



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - PECCA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MUDANÇAS CLIMÁTICAS, PROJETOS SUSTENTÁVEIS,
E MERCADO DE CARBONO

Rui Toshio Takahashi

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para conclusão do Curso de Especialização em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias – PECCA, da Universidade Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Carlos Sanquetta

Curitiba

2013

COMPARAÇÃO DOS CICLOS DE VIDA DE ADOÇANTE NATURAL DE
STEVIA E DE AÇÚCAR APLICADOS EM BEBIDAS

Rui Toshio Takahashi

Especialização em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono

Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias - PECCA

Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE QUADROS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1 Objetivos.....	7
1.1.1 Objetivo Geral.....	7
1.1.2 Objetivos Específicos.....	7
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	7
2.1 Definição dos objetivos e fronteiras do estudo.....	8
2.2 Estudo dos processos produtivos dos adoçantes.....	9
2.3 Tratamento das informações obtidas em literatura.....	9
2.4 Elaboração da matriz de aspectos ambientais.....	9
2.5 Análise comparativa dos resultados.....	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
3.1 Identificação das fronteiras dos sistemas.....	10
3.2 Dados coletados e Análise do inventário.....	10
3.3 Formulações.....	14
3.4 Dados de consumo de refresco em pó.....	16
3.5 Emissões de GEE.....	17
3.6 Consumo de água.....	17
4 CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Limites do sistema de produção de açúcar.....	11
Figura 2 – Limites do sistema de produção de adoçante de stevia.....	11
Figura 3 – Valores de emissões de GEE para o açúcar, por setores (em %)......	12
Figura 4 – Valores de consumo de água para o açúcar, por setores (em %):.....	13
Figura 5 - Valores de emissões de GEE para o adoçante de stevia, por setores (em %)	13
Figura 6 - Valores de consumo de água para o adoçante de stevia, por setores (em %)......	14
Figura 7 – Emissões de GEE na produção de bebidas adoçadas com açúcar e com adoçante de stevia com base no consumo de 2009 de 670 milhões de litros de bebida pronta.....	17
Figura 8 – Consumo de água para a produção de bebidas adoçadas com açúcar e com adoçante de stevia com base no consumo de 2009 de 670 milhões de litros de bebida pronta.....	18

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores de emissões de GEE e consumo de água blue + green em kg CO ₂ eq/kg produto e litros/kg respectivamente para o açúcar e stevia.....	14
Quadro 2 - Fórmula genérica de bebida em pó adoçada com açúcar:.....	15
Quadro 3 - Fórmula genérica de bebida em pó adoçada com stevia:.....	16

RESUMO

A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV é uma metodologia importante, pois permite uma contabilização ambiental, onde são consideradas as retiradas de recursos naturais e energia da natureza e as “devoluções” para a mesma, permitindo avaliar os impactos ambientais potenciais gerados. O conhecimento do ciclo de vida de um produto é o primeiro passo na busca do desenvolvimento sustentável. O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise comparativa, através de ACV do ingrediente adoçante, entre bebidas adoçadas com dois tipos de adoçantes: açúcar e adoçante de stevia. O estudo envolveu processos desde a extração de matérias-primas para produção destes adoçantes, passando pela produção/extração e utilização destes nas formulações de bebidas. Foram identificados e quantificados os pontos relacionados ao consumo de água e emissões de GEE durante o ciclo de vida de cada adoçante. Os resultados obtidos no estudo revelaram que, de acordo com os cenários e variáveis definidas, a bebida adoçada com açúcar apresentou um cenário menos favorável ao meio ambiente comparado à bebida adoçada com stevia.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida, bebidas, adoçante, impacto ambiental.

ABSTRACT

The Life Cycle Assessment – LCA is an important method because it allows an environment accounting, where the extraction of natural resources and energy and the "returns" to the same one are considered allowing the evaluation of the potential environment impacts generated. The knowledge of the life cycle of a product is the first step in the search of the sustainable development. The present work had as objective to make a comparative analysis, through LCA of the sweeteners of beverages sweetened with two types of sweetener: sugar and sweetener from stevia. The study considered processes since the extraction of raw materials for production of the sweeteners, process and using them in the beverages formulations. The main critical points of water consumption and emissions of GHG during the life cycle of each sweetener were identified and quantified. The results showed that, in accordance with the scenes and defined variables, the beverage sweetened with sugar presented a less favorable scene to the environment in comparison with the other sweetened with stevia.

Key-words: life cycle assessment, beverages, sweetener, environmental impact.

1 INTRODUÇÃO

A integração da sustentabilidade nas práticas do dia-a-dia das empresas não é um tema novo. No *Marketing*, por exemplo, já é discutido há 40 anos, quando do surgimento do termo “*Marketing Verde*” na Associação Americana de Marketing. De forma geral, a ideia é de que preocupações sociais e ambientais façam parte integral das práticas da empresa, impactando o desenho, produção e comercialização de seus produtos, bem como as suas relações com seus consumidores, toda a sua cadeia de valor e outros públicos interessados.

A ideia é linda, mas lá se vão 40 anos e na prática a teoria ainda parece ser outra. Apesar da crescente conscientização e profundidade dos debates, em muitos casos o que se vê são ações pouco consistentes dando origem a mensagens ecológicas superficiais e relações comerciais enganosas, o que deu origem ao termo *greenwashing*, se referindo à desinformação disseminada por uma organização que deseja uma imagem de ambientalmente responsável mesmo não o sendo.

Na Eco’92 o tema foi amplamente debatido, dando origem a guias e indicadores internacionais, tais como o *Greenwashing Index*, além de ações específicas em vários países a fim de facilitar a identificação e punição a tais práticas. No Brasil o CONAR (Conselho Nacional da Autorregulamentação Publicitária) estabeleceu normas éticas para apelos de sustentabilidade na publicidade, com quatro critérios claros sobre as informações presentes nas propagandas:

- 1) **Veracidade** e possibilidade de verificação;
- 2) **Exatidão** e especificidade;
- 3) **Pertinência** em relação à produção e comercialização do produto;
- 4) **Relevância** em relação aos impactos no ciclo de vida completo do produto, ou seja, na sua produção, seu uso e seu descarte.

Entre outros casos polêmicos, as seguintes empresas foram acusadas de *greenwashing* no Brasil, sofrendo danos à sua imagem e conseqüentemente valor de mercado:

- **Monsanto:** em setembro de 2005, por sua campanha “homenagem da Monsanto do Brasil ao pioneirismo do agricultor gaúcho”, onde sugeria que a soja transgênica preservava o meio ambiente, o que não pôde ser comprovado;
- **Bosch:** em dezembro de 2006, por afirmar que seu refrigerador Bosch Space era “totalmente inofensivo ao meio ambiente”, o que é tecnicamente impossível afirmar;

- **Petrobrás:** em abril de 2008, por afirmar que era uma “empresa que respeita o meio ambiente” e “pensa no seu futuro e naqueles que você ama, buscando novas fontes de energia”, o que pode ser questionado pelo volume de recursos destinados à atividade extrativista versus a pesquisa de fontes de energia alternativa/renovável.

Uma das formas de se evitar este tipo de prática de marketing enganoso e realmente desenvolver produtos com comprovados impactos ambientais reduzidos é através do uso da ACV – Análise do Ciclo de Vida ou Avaliação do Ciclo de Vida, que é uma técnica que permite a quantificação das emissões ambientais ou a análise do impacto ambiental de um produto, sistema, ou processo. Essa avaliação é feita sobre toda a "vida" do produto ou processo, desde o seu início (por exemplo, desde a extração das matérias-primas no caso de um produto) até o final da vida (quando o produto deixa de ter uso e é descartado como resíduo), passando por todas as etapas intermediárias (manufatura, transporte, uso). Por essa razão, esta avaliação é também chamada de "avaliação do berço ao túmulo".

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) estuda a complexa interação entre um produto e o ambiente, utilizando para tanto a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto (CHEHEBE, 1998). A ACV de um determinado produto compreende as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas no sistema produtivo, passando por todas as operações industriais e de consumo até a disposição do produto final quando se encerra sua vida útil (CHEHEBE, 1998).

Para a descrição dos sistemas se faz necessária a realização de balanços de massa e energia para se determinar a geração de emissões gasosas, efluentes líquidos e resíduos sólidos. Por este motivo, alguns pesquisadores referem-se ao trabalho como uma análise dos recursos e perfis ambientais, e com esta ferramenta pode-se avaliar e tomar decisões gerenciais de forma a contribuir para a melhoria e conservação do meio ambiente.

O conteúdo mínimo de uma ACV deve abranger três dimensões: extensão, largura e profundidade. A extensão define onde iniciar e parar o estudo, a largura define quantos e quais subsistemas incluir e a profundidade diz respeito ao nível de detalhes da análise.

Os principais objetivos da ACV são descrever quais as matérias-primas utilizadas e emissões ocorridas durante a vida de um produto e realizar a análise de quais impactos ambientais foram causados por estes dois fatores. Deste modo, a ACV permite a identificação de oportunidades de

melhorias dos aspectos ambientais considerando as várias fases de um sistema de produção, contribuindo para a diminuição do consumo de recursos naturais e geração de resíduos.

A ACV também fornece motivação para o atendimento da legislação ambiental, atendendo às exigências de contínuo aprimoramento nos sistemas de gestão ambiental que demandam as séries da International Organization for Standardization (ISO), British Standard (BS) e European Eco-Management & Audit Scheme (EMAS), além de ser útil como ferramenta de marketing para a obtenção de declarações e rótulos ambientais. O banco de dados formado pela ACV também permite a avaliação de produtos feitos de diferentes materiais, auxiliando no desenvolvimento de novos processos que proporcionem redução no consumo de recursos naturais e na geração de resíduos (CHEHEBE, 1998).

A partir da década de 60, com o início de estudos de ciclo de vida sem métodos específicos, tornou-se necessária a padronização da metodologia e o estabelecimento de critérios rígidos para disciplinar a forma como estes estudos devem ser conduzidos (MOURAD, 2002). A maior contribuição para a padronização desta técnica foi dada pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), que posteriormente orientou os trabalhos de normatização internacional da International Organization for Standardization (ISO) que originaram a parte da série de normas ISO 14000 relativas a ACV.

As principais fases da ACV de um produto são: a definição de objetivo e escopo, a análise do inventário, a avaliação de impacto e a interpretação. As quatro etapas da ACV estão inter-relacionadas, de modo que o correto desenvolvimento de cada uma destas fases é essencial para o desenvolvimento do estudo.

Na etapa de definição de objetivo do trabalho são consideradas as principais razões para a realização do estudo e o seu público alvo.

Na etapa de definição de escopo são estabelecidos o sistema a ser estudado, suas fronteiras e a unidade funcional adotada (CHEHEBE, 1998). Na descrição do sistema são relacionados o tipo de produto, processo ou serviço estudado, quais os materiais utilizados e as tecnologias de produção. A fronteira do sistema delimita as etapas a serem incluídas ou não no estudo proposto. A adoção de uma unidade funcional tem como objetivo estabelecer uma referência com a qual as entradas e saídas do sistema são relacionadas. A definição de escopo também inclui os procedimentos para a distribuição de pesos (grau de importância) sobre as matérias-primas e produtos do sistema, caso haja subprodutos

de processo, e a estratégia de coleta de dados, que considera a época em que os dados foram coletados, a localização geográfica do estudo e a representatividade dos dados coletados (KROZER, 1998).

A seleção dos dados que serão incluídos no estudo, em função de algum parâmetro significativo, é também definida no escopo do estudo. Os critérios usados para selecionar os materiais significativos incluem as relevâncias mássica, energética e ambiental (KROZER, 1998). Na etapa final de definição de escopo são estabelecidos quais os aspectos ambientais e categorias de impacto adotadas no estudo. Os aspectos ambientais estão associados ao consumo de recursos naturais, materiais secundários e energia e à emissão de resíduos, além de vibrações, radiação, odor e efluentes líquidos quentes.

As categorias de impacto que representam os efeitos causados pelos aspectos ambientais considerados também são definidas na etapa de escopo. Entre as categorias de impacto tem-se o aquecimento global, a acidificação e a redução da camada de ozônio (MOURAD, 2002).

A segunda etapa da ACV é a análise do inventário, quando são efetuadas a coleta e a quantificação de todas as variáveis envolvidas durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade. Esta etapa também é responsável por relacionar os dados coletados à unidade funcional adotada (MATTSSON, 2000). Os dados coletados nesta etapa são provenientes do monitoramento de um determinado processo de produção ou de estimativas realizados por meio de modelos divulgados em literatura especializada (CHEHEBE, 1998).

Para a coleta adequada de dados, é necessário desenvolver fluxogramas representando todas as etapas de processo e suas inter-relações. Cada etapa deve ser descrita listando todos os aspectos ambientais existentes e definindo as unidades de medidas. Além disso, todos os procedimentos de coleta de dados devem ser documentados através de confecção de formulários, para se evitar a não inclusão de dados importantes (KROZER, 1998).

A qualidade da ACV varia de acordo com a qualidade e a confiança dos dados na qual é baseada. Dados sobre consumo de energia, especialmente durante a manufatura, consumo de recursos naturais e consumo de água são os de mais fácil obtenção e os mais confiáveis (VIGON, 1995).

Os dados de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas são normalmente mais difíceis de serem obtidos por causa principalmente da dificuldade de determinação de sua exata composição e da confiabilidade do resultado. Os dados de emissões atmosféricas são freqüentemente

disponíveis apenas para os poluentes que são regulamentados, variando bastante de acordo com o tamanho de cada planta e tecnologia utilizada. Além disso, deve-se sempre considerar se as categorias de impacto adotadas são as ideais para o uso na avaliação de impacto em questão (VIGON, 1995).

Com relação à verificação e validação dos dados coletados, vários procedimentos de checagem são utilizados para aumentar o seu nível de confiabilidade. Estes procedimentos podem ser divididos em duas categorias, entre as quais a comparação dos dados de monitoramento com outros publicados em literatura especializada e a comparação dos dados mensurados ou estimados com dados teóricos. Além disso, quanto mais representativo da população for o grupo de dados, mas confiáveis e precisos serão os resultados obtidos (VIGON, 1995).

A avaliação dos impactos ambientais visa determinar a intensidade com que os aspectos ambientais alteram o meio ambiente (MOURAD, 2002). Este passo da ACV é dividido nas etapas de classificação, caracterização e valoração dos dados coletados.

Na etapa de classificação, os dados são separados e agrupados de acordo com as categorias determinadas de impacto, como por exemplo, o esgotamento de recursos naturais, o aquecimento global e o efeito fotoquímico (KROZER, 1998). Na etapa de caracterização, os dados que contribuem para a mesma categoria de impacto são normalizados de acordo com o efeito relativo de um. Finalmente, na etapa de valoração as categorias de impacto são somadas de acordo com uma escala de importância previamente definida, obtendo-se um indicador único de desempenho ambiental para o produto (KROZER, 1998). Com relação à esta etapa, não se tem até o momento um consenso internacional sobre a metodologia mais adequada para sua determinação.

Na última etapa da ACV, a Interpretação, os resultados obtidos nas fases de inventário e avaliação de impacto são analisados de acordo com o objetivo e o escopo previamente definidos para o estudo (CHEHEBE, 1998). As conclusões obtidas após a análise dos resultados possibilitam a identificação de pontos críticos do ciclo de vida do produto que necessitam de melhorias, permitindo a implementação de estratégias de produção, como a substituição e recuperação de materiais e a reformulação ou substituição de processos, visando a preservação ambiental.

A técnica da ACV é regulada por normas internacionais como a série ISO 14040 de Gestão ambiental e é muito utilizada para comparar o impacto ambiental de diferentes produtos com similar função. ACV também é utilizada na área de gestão ambiental para comparar o impacto ambiental de diferentes tipos de tratamento de resíduos (comparar incineração vs. aterro sanitário, por exemplo), o

impacto ambiental de diferentes destinos para um determinado resíduo especificamente (comparar a reciclagem de papel vs. a compostagem de papel, analisar os impactos dos diferentes tipos de reciclagem de plástico), etc.

Para diminuir a probabilidade de mal-entendidos ou efeitos negativos em relação às partes interessadas externas, devem ser conduzidas análises críticas em estudos de ACV quando os resultados são usados para apoiar afirmações comparativas. O fato de uma análise crítica ter sido conduzida não implica de modo algum um endosso de qualquer afirmação comparativa que seja baseada num estudo de ACV. A análise crítica externa pode ser efetuada tanto por um especialista externo quanto por uma comissão, a qual pode incluir representantes das partes interessadas. A declaração sobre a análise crítica e o relatório da comissão de análise crítica, assim como comentários do especialista e quaisquer respostas às recomendações feitas pelo analista ou pela comissão, devem ser incluídos no relatório de estudo de ACV. Um dos méritos da ACV é permitir uma análise completa de um determinado sistema. Muitas vezes acredita-se que determinada prática é ambientalmente correta, quando na verdade não é.

O primeiro estudo de que se tem referência foi desenvolvido no início dos anos 70 pela empresa Coca-Cola, que contratou o *Midwest Research Institute* (MRI) para comparar os diferentes tipos de embalagens de refrigerante e selecionar qual deles se apresentava como o mais adequado do ponto de vista ambiental e de melhor desempenho com relação à preservação dos recursos naturais. Este processo de quantificação da utilização dos recursos naturais e de emissões utilizado pela Coca Cola, nesse estudo, passou a ser conhecido como *Resource and Environmental Profile Analysis - REPA*.

Apesar dos casos polêmicos citados anteriormente, há também boas notícias ao redor do mundo, onde a integração da sustentabilidade gradualmente acontece em práticas do dia-a-dia das empresas, atraindo talentos e clientes que valorizam esses atributos:

- Nescafé Dolce Gusto: a Nestlé Portugal implementou em 2010 um sistema pioneiro de recolha de cápsulas NESCAFÉ Dolce Gusto em várias lojas, onde pode depositar as suas cápsulas usadas. A partir daí assegurou-se que estas fossem enviadas para um gestor de resíduos, que separa o café e os diferentes componentes das cápsulas e em seguida encaminha o plástico para uma empresa de reciclagem, e as borras de café para compostagem. Deste modo foi possível utilizar o plástico das cápsulas NESCAFÉ® Dolce Gusto® para produzir outros materiais. Neste caso é produzido mobiliário urbano para jardins, parques infantis, praias, entre outros. Através da ferramenta ACV, foi possível comprovar que desde o lançamento do

produto, em 2006, foi possível reduzir: a pegada de carbono em 32%; a quantidade de energia não renovável que é utilizada em 41%; e o total de consumo de água usada no processo em 25%. Estas ações foram citadas em seu website.

- Levi's: depois de calcular a quantidade de água gasta na fabricação de uma calça jeans, desenvolveu nova tecnologia de lavagem e através de estudo de ACV conseguiu comprovar que a economia de água com este novo método era significativamente maior.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo comparar as emissões de GEE e consumo de água de bebidas adoçadas com açúcar e de bebidas adoçadas com adoçante de stevia.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atendimento do objetivo geral, foram definidos alguns objetivos específicos para este estudo, listados a seguir:

- Realizar um estudo das principais etapas do ciclo de vida do açúcar e do adoçante de stevia;
- Fazer um levantamento das informações necessárias para realização do estudo;
- Coleta de dados em pesquisa bibliográfica e indústrias do setor;
- Identificar e quantificar as principais variáveis envolvidas em todo o processo de produção destes edulcorantes, assim, como o uso de recursos naturais;
- Com o comparativo, apontar as vantagens na utilização de um ou outro edulcorante em formulações de bebidas como forma de auxiliar em processos de tomada de decisão para mudanças no produto visando produção mais limpa e de menor consumo de água.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho pode ser dividido em três etapas principais. Uma primeira etapa teórica, envolvendo a descrição dos tipos de materiais e dos processos envolvidos e o estudo de levantamento do ciclo de vida de dois tipos de adoçantes utilizados em bebidas líquidas ou em pó.

A segunda etapa será desenvolvida por meio de coleta de dados na literatura para realização do estudo comparativo do ciclo de vida dos adoçantes estudados. Os dados do ciclo de vida dos dois adoçantes são secundários e foram coletados pelas empresas produtoras, que em seguida, submeteram a ACV para avaliação de terceira parte.

A terceira etapa será a compilação das informações obtidas, que será realizada em planilha eletrônica, onde todos os processos, fluxos e variáveis pertinentes ao estudo serão alimentados no sistema, permitindo, assim, uma análise comparativa entre as bebidas em cujas fórmulas os adoçantes estudados são utilizados.

2.1 Definição dos objetivos e fronteiras do estudo

O objetivo principal consiste em apontar os pontos críticos para controle ambiental como forma de auxiliar em processos de tomada de decisão para lançamento de produtos visando produção mais limpa, prevenção à poluição do meio ambiente e prevenção de ações de Marketing enganosas. Para tanto, será realizado um estudo comparativo entre o Ciclo de Vida dos adoçantes: açúcar e adoçante de stevia. Ambos utilizados na indústria de bebidas não alcoólicas.

Para realização do estudo, serão considerados os seguintes tipos de adoçantes naturais para bebidas:

- Açúcar refinado proveniente da cana-de-açúcar produzido na Austrália;
- Adoçante de stevia, proveniente das folhas de stevia.

As fronteiras do estudo do ciclo de vida de cada adoçante são conforme abaixo, indo desde o plantio das matérias-primas até a extração dos edulcorantes de cada matéria-prima:

- Açúcar: plantio, transporte até a usina e processamento da cana;
- Adoçante de stevia: plantio, transporte até a planta e processamento das folhas.

Para ambos, foi considerada a opção Cradle to Gate, onde a análise é feita até a fase do processamento, sendo o transporte a partir deste, não considerado.

2.2 Estudo dos processos produtivos dos adoçantes

A descrição dos tipos de materiais e processos envolvidos será feita a partir de dados de literatura. Será considerado que o ciclo de vida genérico dos adoçantes, que é composto por: fase de plantio das matérias-primas, que inclui a irrigação e transportes em campo; a fase de extração, onde passa por processos de purificação e por fim, a fase de pós-uso e destino final (relativa aos processos de encaminhamento dos resíduos de embalagem e processos de reciclagem).

2.3 Tratamento das informações obtidas na literatura

Para avaliação dos aspectos e impactos ambientais e estudo comparativo dos dois adoçantes, será adotado, como unidade funcional, o valor de 1kg de cada um dos adoçantes utilizados. Por fim, será associado ao seu poder de adoçamento. Para este estudo, no caso da bebida adoçada com açúcar, será utilizada a referência de 11g de açúcar em 100ml ou 110g de açúcar em 1000ml de bebida pronta para consumo. Já para a bebida adoçada com stevia, dever-se-á ter 0,6g de stevia substituindo os 110g de açúcar.

2.4 Elaboração da matriz de aspectos ambientais

A seleção dos aspectos ambientais e a divisão em grupos utilizados na identificação e quantificação dos impactos ambientais, de cada processo produtivo que será estudado, serão baseadas considerando-se a sua importância e magnitude em relação aos potenciais efeitos que provocam sobre o meio ambiente. O desenvolvimento da matriz de aspectos ambientais será feito mediante a identificação das variáveis mais importantes do ciclo de vida do produto.

Os aspectos ambientais do estudo serão divididos em dois grupos: Emissões de GEE e Consumo de Água.

2.5 Análise comparativa dos resultados

Será feita a análise comparativa entre os dois adoçantes pela aplicação direta de seus dados em fórmulas genéricas de bebidas. Os resultados obtidos permitirão estimar e comparar quais impactos ambientais serão mais significativos e servirão para embasar ações de Marketing e lançamento de novos produtos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no estudo são apresentados neste capítulo conforme a sequência sugerida pela ACV.

A primeira parte refere-se à identificação das fronteiras dos sistemas estudados. Em seguida são apresentados os aspectos ambientais identificados (estudo qualitativo) e a quantificação dos mesmos. A etapa de avaliação dos aspectos e impactos vem a seguir. Finalmente, a interpretação, discussão dos resultados e as considerações finais são apresentadas.

3.1 Identificação das fronteiras dos sistemas

Para a realização de um estudo, foram levados em consideração todos os processos envolvendo o ciclo de vida do açúcar e do edulcorante natural de stevia utilizados na indústria de bebidas com relação à outputs de gases de efeito estufa. O procedimento utilizado foi o mesmo para os dois tipos de adoçantes utilizados: açúcar e adoçante de stevia.

Por existir um grande número de variáveis envolvidas, como as matérias-primas e resíduos gerados nos diferentes processos, foram considerados neste trabalho apenas as mais significativas em termos de massa. O valor sugerido foi de 1,0kg, que foi a unidade adotada para os cálculos. Não foram considerados os filmes plásticos, caixas e outros materiais utilizados no transporte e venda do produto. O objetivo do estudo referiu-se às formulações e não ao processo de envase do produto e os diferentes modos de distribuição e venda.

Outra consideração que deve ser feita é com relação às informações levantadas e dados coletados. Os processos produtivos diferem entre as empresas e indústrias do setor. Alguns dados e informações também podem variar de acordo com o sistema estabelecido e suas fronteiras.

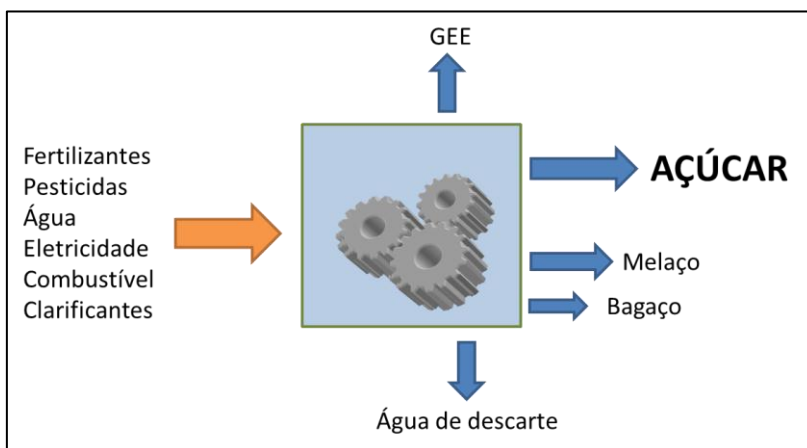
Baseados nessa informação, o presente estudo referiu-se ao estudo de ACV das formulações de bebidas propostas de acordo com os sistemas e fronteiras pré-estabelecidos, ou seja, envolvendo as fases principais desde a produção dos edulcorantes, iniciando pela extração das matérias-primas até a fase de formulação da bebida.

3.2 Dados coletados e Análise do inventário

A primeira parte desta fase foi identificar os principais aspectos ambientais relevantes ao estudo. Para este estudo foram considerados seis principais grupos de aspectos ambientais: recursos naturais e matérias-primas secundárias, recursos energéticos, emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos gerados.

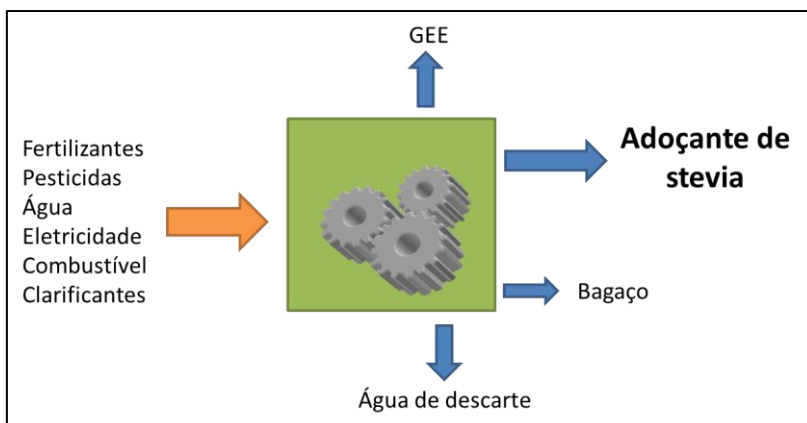
Os principais aspectos ambientais, bem como os processos relativos aos mesmos estão representados nos Quadros 1 e 2 respectivamente ao ciclo do açúcar e adoçante de stevia, onde as setas de coloração laranja representam as entradas e as de coloração azul, as saídas.

Figura 1 - Limites do sistema de produção de açúcar



Fonte: Renouf, 2007

Figura 2 - Limites do sistema de produção de adoçante de stevia



Fonte: Renouf, 2007

A segunda parte trata das informações obtidas e coletadas para a realização deste estudo. As informações e dados de um determinado processo de produção foram obtidos por meio por meio de modelos apresentados em literatura especializada e empresa.

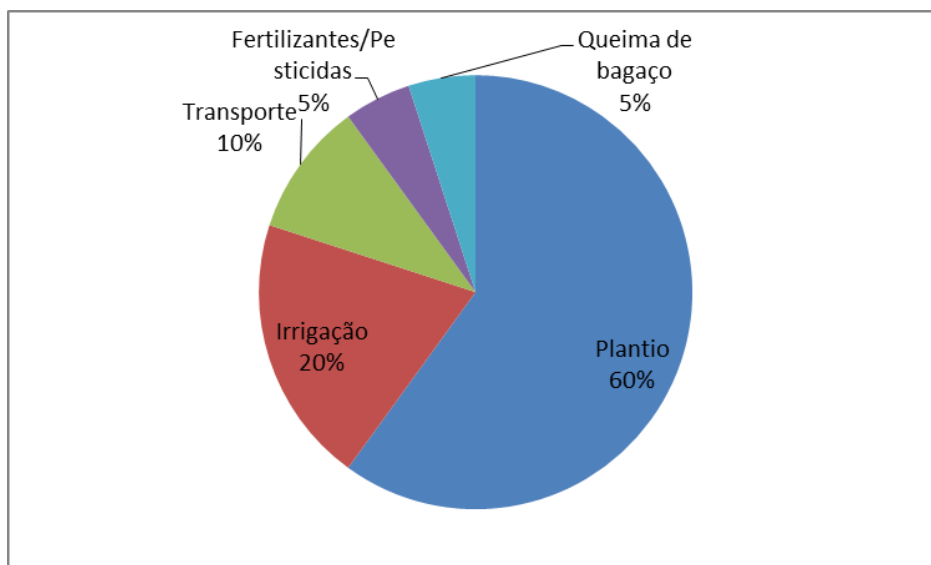
Um fato importante que deve ser considerado é que a natureza da escolha e suposições que são feitas em estudos de ACV (por exemplo, as fronteiras do sistema, seleção das fontes de dados e categorias de impacto) na maioria dos casos é subjetiva. Isso equivale a dizer que os modelos usados podem ser limitados a um espaço temporal pré-definido ou uma condição local.

O elevado consumo de energia elétrica está relacionado fundamentalmente ao funcionamento dos equipamentos. As etapas que envolvem os processos de irrigação são as principais responsáveis pelo elevado consumo de água. A queima de combustíveis nos processos que deles se utilizam é a principal fonte de emissões atmosféricas e gera os poluentes CO₂, CO, NO_x, SO₂, VOC's, particulados, entre outros. As perdas de produtos, embalagens secundárias, cinzas de queimas de combustíveis são os exemplos mais característicos dos resíduos sólidos gerados.

A última parte desta etapa consistiu na quantificação dos aspectos ambientais referentes aos processos do ciclo de vida do açúcar e do adoçante de stevia.

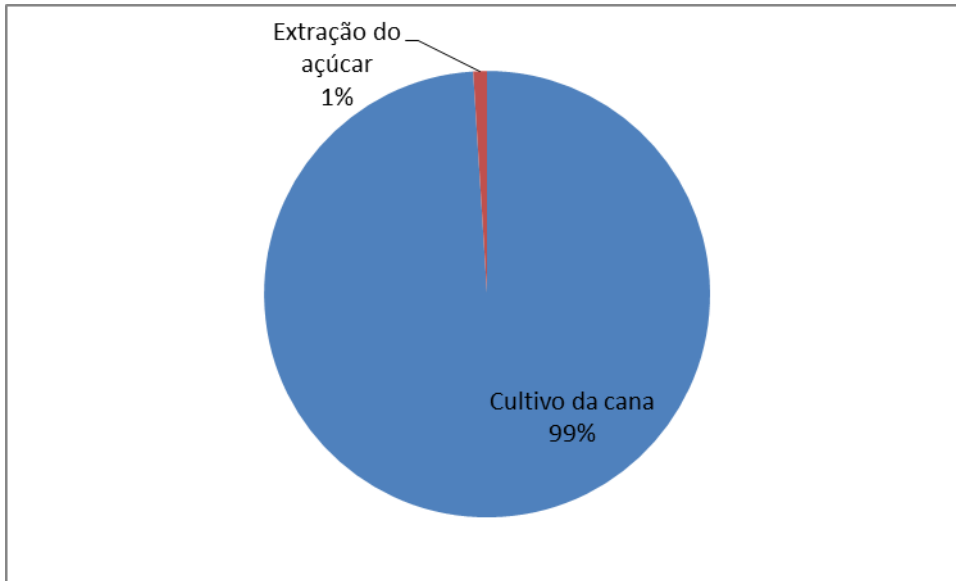
As tabelas 1, 2, 3 e 4 abaixo indicam as alocações dos gases de efeito estufa emitidos assim como o consumo de água por cada uma das matérias-primas estudadas. Os valores apresentados nestas tabelas são médias referentes à produção de 1 hectare de produto:

Figura 3 - Valores de emissões de GEE para o açúcar, por setores (em %):



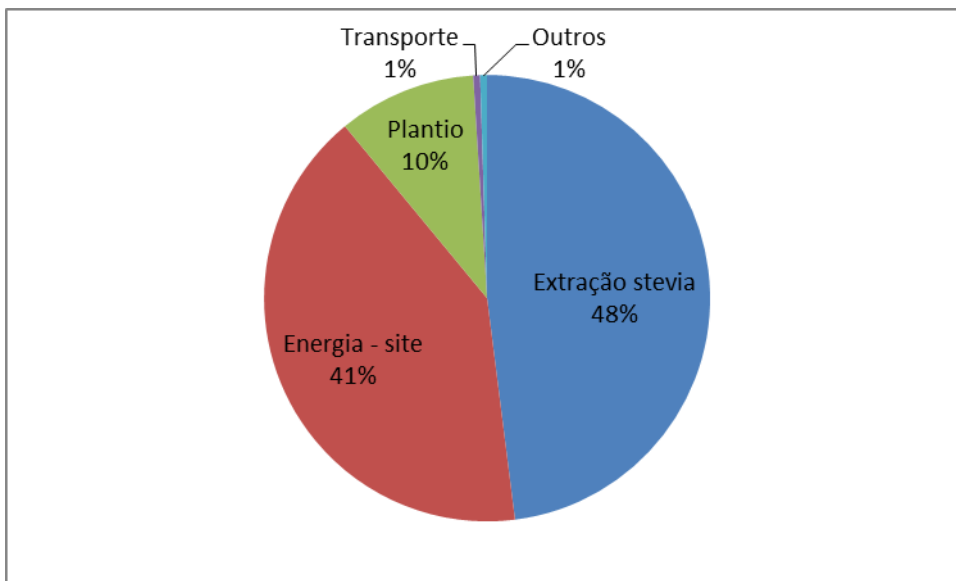
Fonte: Renouf, 2007

Figura 4 - Valores de consumo de água para o açúcar, por setores (em %):



Fonte: Renouf, 2007

Figura 5 - Valores de emissões de GEE para o adoçante de stevia, por setores (em %):



Fonte: Empresa PureCircle, 2012

Figura 6 - Valores de consumo de água para o adoçante de stevia, por setores (em %):

Fonte: Empresa PureCircle, 2012

O quadro 1 abaixo mostra respectivamente os GEE emitidos e o consumo de água por kg de cada uma das matérias-primas estudadas:

Quadro 1 - Valores de emissões de GEE e consumo de água blue + green em kgCO₂eq/kg produto e litros/kg respectivamente para o açúcar e stevia.

	Açúcar*	Stevia**
Emissões atmosféricas (kgCO₂eq/kg produto)	0,5	44,57
Consumo de água (litros/kg produto)	1.344	17.481

*Fonte: Renouf, 2007

**Fonte: Empresa PureCircle 2012

3.3 Formulações

Em estudo divulgado recentemente, Harvard (2009), sobre quantidades de açúcar em bebidas, tem-se a quantidade de 141g de açúcar por litro em refrigerantes e sucos prontos para beber de laranja.

Em 2010, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) divulgou estudo onde comparou a quantidade de açúcares, sódio e gorduras em diversos alimentos industrializados de várias

marcas. Para açúcar, em média, os refrigerantes de cola ou guaraná apresentam um teor de açúcar de 10g em um copinho de 100 ml. Os sucos, entre 11,0g e 11,7g, em média, dentro do mesmo recipiente.

Foi constatado, ANVISA (2010), por exemplo, que entre os sucos com concentração de polpa entre 30% e 50%, o de manga é o que tem menor quantidade de açúcar: foi detectada uma concentração de 9,8g por 100 ml. No mesmo tipo de suco, sabor uva, o teor de açúcar era de 14,5g.

O néctar, tipo de suco com concentração de polpa menor (entre 20% e 30%) apresentaram, em média, quantidade de açúcar menor (11g, contra 11,7g dos sucos mais concentrados).

Neste caso, também houve diferença entre marcas e sabores. Os de laranja, maçã e pêsego, por exemplo, tinham média de 11g de açúcar por 100 ml. Os de uva, novamente, tinham mais, 14g/100 ml.

Nos refrigerantes, também há variação de açúcar dependendo da marca. Entre quatro fabricantes de guaraná, por exemplo, houve uma marca que registrou 8,5g de açúcar em 100ml analisados, o menor valor. Outra marca, apresentou 11,3g/100ml, a maior concentração.

Para este estudo, no caso da bebida adoçada com açúcar, será utilizada a referência para sucos acima, ou seja, 11g de açúcar em 100ml ou 110g de açúcar em 1000ml de bebida pronta para consumo:

Quadro 2 – Fórmula genérica de bebida em pó adoçada com açúcar:

Ingredientes	Gramas	%
Açúcar	110,0	91,7
Ácido e citrato	6,0	5,0
Aromas e corantes	3,0	2,5
Outros	1,0	0,8
TOTAL	120	100

Fonte: Empresa IFF

O esteviosídeo, que é o glicosídeo predominante nas folhas foi provado ser até 300 vezes mais doce que o açúcar (Osman, 2012). Para este estudo, será considerado um poder de adoçamento de 200 vezes maior que o açúcar. Desta forma, para que se tenha uma fórmula com stevia com a mesma intensidade

de dulçor que a fórmula com açúcar, dever-se-á ter 0,6g de stevia substituindo os 110g de açúcar, conforme abaixo:

Quadro 3 – Fórmula genérica de bebida em pó adoçada com stevia:

Ingredientes	Gramas	%
stevia	0,6	5,5
Ácido e citrato	6,0	54,5
Aromas e corantes	3,0	27,3
Outros	1,4	12,7
TOTAL	11,0	100

Fonte: Empresa PureCircle

3.4 Dados de consumo de refrescos em pó

O consumo brasileiro de refrescos em pó, da marca líder no Brasil, foi de 670 milhões de litros, segundo Nielsen (2009). Utilizaremos este número como referencia para os cálculos.

Com base nas fórmulas genéricas acima, para se produzir 670 milhões de litros de bebida pronta, são necessários:

- Bebida em pó adoçada com açúcar: 80,4 mil toneladas de pó;
- Bebida em pó adoçada com stevia: 7,37 mil toneladas de pó.

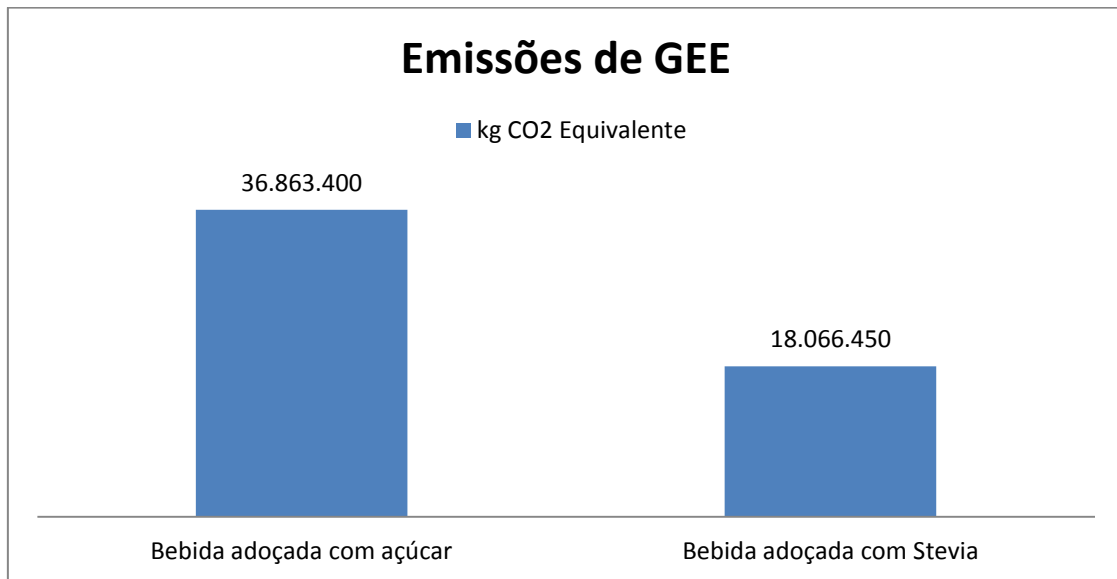
Conforme fórmula apresentada na tabela 7, para fórmula genérica de bebida adoçada com açúcar, em 80,4 mil toneladas de pó, tem-se 91,7% de açúcar, ou seja, 73,73 mil toneladas de açúcar.

Para a bebida com stevia, conforme fórmula da tabela 8, em 7,37 mil toneladas de pó, tem-se 5,5% de stevia, ou seja, 405,35kg de adoçante de stevia.

3.5 Emissões de GEE

Utilizando-se os valores das tabelas 5 e 6, tem-se para este volume de açúcar acima calculado, a emissão de 36.863.400kgCO₂eq e para o adoçante de stevia, 18.066.449kgCO₂eq:

Figura 7 – Emissões de GEE na produção de bebidas adoçadas com açúcar e com adoçante de stevia com base no consumo de 2009 de 670 milhões de litros de bebida pronta:



A utilização de adoçante de stevia como único adoçante em bebidas resulta em redução de 51% nas emissões de CO₂E.

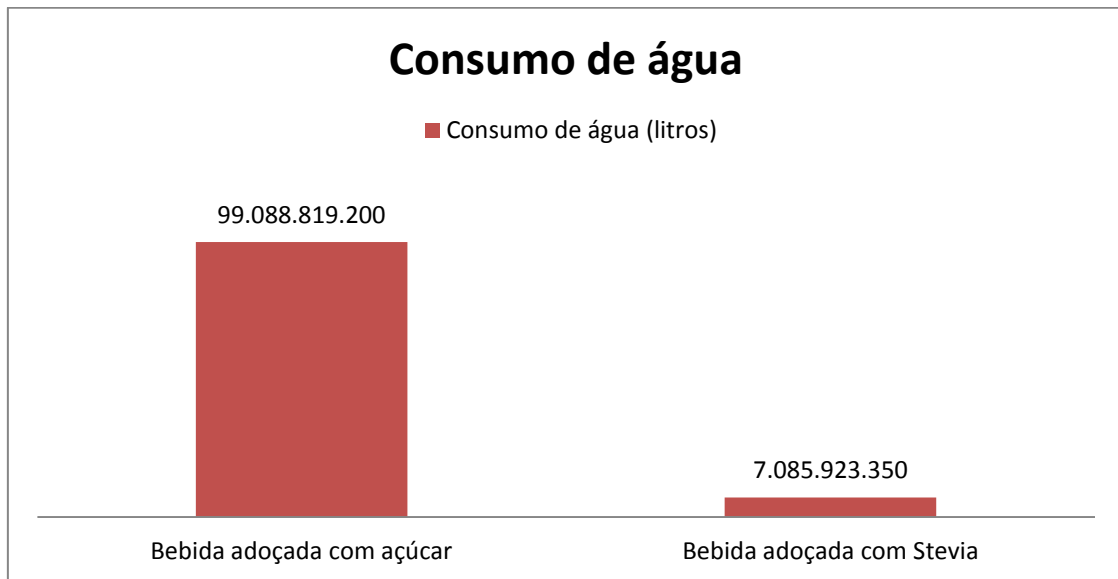
3.6 Consumo de água

Fazendo os cálculos de consumo de água para os volumes calculados anteriormente para cada bebida e utilizando o mesmo raciocínio para o cálculo do CO₂eq e os valores da tabela 6, tem-se:

- Bebida em pó adoçada com açúcar: 99.088.819.200 litros;
- Bebida em pó adoçada com adoçante de stevia: 7.085.923.350 litros.

A redução no consumo de água que se obtém substituindo o açúcar é de 93%.

Figura 8 – Consumo de água para a produção de bebidas adoçadas com açúcar e com adoçante de stevia com base no consumo de 2009 de 670 milhões de litros de bebida pronta:



Estas diferenças tendem a aumentar se considerarmos também o transporte das matérias-primas, o material de embalagem e o transporte do produto acabado que não entraram no escopo deste trabalho.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que, de uma forma geral, na Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos, a determinação de quais são as matérias-primas utilizadas e as emissões geradas durante o ciclo de vida do produto estudado são o primeiro passo para evidenciar sua influência sobre o meio ambiente.

De acordo com os sistemas estudados, os resultados mostraram que a formulação de bebida adoçada com açúcar foi a que mais contribui negativamente em relação a emissão de GEE, assim como ao consumo de água. No ciclo de vida do açúcar ocorre a maior emissão de GEE.

O volume de água consumido na etapa de irrigação é grande para ambas culturas, porém, no plantio do açúcar existe um consumo consideravelmente maior. Esta etapa é a principal responsável pela pegada de água dos dois tipos de bebidas.

Cabe salientar que os resultados aqui alcançados refletem a realidade das indústrias nacionais, de acordo com os referenciais aqui pré-estabelecidos.

Os resultados obtidos neste estudo referem-se exclusivamente aos cenários propostos, as variáveis e considerações pré-estabelecidas. Isto significa dizer que os resultados aqui obtidos podem se alterar em caso de mudanças nos cenários e variáveis envolvidas, além do próprio espaço temporal.

Ficou evidenciada a necessidade de realização do inventário de emissões atmosféricas nacional, de maneira a contribuir para o desenvolvimento de novos estudos de ACV de produtos. Algumas informações foram utilizadas neste estudo baseadas em situações diferentes das do cenário nacional.

Por fim, vale salientar que a Avaliação do Ciclo de Vida é um assunto que vem sendo amplamente discutido e estudado. A metodologia mostra sua importância no conhecimento dos processos, redução dos impactos ambientais e melhoria dos processos industriais, visando a proteção do meio ambiente, a melhoria da qualidade de vida da população e a prevenção à poluição. A ACV dos produtos surge como uma opção real para a indústria e para a sociedade, com o intuito de conhecer melhor o produto e sua influência sobre o meio ambiente antes de quaisquer desenvolvimentos de novos produtos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Carlos Sanquetta, pela orientação, acompanhamento e revisão deste trabalho.

Aos professores do Curso de Especialização em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono, por todos os ensinamentos.

À minha esposa Miriam, pela paciência, compreensão e dedicação.

À minha família, pela ajuda e incentivo em todos os momentos.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA – **Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação**. Disponível em: <<http://www.abia.org.br/vst/default.asp>>. Acesso em: 04/09/2013.

ANDREAZZI, M. A. R.; MILWARD-DE-ANDRADE, R. Impactos das grandes barragens na saúde da população – uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia. In: Forest' 90, Simpósio Internacional de Estudos Ambientais em Florestas Tropicais Úmidas, Manaus. **Anais...** Rio de Janeiro, Biosfera, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2001). **ABNT NBR ISO 14040:2001**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2002a). **ABNT NBR ISO 14041:2004**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. Rio de Janeiro, 2004a. 25 p.

ANVISA – **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/menu++noticias+anos/2010+noticias/estudo+aponta+grande+quantidade+de+acucar+em+alimentos+industrializados>>. Acesso em 05/09/2013.

CHEHEBE, J.R.B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 104p.

CONAR – **Conselho Nacional de Autorregulamentação Publicitária**. Disponível em: <<http://www.conar.org.br/>>. Acesso em: 05/09/2013.

HOEKSTRA, A.Y. **Virtual water trade between nations: A global mechanism affecting regional water systems**. IGBP Global Change News Letter, N.º 54, p. 2-4.

INMETRO – **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/adocantes.pdf>>. Acesso em: 05/09/2013.

IFF – **Formula experimental**, China, 2005.

KROZER, J.; VID, J.C. **How to get LCA in the right direction?** Journal of cleaner production, v. 6, 1998, p. 53-61.

LEVIS – Site da empresa. Disponível em : <http://www.levi.com/PT/pt_PT/about/our-products>. Acesso em 06/09/2013.

MATTSSON, B.; CEDERBERG, C.; BLIX, L. **Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops.** *Journal os Cleaner Production*. N.8 – Suécia, p.283-292, 2000.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <www.mma.gov.br/?id_estrutura=2&id>. Acesso em: 10/09/2013.

LOURAD, A.N., GARCIA, E.E.C., VILHENA, A. **Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e aplicações.** CETEA/ITAL : Campinas-SP, 92 p., 2002.

NESCAFE – **Dolce Gusto.** Disponível em: <<https://www.dolce-gusto.pt/PT/Sistema-NESCAFE-Dolce-Gusto/Pages/Sustentabilidade.aspx>>. Acesso em 06/09/2013.

PURECIRCLE – **Descritivo do processo,** EUA, 2012.

RENOUF, M.A. Environmental Life Cycle Assessment (LCA) Of Sugarcane Production and Processing in Australia. **Australian Society of Sugar Cane Technologists,** Australia, p. 1 – 15, 2007.

TRF4 – **Tribunal Regional Federal da 4ª Região.** Disponível em: <<http://www2.trf4.jus.br/>>. Acesso em: 05/09/2013.

VIGON, B. W.; TOLLE, D. A. CORNARY, B. W. LATHAN, H. C.; HARRISON, L.; BOUGUSKI, T. L.; HUNT, R. G.; SELLERS, J. D. **Life Cycle Assessment: inventory guidelines and principles.** Environmental Protection Agency – Risk Reduction Engineering Laboratory. Cincinnati, U.S, 1993.