

**Avaliação de Ciclo de Vida: Fundamentos e Aplicação em Biocombustíveis**

**Aluno: Pedro Enrique Taquechel Campos**

**Orientador: Reinaldo Calixto de Campos**

**Resumo**

Este trabalho tem por objetivo discorrer sobre os fundamentos da Avaliação de Ciclo de Vida e estudar a efetividade de sua aplicação na análise da sustentabilidade de biocombustíveis. O conceito de ciclo de vida será apresentado e, em seguida, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACL) será introduzida. Os diferentes estágios da ACL serão apresentados e suas relevâncias e limitações discutidas. Os possíveis objetivos e a efetividade do ACL serão discutidos, assim como os diferentes enfoques que a análise pode tomar.

Em seguida serão apresentados e discutidos estudos que utilizam a ACL para uma análise do saldo energético líquido de dois tipos de biocombustíveis: o etanol de cana-de-açúcar produzido no Brasil e o etanol de milho produzido nos Estados Unidos.

## Índice

1.	Introdução .....	3
2.	Fundamentos da Avaliação de Ciclo de Vida.....	4
2.1.	O conceito de ciclo de vida.....	4
2.2.	A avaliação de ciclo de vida (ACL).....	5
2.2.1.	Fases da ACV.....	6
2.2.1.1.	Definição do objetivo e escopo.....	6
2.2.1.2.	Análise do inventário .....	7
2.2.1.3.	Avaliação dos impactos .....	7
2.2.1.4.	Interpretação .....	8
3.	A Aplicação da ACL no Bioetanol.....	8
3.1.	O Bioetanol .....	8
3.1.1.	ACL do bioetanol de cana-de-açúcar .....	9
3.1.2.	ACL do etanol estadunidense feito a partir do milho .....	10
3.2.	Conclusões .....	11
4.	Referências Bibliográficas.....	13

## **1. Introdução**

Devido à crescente conscientização da população mundial sobre a necessidade de conservação do ambiente que habitamos, os impactos no meio-ambiente causados por atividades antropogênicas passaram a desempenhar um papel importante nas atitudes e escolhas de sociedades, sobretudo nas pertencentes aos países centrais. A intenção de sustentar e melhorar a qualidade de vida das atuais e futuras gerações é o principal argumento que norteia a mudança de paradigma. Os governos juntos com a sociedade passaram a desempenhar um papel fundamental na regulação das atividades nocivas ao meio-ambiente. Outro ator dessa mudança é o cidadão que exerce o seu direito como consumidor e exige cada vez mais pela sustentabilidade ambiental de produtos e serviços. Diversas empresas procuram agora satisfazer essa demanda pelo “ambientalmente correto”. Um produto ou serviço que possui um selo ambiental reconhecido e a empresa que efetua atividades “ambientalmente corretas” dispõem de uma vantagem competitiva em relação a um concorrente. Na medida em que essas atividades e os produtos “verdes” ganham espaço no cenário mundial, a reflexão sobre o que vem realmente a ser um produto sustentável deve entrar em cena. Apesar de diversos selos de sustentabilidade, inclusive de órgãos internacionalmente renomados, serem distribuídos para as mais diversas atividades, muitos desses devem ter a sua validade discutida. Para avaliar a sustentabilidade de um produto, deve-se primeiro esclarecer o que se conhece por “desenvolvimento sustentável”. “Desenvolvimento Sustentável”, segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas, é um conjunto de processos e atitudes que atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras satisfaçam as suas próprias necessidades [1]. Ou, em outras palavras o Homem deveria gastar os recursos naturais de acordo com a capacidade de renovação desses, de modo a evitar o seu esgotamento.

A partir dessa premissa, percebem-se que todas as etapas de geração de um produto ou serviço devem ser avaliadas para poder se ter uma noção da real sustentabilidade do mesmo. Se o objetivo consiste em que futuras gerações não sejam prejudicadas pelo atual uso dos recursos do planeta, deve-se procurar ter uma idéia o mais exata possível de quanto estamos utilizando e de quanto podemos utilizar.

A análise de ciclo de vida (ACL) entra nesse contexto como uma poderosa ferramenta que visa a apoiar as partes interessadas. O impacto ambiental do processo corrente e a de alternativas passam a ser comparáveis após a ACL, e, portanto, uma decisão mais efetiva pode ser tomada.

No escopo de alternativas “verdes”, um produto que vem se destacando são os chamados biocombustíveis. Biocombustível é qualquer combustível de origem biológica, desde que não seja de origem fóssil [2]. Existem diversos tipos de biocombustíveis, podendo ser destacados: Etanol, obtido a partir de diversos vegetais, como cana-de-açúcar, beterraba e milho. Biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais ou animais, com a característica de poder ser usado diretamente em motores que funcionam no ciclo diesel, sem nenhuma necessidade de retrabalho. Biogás, oriundo da decomposição anaeróbica de matéria orgânica. Diversos tipos de óleos vegetais puros, estes com origem na soja, girassol, palma, cânhamo, dentre outros. E por fim, a biomassa pura, que devido ao seu poder calorífico, pode ser queimada e utilizada como combustível em caldeiras e termoelétricas.

Dentre os tipos de biocombustíveis citados, apenas a biomassa pura, biodiesel e etanol são utilizados em larga escala, devido, em geral, à inviabilidade comercial dos

outros. A biomassa é em geral um subproduto e a energia gerada por seu aproveitamento se torna economicamente viável apenas por sua característica residual de outros processos, como a colheita da cana. Esta carga, portanto, um valor agregado relativamente baixo e é beneficiada *in situ*, e, somente dessa maneira, gera uma nova fonte de renda ou redução de despesas ao empreendedor. Pode ser dito então que apenas o biodiesel e o etanol consistem em verdadeiros produtos, possuem um valor agregado mínimo e são negociados no mercado

Biodiesel e Etanol, portanto, são atores importantes na economia ao cumprirem o papel de combustíveis “completamente limpos”. Devido a essa característica, uma análise do verdadeiro impacto ambiental e do saldo energético dos dois tipos de combustíveis é de extrema valia, pois somente assim teremos uma real idéia do quão “limpos” esses combustíveis são. Uma das conseqüências que se pode esperar após a realização das análises em ambos os combustíveis é um aumento do valor agregado do combustível que é comprovadamente mais “verde” ou “limpo”. A demanda por certificações ambientais desses tipos de combustíveis tende a crescer e assim a valorizar o produto que exerce menos impacto e tem um saldo mais positivo.

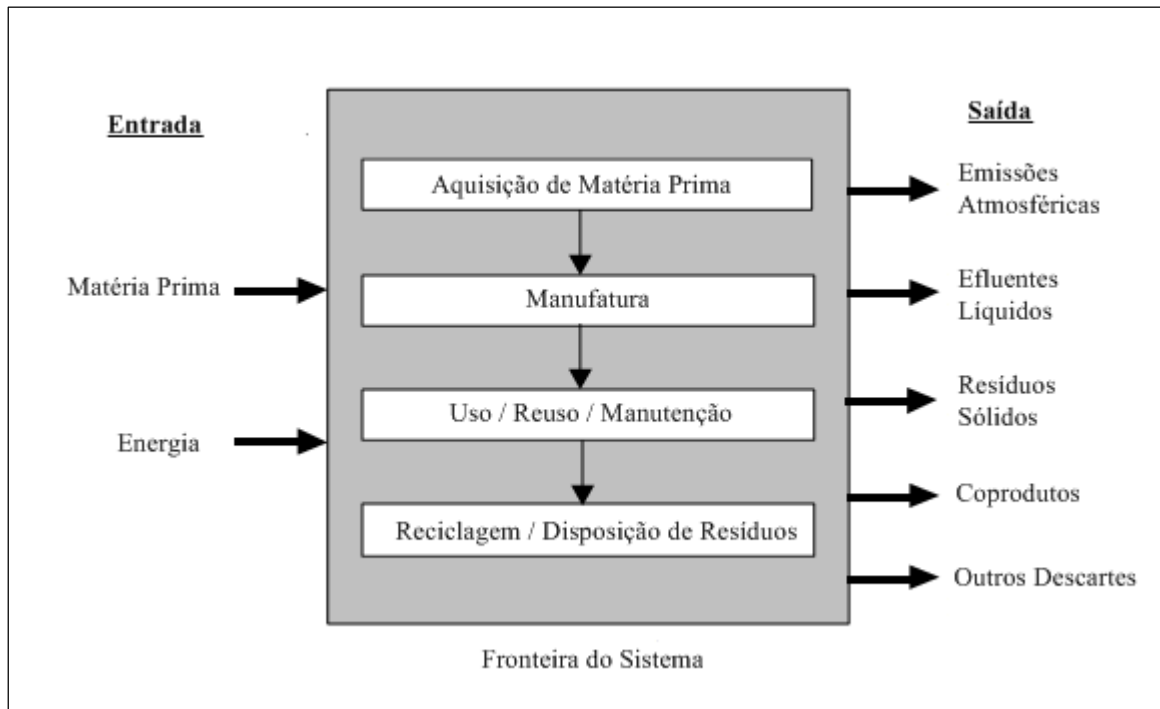
Nesse estudo apenas o ciclo de vida do etanol será avaliado. Estudos de ACL do biodiesel já foram efetuados [3], porém os mesmos são de difícil comparação. O produto final tem como matéria-prima diversas espécies de oleaginosas, como dendê, mamona, soja, girassol e algodão. Conseqüentemente, é possível explorar a melhor alternativa de espécie dependendo da região, resultando em uma maior complexidade na condução da ACL. Adiciona-se ainda o fato das áreas de cultivo serem descentralizadas, sendo necessária uma análise de LCA específica para cada propriedade. As diferentes configurações de transporte do produto final para distribuição e o rendimento no cultivo variado, influenciados pelo tipo de solo, incidência de luz solar média e hidrologia da região são os principais fatores que dificultam uma ACL integral para o biodiesel. Como co-produto do processo de produção do biodiesel, tem-se a glicerina, resultante da transesterificação. Em um cenário onde todo o diesel vendido no país utiliza 2% de biodiesel em sua composição, teremos uma oferta maior de glicerina (82 mil toneladas) do que o mercado interno consome (30 mil toneladas) [3].

A condução de um LCA na indústria sucro-alcooleira é relativamente mais simples. Apenas uma espécie da gramínea é cultivada. As áreas de plantio da cana, apesar de se espalharem por boa parte do sudeste e nordeste, estas são concentradas, facilitando um estudo de uma região inteira. Como exemplo, no ano de 2000, 52% da produção nacional vinha do interior do estado de São Paulo [4]. As *plantations* do centro-oeste americano tem, de maneira análoga, características semelhantes. Ocupam áreas da mesma região climática e utilizam a mesma espécie vegetal no cultivo do milho.

## **2. Fundamentos da Avaliação de Ciclo de Vida**

### **2.1. O conceito de ciclo de vida**

O termo "ciclo de vida" refere-se às principais atividades no decurso do ciclo de vida do bem ou serviço a partir da sua fabricação, uso e manutenção, até a sua eliminação definitiva, incluindo as matérias-primas necessárias adquiridas para a fabricação do produto. A figura 1 ilustra os possíveis estágios de ciclo de vida que podem ser considerados em uma ACL e as entradas e saídas que devem ser levadas em consideração.



**Figura 1:** Estágios do Ciclo de vida ([5], Adaptado)

## 2.2. A avaliação de ciclo de vida (ACL)

A avaliação do ciclo de vida é uma abordagem “do berço ao túmulo” de avaliação dos sistemas industriais. O “tempo de vida” começa com a retirada das matérias-primas a partir da terra para criar o produto e/ou serviço e termina no momento em que todos os materiais são devolvidos à terra. A avaliação do ciclo de vida analisa todas as fases da vida de um produto a partir da perspectiva que elas são interdependentes, o que significa que uma operação leva à seguinte. A avaliação do ciclo de vida permite estimar os impactos ambientais cumulativos resultantes de todas as etapas do ciclo de vida do produto, incluindo muitas vezes impactos não considerados nas análises mais tradicionais (por exemplo, extração de matérias-primas, material de transporte, último produto de eliminação, etc.). Ao incluir os impactos ao longo do ciclo de vida do produto, a avaliação do ciclo de vida fornece uma visão abrangente dos aspectos ambientais do produto ou processo e uma idéia mais exata dos verdadeiros “trade-offs” ambientais do produto e do processo de seleção.

Especificamente, a avaliação do ciclo de vida é uma técnica para avaliar os aspectos ambientais e impactos potenciais associados com um produto, processo ou serviço, por:

- Compilar um inventário das entradas relevantes de materiais e energia e o descarte para o meio-ambiente
- Avaliar os potenciais impactos ambientais associados às entradas e descartes identificados
- Interpretar os resultados para ajudar para tomar uma decisão mais informada

### 2.2.1. Fases da ACV

A ACV é uma abordagem sistemática e gradual e consiste em quatro componentes:

1 - Definição e alcance da meta - Definir e descrever o produto, processo ou atividade. Estabelecer o contexto em que a avaliação está a ser feita, e identificar os limites e os efeitos ambientais a serem revistos para a avaliação.

2 - Inventário Análise - Identificar e quantificar o uso de energia, água e materiais e descartes no meio ambiente (por exemplo, emissões aéreas, a eliminação dos resíduos sólidos, descargas de águas residuais).

3 - Avaliação de Impacto - Avaliar os efeitos potenciais humanos e ecológicos de energia, água, e materiais de utilização e os descartes ambientais identificados no ICV.

4 - Interpretação - Avaliar os resultados do inventário análise e avaliação de impacto para seleccionar o preferido produto, processo ou serviço com um entendimento claro da incerteza e os pressupostos utilizados para gerar os resultados.

As quatro fases se encontram no diagrama na Figura 2.

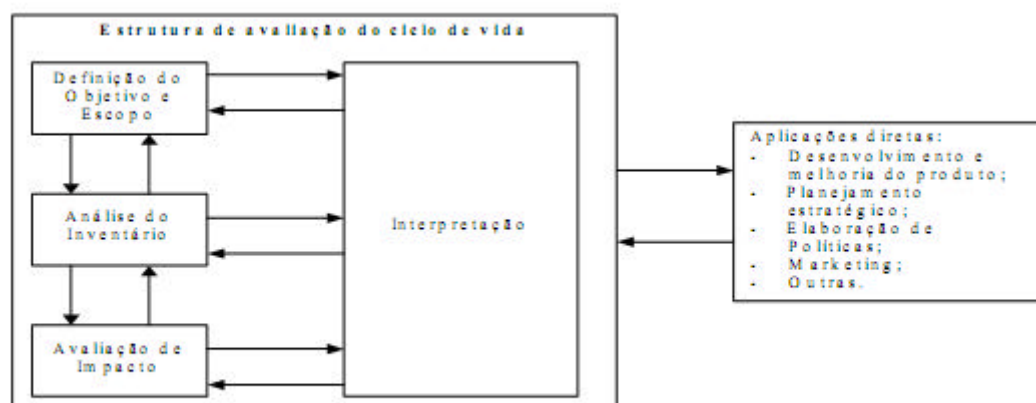


Figura 2: Fases de uma ACV (ABNT, 2001).

#### 2.2.1.1. Definição do objetivo e escopo

Um estudo de ciclo de vida rigoroso e completo deve abranger todos os estágios do ciclo de vida do produto ou de produtos considerados. No entanto tal estudo teria um alto custo e levaria um tempo elevado para seu término. O excessivo detalhamento muitas vezes pode não apresentar grandes efeitos nos resultados. Portanto uma fase muito importante da ACV de um produto é o estabelecimento do objetivo e do escopo do estudo. Nesta fase, determina-se qual a aplicação final pretendida do estudo e o público foco. A aplicação do estudo define a profundidade das informações levantadas e as simplificações feitas no ciclo de vida do produto. O objetivo deve preferencialmente declarar a aplicação pretendida, as razões para se conduzir o estudo e o público alvo, ou seja, para quem se pretende comunicar os resultados. No escopo do estudo devem ser considerados e descritos diversos itens, entre eles podem ser citados: as funções do sistema de produto, ou no caso de estudos comparativos, dos sistemas; a unidade

funcional (unidade de referência num estudo de ACV); as fronteiras do sistema de produto (quais unidades devem ser incluídas na ACV); procedimentos de alocação; limites geográficos; requisitos dos dados; suposições; limitações; qualidade dos dados etc. Nesta fase se estabelece o conteúdo das três dimensões da ACV (Chehebe, 1998): (1) Extensão: onde o estudo do ciclo de vida deve começar e terminar; (2) Largura: quantos e quais subsistemas devem ser incluídos e (3) Profundidade: o nível de detalhe do estudo.

#### 2.2.1.2. Análise do inventário

É a etapa do estudo de ACV que envolve a compilação e a quantificação de entradas e saídas (aspectos ambientais) para o sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (ABNT, 2001). Os dados coletados incluem o fluxo de energia, as matérias-primas, materiais auxiliares, outras entradas físicas, os produtos e subprodutos, as emissões gasosas, efluentes líquidos e resíduos sólidos, etc. Durante a coleta dos dados se avalia o processo da análise do inventário, ou seja, são identificadas as limitações e a necessidade de outros dados para que o objetivo do estudo seja atingido. É importante contabilizar os fluxos energéticos relevantes em cada uma das etapas do processo e, ainda, levar em conta os diferentes combustíveis e fontes de eletricidade usadas, a eficiência de conversão e distribuição dos fluxos energéticos considerados. Os dados são coletados para cada unidade (etapa) de processo que está dentro das fronteiras do sistema. A coleta de dados é um processo demorado e intensivo na demanda de recursos. São necessários procedimentos de alocação em sistemas de múltiplos produtos. Isto significa que os fluxos materiais, de energia e a geração de poluentes devem ser alocados aos diferentes produtos de acordo com um determinado critério. A alocação pode ser feita, por exemplo, com base nas massas desses produtos ou de acordo com o conteúdo energético.

#### 2.2.1.3. Avaliação dos impactos

Avaliação do impacto é a etapa onde se levanta a significância de impactos ambientais potenciais, tendo-se em mão os resultados levantados na etapa anterior de análise do inventário. Nesta etapa é feita uma tradução dos dados levantados no inventário em termos de impactos ambientais potenciais para uma melhor compreensão dos impactos gerados pelo produto. As categorias normalmente utilizadas na avaliação de impactos são: exaustão de recursos não renováveis; aquecimento global; redução da camada de ozônio; toxicidade humana; ecotoxicidade; acidificação; oxidantes fotoquímicos; eutroficação etc (Chehebe, 1998). A escolha das categorias depende do escopo e objetivos definidos para o estudo. Nesta fase existe uma subjetividade muito grande, principalmente das metodologias (modelos) que traduzem os dados do inventário em impactos potenciais. Portanto devem ser usadas metodologias baseadas em conhecimento científico e, se possível, aceitas de uma forma geral. Com isso esta é uma das fases mais críticas e questionáveis na análise do ciclo de vida de um produto pela subjetividade intrínseca ao processo de escolha modelagem e avaliação das categorias de impactos.

#### 2.2.1.4. Interpretação

A última etapa de uma ACV é a interpretação. Nela devem ser apresentadas as verificações das etapas anteriores, ou seja na análise do inventário e na avaliação de impactos. Deve-se verificar se os objetivos e escopo do estudo definidos anteriormente foram atingidos e seguidos. Esta, conseqüentemente é uma fase de análise crítica e revisão do escopo e dos objetivos da ACV. Na interpretação devem ser ressaltadas as hipóteses feitas e, se necessário, deve ser realizada uma análise de sensibilidade. Esta fase também deve conter conclusões e recomendações aos tomadores de decisão consistentes com os objetivos e escopo estabelecidos.

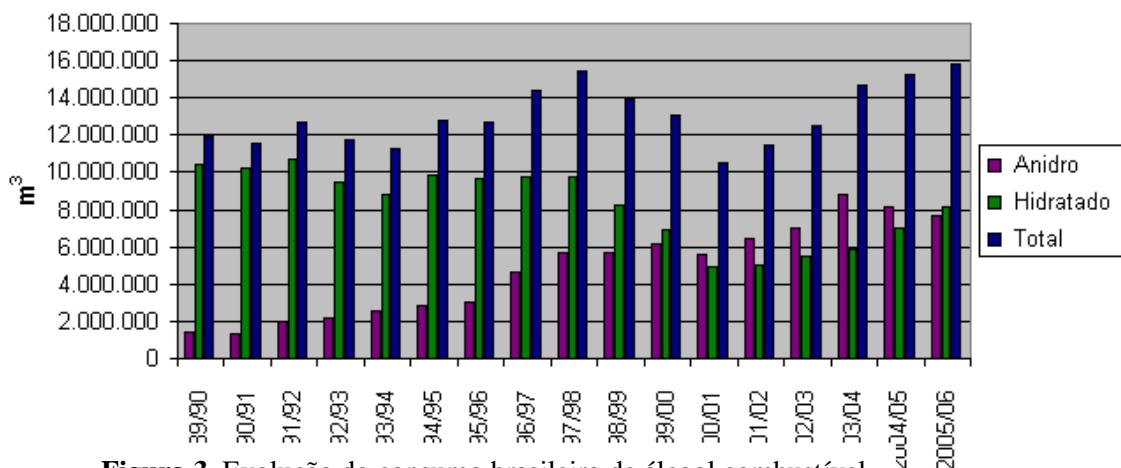
### **3. A Aplicação da ACL no Bioetanol**

#### **3.1. O Bioetanol**

O bioetanol é a obtenção do etanol através da biomassa, para ser usado diretamente como combustível ou se juntar com os ésteres do óleo vegetal e formar um combustível, a esse processo se dá o nome de transesterificação. O etanol é um álcool incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água, derivado da cana-de-açúcar, do milho, da uva, da beterraba ou de outros cereais, produzido através da fermentação da sacarose. Comercialmente, é conhecido como álcool etílico e sua fórmula molecular é  $C_2H_5OH$  ou  $C_2H_6O$ .

Em 2007, a produção global de bioetanol triplicou em relação ao ano de 2000, atingindo o patamar de 52 bilhões de litros [6]. O bioetanol brasileiro, proveniente da cana-de-açúcar e o americano, do milho, corresponderam juntos a mais de 90% da produção mundial em 2007.

Toda a produção brasileira é baseada na cana-de-açúcar, tendo sua origem na década de 1970 e o pico em 1990, com um decorrente declínio a medida que os preços do petróleo no mercado mundial declinaram. A partir do início do século 21 a produção voltou apresentar um vertiginoso aumento. A evolução da produção de etanol no Brasil pode ser observada na Figura 3. O álcool anidro é adicionado à gasolina em concentrações que costumam variar entre 15-25% enquanto o hidratado é oferecido diretamente na bomba, como combustível puro.



**Figura 3.** Evolução do consumo brasileiro de álcool combustível – safras 1989/90 a 2005/06.

Fonte: Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007)

As análises do ciclo de vida de ambos os combustíveis podem ter como resultado praticamente infinitos fatores, como emissão de poluentes, como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, risco ambiental e ecológico do processo, sustentabilidade dos materiais utilizados como matéria-prima, dentre outros. Porém, se tratando de duas fontes de energia, o resultado mais interessante da ACL é o “balanço líquido de energia”, ou seja, qual a proporção entre a energia colocada no processo e a resultante deste. Mais especificamente o mesmo cálculo pode ser efetuado de outro modo, obtendo-se a proporção entre a quantidade de combustível fóssil utilizada no processo e a quantidade de combustível de fontes renováveis obtida.

### 3.1.1. ACL do bioetanol de cana-de-açúcar

O saldo energético do etanol proveniente da cana-de-açúcar não é consenso entre os pesquisadores na área de biocombustíveis. Analisando apenas o etanol produzido no Brasil, a relação energia fornecida por energia consumida varia, de acordo com o autor, de aproximadamente 4 até 10 [7].

MACEDO & SEABRA, 2007 alegam que o balanço energético do etanol de cana-de-açúcar no ano de 2006 tem a seguinte disposição:

Tabela 1: Balanço energético médio do álcool anidro brasileiro (MJ/t), (MACEDO, 2008)

Entrada de Energia	235
Agricultura	211
Produção de Cana	109
Fertilizantes	65
Transporte	37
Indústria	24
Entrada	19
Equipamentos e Instalações	5
Saída de Energia	2.198
Etanol	1.926
Eletricidade	96
Bagaço	176
Razão Saída/Entrada	9,4

No entanto, segundo a AIBS (American Institute of Biological Sciences), o etanol brasileiro possui uma razão entre a energia de entrada e energia de saída igual a 3,7. [8]. Segundo Lamonica, 2005, essa razão é de 8,3 para 1.

Os estudos, portanto, devem ser analisados com bastante cautela. Como citado na introdução deste trabalho, diversos interesses rondavam os combustíveis renováveis. O jogo de interesses ligado ao agronegócio, a idéia da redução da dependência de combustíveis fósseis e a valorização de uma futura moeda de troca no cenário internacional contribuem para uma forte especulação em cima do etanol.

Dentre as razões que podemos citar para existirem estudos tão discrepantes, devem ser enaltecidas:

- O índice de transformação dos subprodutos da indústria sucroalcooleira em co-produtos nos estudos costuma ser mais elevado

que o real. A porcentagem de agricultores que utiliza o bagaço e a palha da cana para co-geração de eletricidade varia consideravelmente em cada região, e comumente, usa-se o quadro com melhor índice de aproveitamento.

- O aproveitamento energético dos subprodutos é levado em consideração utilizando-se os valores teóricos de poder calorífico e do rendimento das termoelétricas para geração de eletricidade e dos fornos para geração de calor. Esses que costumam ser sempre maiores que os verificados na prática.

- Da mesma maneira, o rendimento por hectare plantado também deve ser observado com cautela, pois os valores utilizados podem não condizer com as médias históricas observadas.

- Ao efetuar o cálculo, existem certos fatores que podem ou não serem incluídos de acordo com a argumentação do autor. Um exemplo é a energia gasta na produção e construção de meios de transportes e estabelecimentos utilizados durante o processo.

### 3.1.2. ACL do etanol estadunidense feito a partir do milho

Assim como acontece com a cana-de-açúcar brasileira, os estudos envolvendo o balanço energético do etanol também apresentam resultados consideravelmente diferentes entre si. Os motivos relativos às imprecisões são basicamente os mesmos dos estudos em relação à cana-de-açúcar no Brasil. O valor do poder calorífico do etanol, índice de reaproveitamento dos subprodutos, rendimento por hectare, contabilização de diversos tipos de entradas/saídas indiretas, dentre outros. Pimentel, professor de

agricultura da Cornell University, afirmou em 2005 que é necessária mais energia para produzir um galão de etanol que aquela que o combustível produz quando queimado, em uma razão de 0,8 pra 1 [9]. Os críticos argumentam que Pimentel atribuiu pouco valor aos subprodutos – alguns podem servir como ração para animais, substituindo a necessidade de plantação de milho –, e conferiu ao etanol custos de energia irrelevantes, como o valor do alimento consumido pelos trabalhadores nas produtoras de etanol. A AIBS (2005) encontrou uma razão da ordem de 1,1 enquanto Shapouri (2002) calcula uma razão de 1,34.

Tabela 2: Balanço energético do etanol de milho estadunidense Btu/gal (2005) ([10], Modificado)

Entrada de Energia	77.228
Agricultura	21.598
Transporte	2.263
Conversão	51.779
Distribuição	1.588
Saída de Energia	98.333
Etanol (PCA)	83.961
Coprodutos	14.372
Razão Saída/Entrada	1,34

O balanço líquido energético de 1,34 foi calculado por Shapouri com base nas seguintes hipóteses: adubos são produzidos por plantas de processamento modernas, o milho é convertido em álcool em instalações de transformação modernas, os agricultores alcançam rendimentos médios de milho, e os créditos de energia são atribuídos aos coprodutos.

O saldo líquido energético do etanol do milho, mesmo se positivo, tem uma margem pequena e este é, por via de regra, algumas vezes inferior ao saldo líquido do etanol obtido a partir de cana-de-açúcar. Para efeito de comparação, mesmo no estudo onde o saldo energético do etanol a partir da cana-de-açúcar

tem o menor valor absoluto, o mesmo ainda é mais de três vezes superior ao do etanol a partir do milho.

### 3.2. Conclusões

Comparando os balanços energéticos do etanol oriundo da cana-de-açúcar com o do milho, certas conclusões podem ser tiradas:

O rendimento energético do milho é baixo em comparação com o da cana-de-açúcar. Enquanto o processo de plantio, fertilização e colheita da cana-de-açúcar consome apenas um décimo da energia final obtida no processo, os gastos energéticos envolvendo a agricultura respondem por 22% da energia total obtida ao final do ciclo de obtenção do etanol a partir do milho.

Os coprodutos da cana-de-açúcar compõem por aproximadamente 10% da energia final, no milho essa fração sobe para 15%.

A partir dos estudos, pode-se concluir que, ao que tudo indica, tanto o etanol do milho quanto o da cana de açúcar são sustentáveis. Ou seja, mais energia sai do processo do que entra, apesar da diferença entre o saldo energético dos 2 tipos de combustíveis chegar perto de uma ordem de grandeza. Mas de qualquer maneira, nenhum dos dois combustíveis são suficientes para alimentar 100% a demanda atual de combustíveis fósseis.

Segundo Pimentel (2005), se toda a área cultivada dos Estados Unidos gerasse apenas milho, o etanol resultante não seria suficiente para abastecer 7% da frota de veículos americana.

Assumindo que o rendimento por hectare da cana-de-açúcar nos EUA seja o mesmo do rendimento no Brasil (o que definitivamente não é), no cenário hipotético de Pimentel, a cana-de-açúcar corresponderia a 70% de todo o combustível utilizado por veículos nos EUA.

Ou seja, a ACL apenas ajuda a comprovar que por mais eficazes contra a dependência de combustíveis fósseis que os biocombustíveis sejam, são apenas um complemento para a matriz energética, não podendo, pelo menos a curto e médio prazo substituí-los.

#### 4. Referências Bibliográficas

- 1- Wikipédia. **Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em [http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenvolvimento\\_sustent%C3%A1vel](http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenvolvimento_sustent%C3%A1vel). Acesso em 15 Julho de 2009.
- 2- Wikipédia. **Biocombustíveis**. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Biocombust%C3%ADvel>. Acesso em de 17 Julho de 2009.
- 3- VIANNA, F. C. **Análise da Ecoeficiência: Avaliação do Desempenho Econômico-Ambiental do Biodiesel e Petrodiesel**. São Paulo, SP 2006. 183p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
- 4- Wikipédia. **Cana-de-açúcar**. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar>. Acesso em 27 de Julho de 2009.
- 5- Scientific Applications International Corporation. **Life Cycle Assessment: Principles And Practice**. Reston, VA. EPA, 2006. 80p.
- 6- Wikipédia. **Biocombustíveis**. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Biocombust%C3%ADvel>. Acesso em 17 de Julho de 2009.
- 7- Pereira C. L. F., Rodriguez E. O. **Avaliação da Sustentabilidade do Etanol Combustível usando Análise Emergética e Análise de Ciclo de Vida**. Campinas: Embrapa, 2008.
- 8- American Institute of Biological Sciences. **Fuel ethanol cannot alleviate US dependence on petroleum**. Disponível em [http://www.aibs.org/bioscience-press-releases/050624\\_fuel\\_ethanol\\_cannot\\_alleviate\\_us\\_dependence\\_on\\_petroleum.html](http://www.aibs.org/bioscience-press-releases/050624_fuel_ethanol_cannot_alleviate_us_dependence_on_petroleum.html). Acesso em 3 de Agosto de 2009.
- 9- WALD, M. L. Vale pensar no Etanol a longo prazo? **Scientific American Brasil**, edição 61, junho. 2007.