

## 5. Conclusões

### 5.1 Conclusões

O presente trabalho permitiu identificar as etapas críticas da cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar, aquelas com maiores consumos de recursos e com maiores emissões de resíduos para o meio ambiente. Ao mesmo tempo, foram identificados aqueles recursos, renováveis ou não, consumidos por cada uma das etapas e pela cadeia completa. O fluxo de energia e as emissões de todo o processo de produção de etanol brasileiro de cana são apresentados na última figura (Fluxograma de todo o processo).

Com o cálculo do uso total de energia fóssil e a eficiência energética avaliou-se a eficiência do etanol de cana-de-açúcar como biocombustível. Comparado com os outros biocombustíveis, o etanol brasileiro apresenta rendimento energético de 8,0 (energia fornecida por energia consumida); a causa principal desse rendimento alto é a elevada produtividade na etapa agrícola (plantio e manejo da cultura). Os resultados também indicam que são consumidos 14.431 MJ de energia não renovável por hectare por ano na produção do etanol.

A atividade de plantio da cana é a de maior potencial de impacto para as categorias de consumo de recursos não-renováveis com um gasto de 51% (6.969,9 MJ/ha.ano) da energia total consumida. A principal causa é o uso intensivo de diesel e de agrotóxicos.

Todos os biocombustíveis, incluindo o etanol, têm sido apresentados como combustíveis que reduzem as emissões de gases de efeito estufa. O ciclo de produção de biocombustíveis é curto e fechado. Assim, todo o CO<sub>2</sub> absorvido na etapa agrícola é emitido à atmosfera durante os próximos ciclos. Mas, ao longo do ciclo produtivo, há queima de combustíveis fósseis, tanto direta como indiretamente e, portanto, há emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

A atividade da colheita de cana é a responsável de 54% (1.221,6 kg de CO<sub>2</sub> eq.) das emissões de todo o ciclo produtivo do etanol. A principal causa da atividade de colheita ser a de maior potencial de aquecimento global é a queimada da palha da cana-de-açúcar.

Os resultados da presente dissertação concordam com outros estudos e também indica que, comparativamente, o etanol apresenta desempenho melhor em termos energéticos e em redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Não obstante, visando a futura certificação do etanol brasileiro deve-se contemplar a questão da sustentabilidade e dos impactos ambientais consequentes de sua produção.

A cadeia produtiva do etanol brasileiro de cana-de-açúcar esta associada a consumos significativos de recursos naturais. A perda de solo associada a um litro de etanol é de 2,3 kg (188 kg por toneladas de cana), enquanto que o consumo de água é de 1,7 m<sup>3</sup> por toneladas de cana. Já a área agrícola necessária para a produção de etanol é de 1,8 m<sup>2</sup> por litro de etanol (151,6 m<sup>2</sup> por tonelada de cana).

Baseando-se nesta ACV, podem-se sugerir algumas ações que tendem a melhorar o comportamento ambiental do ciclo de vida do etanol, entre elas a eliminação da queimada, a redução do uso de agroquímicos, a redução de uso de combustível fóssil e o uso de etanol nas máquinas agrícolas e no transporte.

Esta metodologia pode ser utilizada para a certificação ambiental com o objetivo de avaliar o comportamento ambiental do etanol. Nas usinas, a inclusão deste estudo não representará grande esforço, pois os dados necessários para sua realização já são, em sua maioria, coletados periodicamente.

Com o objetivo de abastecer os mercados exteriores com um combustível sustentável, o modelo de certificação deverá incluir as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental. A metodologia proposta neste trabalho pode ser expandida e permitir uma abordagem completa incluindo a dimensão econômica e a social.

Finalmente, pode se demonstrar que a expansão da produção do etanol de cana-de-açúcar não produz efeitos indiretos na produção de alimentos e no desflorestamento amazônico.

## 5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Recomendam-se, como continuidade do presente trabalho, as seguintes ações:

1. Deverá ser realizada uma atividade de levantamento de dados de campo, de um numero representativo de usinas em distintas zonas de produção nacionais, para o aperfeiçoamento da estrutura do programa (planilha), dos itens que devem ser reavaliados e incluídos na análise, dos fatores de emissão mais específicos para cada região e tecnologia e das incertezas.
2. Aperfeiçoamento computacional do programa (planilha), construção de uma interface gráfica amigável e elaboração de um manual para facilitar sua utilização. Esta interface facilitará a difusão e sua utilização pelos produtores para o diagnostico ambiental das usinas.
3. A metodologia empregada permite a avaliação comparativa de cenários alternativos na busca pela sustentabilidade e posterior certificação ambiental. Assim, outras cadeias de biocombustíveis brasileiros de outras matérias primas devem ser estudadas, como a mamona, a soja, o girassol entre outros.