foi emitido em fevereiro de 2007. Uma metodologia de ACV foi adotada para calcular os impactos dos GEE associados com os biocombustíveis. Os limites dos relatórios de GEE, como proposto para o regime RTFO são apresentados na Figura 4:

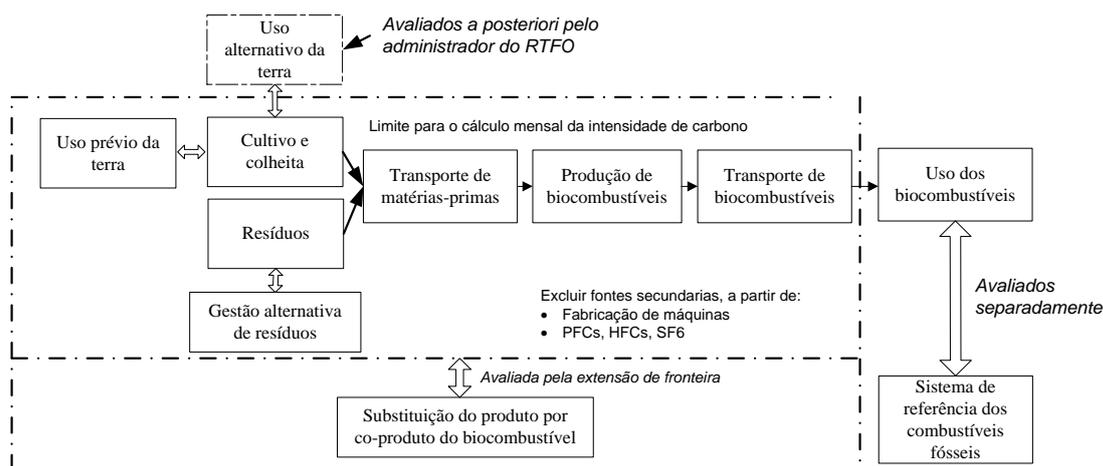


Figura 4. Fronteiras da cadeia dos biocombustíveis. Fonte: Tipper et al. (2006)

### 2.3.3.2 Estândaes e princípios

A metodologia meta-padrão foi desenvolvida através da comparação das normas, princípios, critérios e indicadores desenvolvidos pelas normas existentes e emergentes voluntários ao redor do mundo, incluindo o FSC, RSPO, EUREPGAP. Um conjunto de sete princípios básicos foi identificado como mostra a Tabela 2, com cada princípio incluindo uma série de critérios e indicadores destinados a avaliar se matéria-prima é produzida sustentavelmente sob o critério da RTFO.

Tabela 2. Princípios Ambientais e sociais adotados RTFO. Fonte: Tipper et al. (2006)

Princípios ambientais	
1	A produção de biomassa não vai destruir ou danificar o estoque de carbono do solo.
2	A produção de biomassa não vai levar à destruição ou danos à biodiversidade.
3	A produção de biomassa não implique a degradação do solo.
4	A produção de biomassa não implique a contaminação ou o esgotamento das fontes de água.
5	A produção de biomassa não implique a poluição do ar.
Princípios sociais	
6	A produção de biomassa não afectar negativamente os direitos dos trabalhadores e relações de trabalho.
7	A produção de biomassa não prejudicar direitos de terra existentes e relações com a comunidade.

### **2.3.3.3 Critérios e Indicadores**

Os critérios ambientais levados em conta são: armazenamento de carbono, respeito às áreas de conservação e biodiversidade, qualidade e poluição do solo e da água. Eles também incluem relatórios sobre uso da terra (efeito do deslocamento de culturas e relatório de armazenamento de carbono). O ano de referência de 2005 é adotado para linhas de base de carbono e biodiversidade. Os critérios pertinentes à água, solo e ar estão relacionados com o cumprimento das leis existentes e orientações de GAP<sup>15</sup>, conforme estipulado pelas regras da UE's Cross-Compliance.

Os critérios sociais incluem trabalho infantil, liberdade de associação, discriminação, saúde e segurança, trabalho forçado, os salários, as horas de trabalho, os contratos e subcontratados, e, finalmente, os direitos da terra. Estes critérios devem fornecer um tratamento igual para todos os países. Tais critérios sociais não serão discutidos neste documento.

Existem pontos referentes à produção que constam tanto nos esforços fora como dentro do Brasil que devem fazer parte em todos os processos de certificação e sobre os quais não cabem dúvidas, como a preservação da biodiversidade, a não utilização de trabalho escravo ou degradante e a obediência à lei do país de origem, o que inclui tratados e acordos internacionais. Outros, como a medição das emissões de carbono do etanol, da produção ao consumo, podem variar conforme a metodologia utilizada para a verificação. Assim no presente documento se propõe uma metodologia para a medição independente, de iniciativa privada, em que as usinas exportadoras garantem ao comprador uma série de condições requeridas enquanto não houver critérios e indicadores internacionalmente acordados e estabelecidos.

### **2.3.4 Uso do solo**

O uso do solo indica a área necessária para a produção de uma unidade funcional expressa em metro quadrado por unidade funcional. Trata-se, também, de um indicador importante na avaliação da sustentabilidade dos biocombustíveis,

---

<sup>15</sup> Good Agricultural Practices

pois as culturas destinadas à produção de bioenergia competem com as culturas produtoras de alimentos pelo uso de áreas agriculturáveis (Ulgiati, 2001).

Wackernagel e Reese (1996), apresentam o conceito de Pegada Ecológica, como sendo a área necessária para a manutenção da população, considerando a produção de alimentos e bens, a geração de energia e serviços da natureza como infiltração de água, absorção e diluição das emissões e resíduos da atividade antrópica. Este conceito é importante porque possibilita o cálculo de capacidade de carga de regiões e países através da quantificação de um bem, a área terrestre, que é finito, porém normalmente tratado como infinito.

O relatório Planeta Vivo WWF (2010), calcula a pegada ecológica de diversos países para o ano de 2007, e considerou a pegada ecológica sustentável de 1,8 hectares por habitante. O mesmo estudo estimou que já em 2007 havia em média um déficit de 0,45 hectares por habitante e que, no caso dos países de renda per capita mais alta este déficit é, em média, de 2,6 ha/habitante, em 2007 segundo o relatório Planeta Vivo, WWF (2010) o Brasil já possuía pegada ecológica de 2,9 ha globais/habitante, portanto superior ao considerado sustentável, porém ainda inferior à sua biocapacidade<sup>16</sup>.

### **2.3.5 Perda de solo devido à erosão**

Trata-se de um indicador importante, pois a perda de solo fértil leva à diminuição da capacidade produtiva das terras agriculturáveis, além de resultar em diminuição de taxas de infiltração de água, da capacidade de retenção de umidade, da diminuição do material orgânico, da biodiversidade do solo e da profundidade do solo (Galdos et al., 2009). A erosão hídrica é um processo natural que ocorre mesmo em áreas naturais. Entretanto, sua intensidade pode variar bastante dependendo do regime hídrico, topografia do terreno, natureza do solo e das práticas agrícolas.

Em geral, a perda de fertilidade do solo é compensada pela incorporação de fertilizantes químicos, em especial fontes de nitrogênio. Borrero et al. (2003), relatam que, mesmo com a incorporação dos subprodutos industriais nos canaviais

---

<sup>16</sup> Biocapacidade é a soma das áreas bioprodutivas e disposição de resíduos que pode ser tolerada num determinado território ou em escala global

para melhorar a fertilidade, em muitos deles não ocorre diminuição do uso de fertilizantes químicos.

São muitas as conseqüências da crescente utilização de fertilizantes químicos. Em primeiro lugar a sustentabilidade do sistema produtivo diminui, uma vez que os recursos não renováveis, em especial combustíveis fósseis, são utilizados em volumes maiores, tanto durante sua produção, como para seu transporte. Como conseqüência da utilização de maior volume de combustível fóssil ocorre aumento nas emissões de CO<sub>2</sub>.

Em segundo lugar, o nitrogênio em excesso não é absorvido pelas plantas passando a contaminar tanto os ecossistemas terrestres como os corpos d'água. A poluição por nitrogênio resulta em eutrofização, que restringe o uso da água em várias atividades, e também em toxicidade humana, especialmente devido à contaminação do lençol freático por NO<sub>2</sub> (Cassol et al., 2002).

### **2.3.6 Zoneamento Agroecológico**

O Zoneamento Agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar para a produção de etanol e açúcar no Brasil foi lançado em setembro de 2009, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas, visando à expansão da produção de cana no território brasileiro.

O zoneamento é derivado de estudos coordenados pelo MAPA em parceria com o MMA, baseados na avaliação do potencial das terras para a produção da cultura da cana de açúcar em regime sequeiro (sem irrigação plena), tendo como base as características físico-químicas e mineralógicas dos solos expressos em levantamentos de solos e em estudos sobre risco climático, relacionados aos requerimentos da cultura (precipitação, temperatura, entre outros).

Foram tomadas como diretrizes gerais do zoneamento, premissas que visam permitir a expansão da produção, sendo elas:

- Indicação de áreas com potencial agrícola para o cultivo da cana de açúcar sem restrições ambientais;
- Exclusão de áreas para cultivo nos biomas Amazônia, Pantanal e na bacia do Alto Paraguai;

- Diminuição da competição direta com áreas de produção de alimentos;
- Indicação de áreas com potencial agrícola (solo e clima) para o cultivo da cana de açúcar em terras com declividade inferior a 12% propiciando produção ambientalmente adequada com colheita mecânica;
- O zoneamento não abrange a produção, nem a expansão programada de cana para suprimento das unidades industriais já instaladas.

As áreas de estudo do ZAE compreendem todo o território nacional, exceto: o Bioma Amazônia, Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai; as terras com declividade superior a 12%, levando em consideração a premissa da colheita mecânica e sem queima para as áreas de expansão; áreas com cobertura vegetal nativa; áreas de proteção ambiental; terras indígenas; remanescentes florestais; dunas; mangues; escarpas e afloramentos de rocha; reflorestamentos; áreas urbanas e de mineração; e áreas atualmente cultivadas com cana de açúcar.

O ZAE aponta que hoje o Brasil dispõe de cerca de 64,7 milhões de hectares aptos para expansão do cultivo, sendo que destes 19,3 milhões de hectares foram considerados de alto potencial produtivo, 41,2 milhões de hectares como médio e 4,3 milhões de hectares como de baixo potencial para o cultivo. Estas estimativas demonstram que o país não necessita incorporar áreas novas e com cobertura nativa ao processo produtivo, podendo expandir ainda a área de cultivo com cana-de-açúcar sem afetar diretamente as terras utilizadas para a produção de alimentos. Outra informação importante é que as áreas aptas para cultivo encontram-se predominantemente em áreas utilizadas atualmente com pecuária, com agricultura e agropecuária.

Outra informação importante contida no ZAE é que do total de 60,5 milhões de hectares com aptidão alta a média para a produção de cana no Brasil, 12,6 milhões de hectares estão no Estado de Goiás, 11,1 milhões de hectares em Minas Gerais, 10,5 milhões de hectares em São Paulo, 8,7 milhões de hectares em Mato Grosso do sul e 6,8 milhões de hectares em Mato Grosso. Isso aponta para tendência de que a expansão do setor ocorra predominantemente nestes estados.