

Análise de ciclo de vida com auxílio de software: Estudo quantitativo em uma indústria de nutrição animal no Brasil

Vinicius Gomes Botton (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS) viniciusbotton@hotmail.com
Diego Rorato Fogaça (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS) diego.fogaca@ufms.br

Resumo:

Este trabalho tem por objetivo realizar uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) em uma fábrica de nutrição animal brasileira com auxílio de um software gratuito chamado OpenLCA, para que seja detalhado cada impacto do processo e a partir disso encontrar pontos de melhoria ambiental. O trabalho apresenta os benefícios e limitações de um estudo de ACV e diferentes métodos de análise de impacto. Além disso, mostra a coleta de dados realizada na própria empresa, na qual foram disponibilizados por um dos sócios o consumo de matéria-prima, o total de trajetos dos fornecedores e o consumo de energia. Por fim, analisa dois impactos diferentes: mudanças climáticas e depleção do ozônio e constata que o milho e o transporte através de caminhões foram os maiores responsáveis por cada um dos impactos. A partir da análise dos resultados, podem ser aplicadas soluções para redução dos danos ao ecossistema, entre elas a substituição do milho por farelo de trigo e fazer uma coleta das embalagens plásticas contribuindo para garantir a reciclagem e promover sustentabilidade. As maiores limitações foram a dificuldade de coletar bancos de dados para o software concisos com a realidade da fábrica estudada, pois além de serem de origem europeia, algumas matérias-primas não foram encontradas. O trabalho serve como um guia para outros estudos de ACV através de software e a partir das dificuldades apresentadas contribui para que próximos pesquisadores atinjam resultados mais precisos.

Palavras chave: Análise de Ciclo de Vida, Fábrica de Nutrição, OpenLCA, Sustentabilidade.

Life-cycle analysis with software support: Quantitative study in an animal nutrition company in Brazil

Abstract

This work aims to perform a Life Cycle Assessment (LCA) in a Brazilian animal nutrition factory through a free software called OpenLCA, so that it is detailed each impact of the process and from there, to find points of environmental improvement. The paper presents the benefits and limitations of a LCA study, different methods of impact analysis and explains each of the terms used in the area. In addition, it shows the data collection performed in the company itself, in which one of the partners made available: the consumption of raw material, the total of routes of the suppliers, and the consumption of energy. Finally, it analyzes two different impacts: climate change and ozone depletion, and finds that corn and trucking were the main culprits for each of the impacts. From the analysis of the results, may be applied solutions to reduce damages to the ecosystem, among them the substitution of corn for wheat bran and to make a collection of the plastic packaging, contributing to guarantee the recycling and to promote sustainability. The major limitations were the difficulty of collecting databases for the software concise with the reality of the factory studied, because in addition to being of European origin, some raw materials were not found. The work serves as a guide for other studies of LCA through software and from the difficulties presented helps future researchers to achieve results that are more accurate.

Key words: Life Cycle Assessment, OpenLCA, Nutrition Factory, Sustainability.

1. Introdução

Conforme a sociedade se desenvolve, a população tende a crescer e surgem novas tecnologias que visam proporcionar mais comodidades e atender cada vez um maior número de pessoas,

com isso, o uso de recursos naturais e liberação de poluentes e resíduos no ambiente crescem em conjunto. Esse desenvolvimento pode ser tanto devastador, quanto pouco impactante para o planeta, dependendo de como a população irá controlá-lo. Por exemplo, investir em energia limpa ao invés da queima de combustíveis fósseis, dar atenção para o destino final dos produtos, buscando sempre reaproveitar resíduos, ou então analisar qual a melhor forma de descartá-los na natureza (RODRIGUES et al, 2016).

Em 2017, o termo sustentabilidade não é mais nenhuma novidade e essa preocupação crescente que as novas gerações têm em relação às gerações passadas é o que poderá garantir um futuro ecologicamente consciente. Com isso, a Engenharia da Sustentabilidade é uma das áreas da engenharia de produção que tem como objetivo o planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais, garantir a responsabilidade social e gerenciar o destino e tratamento de resíduos e efluentes de sistemas produtivos (ABEPRO, 2008).

A gestão ambiental é uma subárea da engenharia da sustentabilidade que objetiva administrar o uso dos recursos naturais e garantir um desenvolvimento econômico e social que tenha o mínimo impacto ambiental, ou seja, obter um desenvolvimento sustentável. Análise de Ciclo de Vida é uma das ferramentas da gestão ambiental, de grande importância para a quantificação de potenciais ameaças à saúde humana e ao ecossistema. Atualmente é um termo muito difundido na Europa, mas ainda imaturo no Brasil, sendo carente de base de dados para análises através de softwares (STRASBURG; JAHNO, 2017).

Este trabalho apresenta um estudo de análise de ciclo de vida realizado em uma fábrica brasileira de nutrição animal de médio porte, direcionada a bovinos, equinos e ovinos. Ela possui uma variedade de 40 produtos, distribuídos entre minerais, minerais com ureia, núcleos, rações e proteicos minerais. Dotada de 5 máquinas, a empresa apenas mistura as matérias-primas e embala, conforme as receitas desenvolvidas. A análise tem como objetivo mensurar os impactos ambientais causados desde a colheita da matéria-prima, o transporte até a fábrica, a produção, o uso do produto e descarte final e apontar os maiores responsáveis do processo, para assim sugerir uma alternativa de redução de impacto.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Sustentabilidade

Desenvolvimento sustentável é aquele que visa atender as necessidades atuais sem que a possibilidade de as gerações futuras atenderem as delas seja comprometida (MENDES; BUENO; OMETTO, 2016). Seguindo a mesma corrente de pensamento, porém de forma mais aprofundada, sustentabilidade pode ser definida como a capacidade de criar e manter as condições que a raça humana consegue subsistir em harmonia no presente, cumprindo os requisitos sociais, econômicos e ambientais sem comprometer a mesma capacidade de subsistência das gerações futuras (United Nation Environment Program, 2007).

Furtado (2014) descreve a sustentabilidade em termos morais, práticos e ambientais, definindo o primeiro termo como a igualdade de direitos e deveres para todos os indivíduos, no segundo define que os objetivos sociais variam conforme a região ou sociedade em questão, devendo analisar os que geram maior consenso internacional e no terceiro termo define que sustentabilidade é a manutenção de ecossistemas, ciclos biogeoquímicos e recursos naturais.

Para que ocorra um desenvolvimento sustentável é necessário envolvimento tanto de entidades responsáveis, empresas e governos, quanto de indivíduos e cidadãos comuns, mudando hábitos, cobrando e dando exemplo de pensamento ecológico, criando e alterando leis que impeçam uma sustentabilidade global (United Nation Environment Program, 2007).

2.2. Análise de Ciclo de Vida

Análise de Ciclo de Vida (ACV) trata-se de um método estruturado de quantificar o fluxo de energia e materiais, além das emissões associadas ao ciclo de vida de bens, produtos e serviços. As ISO 14040 e 14044 fornecem uma estrutura para uma ACV. (FTHENAKIS et al., 2011). Os estágios de uma ACV incluem a definição do objetivo e escopo, análise de inventário, análise do impacto e interpretação dos resultados, como mostrado na Figura 1 (SHERWANI; USMANI; VARUN, 2009).

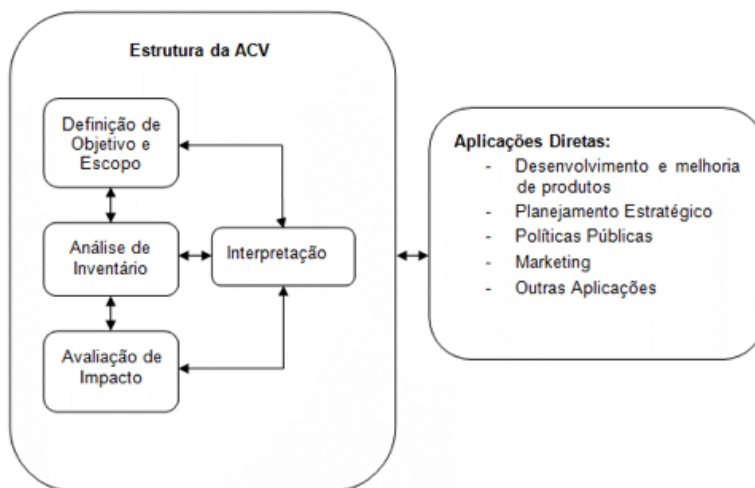


Figura 1 – Estrutura de uma análise de ciclo de vida

Uma aplicação de ACV pode objetivar tanto a comparação entre diferentes produtos e sistemas, como entre a produção de diferentes materiais, ou diferentes métodos de reciclagem. A ACV pode ser utilizada como uma ferramenta para detectar um potencial de melhorias a fim de reduzir o impacto na saúde humana, no meio-ambiente e no esgotamento de recursos (ABNT, 2001).

A International Organization for Standardization - ISO, tem trabalhado em torno da ACV desde 1993, tendo reservado para a ACV a família 14040. Segundo Ribeiro (2003), já foram utilizadas como referências sobre o assunto até cinco normas ISO, porém, com o passar dos anos, as regulamentações se agruparam em apenas duas normas:

- a) ISO 14040 (2014): Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura;
- b) ISO 14044 (2014): Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.

Enquanto a metodologia de avaliação ambiental foca no produto, o que a ACV proporciona são informações a respeito das interações significativas entre o sistema do produto e o meio ambiente. Compreendendo a ACV como uma ferramenta de obtenção e compilação de informações pode-se estabelecer sua grande funcionalidade, que engloba os diversos usos da metodologia: o fornecimento de informação para o suporte à tomada de decisões (JENSEN et al., 1997). Ribeiro (2003) divide as aplicações da ACV basicamente em duas grandes vertentes: identificação de oportunidades de melhoria de desempenho; e comparação ambiental entre produtos de função equivalente.

Dentro desta divisão são diversas as aplicações da ACV, e cada tipo de usuário aplica a metodologia para suas necessidades específicas (RIBEIRO, 2003). Para esse trabalho, seguiu-se a primeira vertente.

2.3. Benefícios e limitações de um estudo ACV

“A metodologia ACV é a única que permite identificar a transferência de impactos ambientais de um meio para outro e/ou de um estágio de ciclo de vida para outro” (FERREIRA, 2004).

Um exemplo de transferência de impacto ambiental de um meio para outro seria diminuir as emissões atmosféricas aumentando as emissões fluviais. Um exemplo de transferência de um estágio de ciclo de vida para outro seria reduzir os impactos gerados na aquisição de matéria-prima, porém aumentando durante a fase de utilização. Quando fazemos uma comparação entre dois produtos, no qual a opção 1 utiliza menos matéria-prima na fase de fabricação que a opção 2, ela pode parecer menos impactante para o meio ambiente. Porém, quando analisado o consumo de eletricidade, percebe-se que a opção 2 é na verdade a menos nociva ao meio ambiente. Esse tipo de observação só pode ser obtido através de um estudo de ACV (FERREIRA, 2004).

Além disso, com a ACV é possível quantificar as descargas ambientais para o ar, água, e solo relativamente a cada estágio do ciclo de vida e avaliar ou identificar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para uma ou mais áreas de interesse (USEPA, 2001).

Por outro lado, a necessidade excessiva de recursos, e o tempo de implantação mostram-se como barreiras a um estudo completo de ACV. Segundo Ferreira (2004), é preciso balancear os recursos financeiros com os benefícios previsíveis do estudo. O estudo não determina qual processo é o melhor, ou mais barato, ele serve como uma ferramenta entre várias para uma tomada de decisão, dependendo do objetivo desejado.

3. Metodologia

3.1. Softwares de análise de ciclo de vida

São disponibilizados atualmente vários softwares online, tanto gratuitos quanto pagos, para a realização de uma análise de ciclo de vida. Entre os mais difundidos estão o SimaPro e o GaBi na categoria de softwares pagos e o OpenLCA na categoria inteiramente gratuito. O SimaPro é considerado favorito pelos praticantes de análise de ciclo de vida e também apresentam a versão gratuita para acadêmicos, porém de forma mais limitada que o OpenLCA. Além disso, OpenLCA é conhecido por ser de mais fácil aprendizagem que os concorrentes, por esse motivo e pelo fato de ser gratuito, ele foi o software escolhido para este trabalho (KARBASSI, 2015).

Os softwares utilizam de três perspectivas culturais: individualista, hierárquico e igualitário. O individualista é a curto prazo, otimista, considerando que a tecnologia poderá avançar de tal forma a reduzir muitos impactos. O hierárquico é considerado a perspectiva padrão, modelo de consenso bastante encontrado em modelos científicos. O igualitário é considerado a longo prazo utilizando o princípio de pensamento de precaução (HANACLETO; CARVALHO; SILVA, 2016).

As categorias de impacto são o formato que o software apresentará os resultados da análise de ciclo de vida, ou seja, as unidades e perspectivas que serão demonstrados os cálculos finais. Elas são divididas em dois tipos: de ponto médio e ponto final. As categorias de ponto médio buscam resultados mais específicos e direcionados, como por exemplo acidificação terrestre, toxicidade humana, radiação ionizante, apresentando resultados quantitativos de liberação de dióxido de carbono na atmosfera, por exemplo. Já a categoria de ponto final apresenta resultados mais abrangentes, aglomerando vários impactos de ponto médio e como isso afeta o ecossistema, a saúde humana e recursos naturais, apresentado referências unitárias em espécies por ano, custo e incapacidade ajustada por ano de vida (RIVM, 2011). A Figura 2 apresenta o caminho de danos que unem o ponto médio e o ponto final.

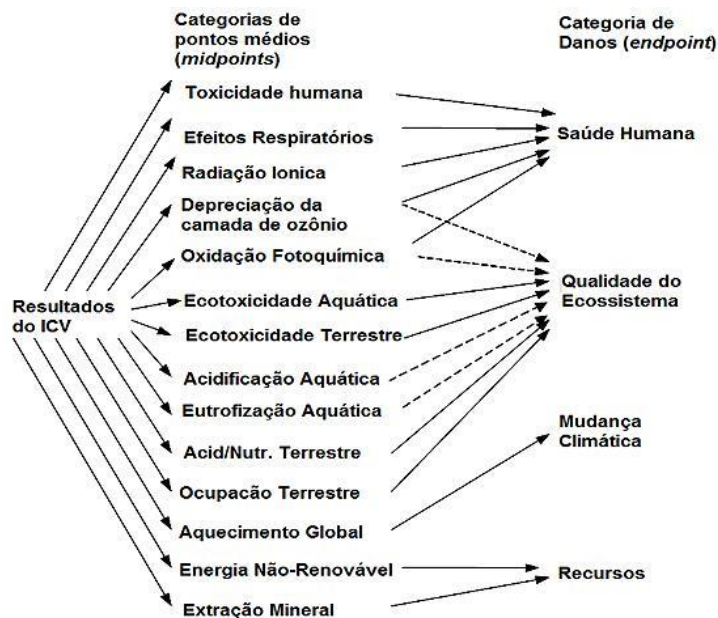


Figura 2 - Visão geral da estrutura ReCiPe.

Existem três tipos de fluxos no software: fluxo de produtos, fluxo de elementos e fluxo de resíduos. Os fluxos de produtos representam material ou energia trocados entre os processos de um sistema de produto estudado; fluxos de elementos representam material ou energia do meio ambiente entrando ou saindo diretamente do sistema de produto estudado; e fluxos de resíduos representam material ou energia que saem do sistema de produto (OPENLCA, 2016a).

Para um entendimento melhor de quais são as etapas de uma Análise de Ciclo de Vida pelo software OpenLCA, a Figura 3 ilustra cada uma das atividades que serão detalhadas a seguir.

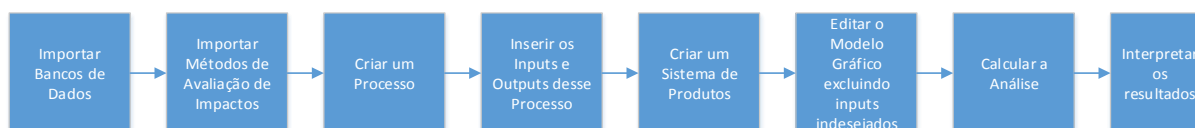


Figura 3 - Etapas da Análise de Ciclo de Vida pelo OpenLCA.

Para a utilização do Software, inicialmente foram coletados bancos de dados para os inputs em diferentes fontes gratuitas, até cobrir o máximo possível de produtos. Cada um carrega informações sobre diferentes fluxos de material, energia e emissão. Depois de coletados os dados, foi necessário importar os Métodos de Avaliação de Impacto, responsáveis por lerem esses dados e fornecerem o resultado dos cálculos conforme a análise desejada. Cada um deles abrange diversos impactos diferentes e mesmo nas ocasiões que diferentes métodos abranjam o mesmo tipo de impacto, o resultado da análise pode diferir de um para outro. (OPENLCA, 2016b).

Os métodos mais utilizados na comunidade de usuários de softwares de análise de Ciclo de Vida são o CML 2002 e o Eco-Indicator 99. Os dois são de origem holandesa, porém o CML 2002 aborda categorias de impacto de ponto médio, enquanto o Eco-Indicator 99 aborda de ponto final. O Eco-indicator apresenta as três perspectivas culturais: igualitária (E) hierárquica (H), e individualista (I). Para o cálculo da análise de ciclo de vida foi utilizado o método de avaliação de impacto ReCiPe (GOEDKOOP et al., 2012) na categoria de impacto do ponto médio da perspectiva cultural hierárquica, citada anteriormente. Esse método foi escolhido por ser uma continuação do CML 2002 e o Eco-Indicator 99, que integra e harmoniza as abordagens de ponto médio e final em uma estrutura comum e consistente (MENDES; BUENO; OMETTO, 2016). A perspectiva hierárquica foi escolhida por ser considerada padrão, não levando em

conta que será realizada uma mudança de comportamento da sociedade, ou que a tecnologia irá favorecer a redução dos impactos. (FURTADO, 2014).

Este trabalho focou em duas categorias de impacto apresentadas pelo método ReCiPe: mudanças climáticas e depleção de ozônio. Mudanças climáticas estão relacionadas a variações na estufa da terra ou climas regionais ao longo do tempo. Ele descreve mudanças na variabilidade da temperatura média ou estado médio da atmosfera (SOLOMON et al, 2007). Depleção de Ozônio trata-se do fenômeno de redução de percentual de ozônio na estratosfera terrestre, observado a partir da década de 70, que causa um buraco na Camada de Ozônio, afetando a duração das estações nos polos terrestres e permitindo a entrada de maior quantidade de raios ultravioletas do Sol, nocivos à saúde humana em grandes quantidades (FAHEY; HEGGLIN, 2010). Esses temas foram escolhidos por estarem entre as maiores preocupações ambientais para a próxima década.

4. Resultados e discussões

4.1. Dados coletados

A coleta de dados foi realizada na empresa, e o projeto teve como patrocinador um dos sócios. A empresa possuía registrado o total de insumos consumidos no ano de 2016, os gastos com energia e água, a localização dos fornecedores e o peso do caminhão que cada matéria-prima era transportada.

Para fim de estudo, ao invés de ser realizada uma análise de ciclo de vida para cada produto, foi feita uma média geral de toda empresa a partir da coleta de dados dos gastos em insumos do ano de 2016. Isso foi decidido por se tratar de uma informação mais valiosa para a empresa em um estudo mais simplificado, já que cada produto possui sua fórmula única.

Com relação aos gastos com transporte ao longo do ano foi feita uma coleta de dados sobre cada fornecedor de insumo e colocado na Tabela 1, contendo a distância do produto até a fábrica, a capacidade do caminhão de transporte e o total de quilômetros percorridos. Para estimar a distância foi utilizado o Google Maps para calcular a opção de trajeto mais curta entre o endereço do fornecedor e a fábrica de nutrição animal. O número de viagens foi calculado dividindo a quantidade total de insumo pelo caminhão destinado a cada transporte, e a quantidade de quilômetros percorridos foi obtida a partir da multiplicação da distância pelo número de viagens.

Insumo	Quantidade Total	Distância	Peso do Caminhão	Km Percorridos
FUBA DE MILHO	5.984.856 kg	170 km	30 t	33.914 km
SAL BRANCO	2.152.5901 kg	3.270 km	50 t	140.779 km
FOSFATO BICALCICO	2.140.457 kg	829 km	37 t	47.958 km
URÉIA PECUÁRIA	1.288.173 kg	998 km	37 t	34.746 km
FARELO DE SOJA PELETIZADO	1.210.116 kg	18 km	14 t	1.573 km
CASCA DE SOJA	903.090 kg	499 km	35 t	12.875 km
CARBONATO DE CÁLCIO CINZA	715.146 kg	204 km	32 t	4.559 km
SACARIA DE RÁFIA DE PP	598.799 un	30 km	14 t	1.287 km
SILICATO DE ALUMÍNIO	209.602 kg	867 km	37 t	4.911 km
ENXOFRE PECUÁRIO	88.189 kg	19 km	37 t	46 km
MELAÇO EM PÓ	73.219 kg	753 km	27 t	2.042 km
LEVEDURA	50.757 kg	635 km	27 t	1.194 km
BICARBONATO DE SÓDIO	29.395 kg	525 km	27 t	572 km
SULFATO DE ZINCO MONO	24.461 kg	932 km	27 t	844 km
SULFATO DE COBRE	23.625 kg	932 km	27 t	816 km
LACTO PLUS	21.200 kg	1.279 km	27 t	1.004 km

SULFATO DE MANGANÊS CINZA	16.931 kg	19 km	14 t	24 km
FOSFATO MICROGRANULADO	11.200 kg	829 km	37 t	251 km
ÓXIDO DE ZINCO 72%	5.234 kg	19 km	14 t	7 km
CLORETO DE COLINA 60%	4.779 kg	1.039 km	27 t	184 km
ÓXIDO DE MAGNÉSIO	4.232 kg	19 km	14 t	6 km
SULFATO DE COBALTO 20%	3.215 kg	1.205 km	27 t	143 km
ROVIMIX BEZERROS	2.997 kg	1.036 km	27 t	115 km
SULFATO DE MANGANÊS	1.404 kg	1.007 km	27 t	52 km
AROMA ARTIFICIAL DE LEITE	887 kg	1.163 km	27 t	38 km
SULFATO DE MAGNÉSIO	857 kg	932 km	27 t	30 km
FLAVOMICINA	694 kg	968 km	27 t	25 km
IODATO DE POTÁSSIO	687 kg	1.118 km	27 t	28 km
AÇUCAR CRISTAL	570 kg	5 km	14 t	0,2 km
MONENSINA	439 kg	968 km	27 t	16 km
PRE BZ	435 kg	1.014 km	27 t	16 km
SULFATO DE FERRO	394 kg	932 km	27 t	14 km
SELENITO DE SÓDIO	145 kg	1.205 km	27 t	6 km

Fonte: Autor (2017)

Tabela 1 – Quilômetros percorridos para a entrega de insumos

4.2. Estudo de caso

Como o software não disponibilizava toda a matéria-prima utilizada pela empresa, alguns dos produtos foram utilizados substitutos, que agregariam o mesmo valor para o produto final. Essa troca foi feita consultando o departamento técnico da empresa, a soma de todos os insumos substituídos representam 6% da massa total de insumos utilizados no ano. O total de output considerado foi a soma do total de matéria-prima utilizado, resultando 14.969.980 kg de suplemento animal.

Obtidos os dados para a realização da análise, são inseridos os inputs e outputs no software, criando assim um processo, dado o nome de Produção de Suplementos. Como inputs foram utilizados os insumos disponíveis, já citados anteriormente, o consumo em energia e o consumo em transporte, realizando-se assim uma análise de ciclo de vida integrada. Terminada a criação do processo e inseridos os inputs e outputs, inicia-se um Sistema de Produto, também nomeado como Produção de Suplementos. Como alguns produtos carregam muitas informações relacionadas a etapas anteriores aos fornecedores diretos da fábrica, deletaram-se esses inputs individualmente, como no caso do milho, que traz informações desde os transportes dentro da plantação de milho, englobando impactos causados com máquinas na colheita, produção de agrotóxicos, entre outros, considerados inputs de terceiro grau. Isso ocorreu para que a análise fosse mais igualitária, pois a maior parte dos insumos só tinham inputs de segundo grau.

Foi notado com a utilização do software que alguns nutrientes não alteraram o resultado da análise, indicando que as informações que estavam carregadas para certos inputs, eram irrelevantes para a resultado desejado. Apesar de ser uma lista longa de produtos, todos esses inputs que não interferiram nos resultados representam menos de 10% do volume total de matéria-prima. Dessa forma, a análise cobriu apenas os macros ingredientes, milho, farelo de soja, polpa cítrica, sal, carbonato de cálcio, que resultam em 88% do volume de insumos, mais os impactos de transporte e energia. Os outros 2% que faltam para completar 100% dos insumos foram perdidos quando foram feitas substituições de alguns produtos pelo seu percentual de outro substituto, como citado anteriormente. Por exemplo, a massa original de Iodato de Potássio era 686,84 kg e foi substituído por 403,52 kg de iodo.

A Figura 3 demonstra o modelo gráfico final do Sistema de Produto.

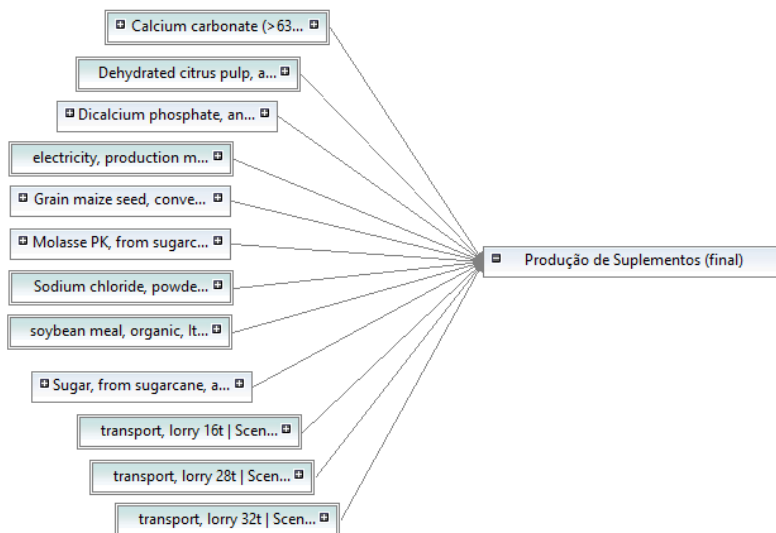


Figura 3 - Modelo Gráfico do Sistema de Produto

Definidos os inputs que serão relevantes para a análise, o próximo passo foi calcular a análise.

4.3. Análise e discussão

Os resultados da análise de ciclo de vida são quantificados na Figura 4. Esse método aborda diferentes problemas ambientais, porém para este trabalho será dada maior importância para os dois itens citados anteriormente: depleção do ozônio, mudanças climáticas. A unidade referente ao potencial de depleção do ozônio é o quilograma de triclorofluormetano equivalente (kg CFC¹¹ eq) e a de mudança climática é o quilograma de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂ eq).

LCIA Results		
Impact category	Result	Reference u...
Agricultural land occupation	4.88948E7	m2a
Climate Change	1.16190E7	kg CO2 eq
Fossil depletion	1.14152E6	kg oil eq
Freshwater ecotoxicity	1.26043E4	kg 1,4-DB eq
Freshwater eutrophication	4076.56390	kg P eq
Human toxicity	5.72581E5	kg 1,4-DB eq
Ionising radiation	4.95879E5	kg U235 eq
Marine ecotoxicity	2286.05938	kg 1,4-DB eq
Marine eutrophication	1.48502E5	kg N eq
Metal depletion	1.99727E5	kg Fe eq
Natural land transformation	2.85561E5	m2
Ozone depletion	0.42104	kg CFC-11 eq
Particulate matter formation	4.63283E4	kg PM10 eq
Photochemical oxidant formation	4.69900E4	kg NMVOC
Terrestrial acidification	2.88630E5	kg SO2 eq
Terrestrial ecotoxicity	4.43966E4	kg 1,4-DB eq
Urban land occupation	-6.01283E9	m2a
Water depletion	-4.83543E9	m3

Figura 4 - Resultados da Análise de Ciclo de Vida.

Como mostra a Figura 4, ao longo de um ano de produção, contando os impactos gerados pelas etapas diretamente relacionadas com a chegada de cada insumo até a empresa, foram lançados 1.161.900 kg de CO₂ equivalentes no meio ambiente, responsável pelas mudanças climáticas.

Pode-se observar na Figura 5 que o maior responsável por liberar CO₂ equivalente no ambiente é a produção e colheita de milho, responsável por 65% do impacto.

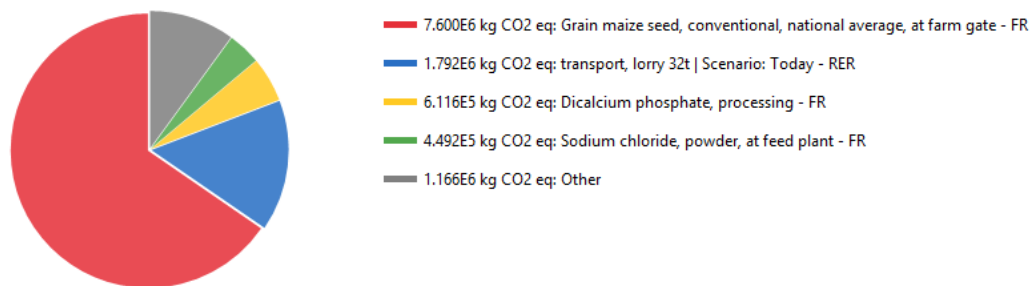


Figura 5 – Insumos responsáveis pelo aquecimento global

A Figura 6 mostra que o maior causador da depleção do ozônio foram os transportes realizados em caminhões de 32 toneladas, responsáveis por 59,6% do total da depleção do ozônio causada pela fábrica.

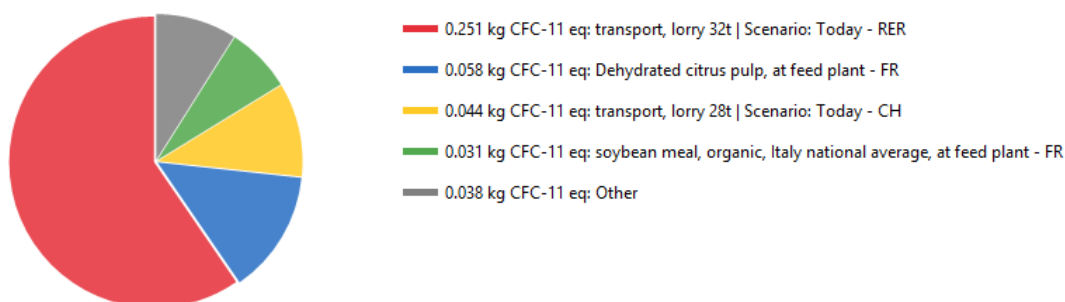


Figura 6 – Insumos responsáveis pela depleção de ozônio

O software também fornece cada um dos fluxos de elementos liberados no meio ambiente por categoria de impacto. Apesar da unidade referencial para mudanças climáticas ser o quilograma de CO₂ equivalente, pode-se observar que foi emitido mais N₂O e que a liberação desse gás foi a mais impactante para as mudanças climáticas. Da mesma forma, indica que o metano é o fluxo que mais degrada a camada de ozônio.

É possível rastrear qual input liberou cada um dos fluxos de elementos através de outra seção do software: a análise de impacto. O gás metano, liberado pelos caminhões acima de 30 toneladas foi o maior impactante na depleção do ozônio, com 0,24 kg CFC⁻¹¹ eq.

A partir dos resultados obtidos no software, algumas conclusões puderam ser tomadas para redução dos impactos causados pela empresa. A primeira delas seria fazer outra análise de impacto para possíveis substituintes do milho, como farelo de trigo por exemplo e sorgo em grãos. O departamento técnico, em conjunto com o feedback dos clientes sobre o quanto essa mudança afetaria a aceitação do produto pelo animal, planeja viabilizar a substituição. Além desse fator, deve se levar em conta a viabilidade do custo em relação aos benefícios ecológicos, se são viáveis para os acionistas da empresa.

Outra análise que pôde ser feita foi a depleção do ozônio ser elevada devido os transportes utilizarem combustível fóssil. A substituição por energia limpa, é outra possibilidade de redução dos impactos. Para isso, seria necessário fazer outro estudo comparativo entre as diferentes opções de transporte, porém, o custo dessa energia ainda é uma barreira, principalmente no Brasil.

Os fatores que limitaram garantir um resultado mais próximo do real foram a dificuldade de encontrar uma base de dados online com todas as matérias-primas utilizadas pela fábrica, o elevado preço dos dados não disponibilizados gratuitamente e a localização onde foram captadas essas informações, sendo em sua maioria europeia e nenhuma do Brasil. Apesar de em comparação à massa total de insumos, ter faltado uma pequena porcentagem de matéria-prima, isso não significa que o impacto causado que deixou de ser calculado também tenha sido pequeno. Dependendo do produto, uma dose mínima já é suficiente para degradar o ambiente em grandes proporções.

Por último, como foram coletados diversos bancos de dados de diferentes estudos e regiões, alguns produtos continham processos mais complexos e detalhados na hora de se realizar o cálculo de seu impacto, enquanto outros cobriam apenas superficialmente. Os materiais que continham mais processos anteriores à chegada na fábrica acabaram causando maior percentual de impacto no produto final.

5. Considerações finais

Uma análise de ciclo de vida pode ser tanto ampla e detalhada ao longo de toda a cadeia de produção, quanto focada em determinadas partes do ciclo. Este trabalho, por se tratar de um estudo em uma fábrica de nutrição animal, deu mais importância para o impacto dos insumos utilizados e o transporte desses insumos até a fábrica. Isso se deve ao fato de o processo de produção ser relativamente simples, já que a indústria apenas mistura ingredientes e também ao fato de não ter sido disponibilizado dados da localização dos clientes, havendo assim mais impacto com transportes do que foi realmente estimado.

Foi constatado que o milho é responsável por 65% dos impactos causados pela fábrica relacionados a mudanças climáticas devido seu volume de consumo ser 45% do total de matéria-prima e a base de dados ser mais detalhista que do resto de inputs. O transporte dos fornecedores até a fábrica em caminhões acima de 30 toneladas, por terem sido os que realizaram 90% dos percursos, foi o maior impactante na depleção de ozônio, com uma parcela de responsabilidade de 60% do total gerado pela fábrica. O impacto durante a utilização do produto é praticamente nulo, já que o produto acabado será ingerido pelos animais, não tendo reprocesso ou necessidade de descarte após a sua utilização. Os verdadeiros resíduos do produto são as fezes dos animais, que serão utilizadas como adubo no solo e as embalagens de polipropileno, que tendem a ser reaproveitadas nas fazendas dos clientes.

Para solucionar cada um dos impactos foi proposto a substituição do milho por farelo de trigo ou sorgo em grãos, porém não foi estudado a fundo se essas opções seriam mais benéficas ao meio ambiente, apenas foram considerados por serem possíveis substituintes do milho para a produção de suplementos bovinos, deixando em aberto como uma proposta de possível estudo. A fim de reduzir a depleção de ozônio na atmosfera, foi sugerido a substituição de transportes movidos a combustível fóssil, deixando novamente como opção de estudo futuro a viabilidade na substituição por transportes movidos a energia limpa.

Este trabalho serve como um guia para novas análises de ciclo de vida com auxílio do software OpenLCA. Pesquisadores da área poderão utilizar as dificuldades encontradas nesse estudo para verificar se os resultados como são disponibilizados serão válidos para eles, estudar a viabilidade de optar por um software pago e se preparar para como superar as barreiras apresentadas.

Para um próximo estudo, é aconselhável ter disponibilidade de um banco de dados do país ou região que pretende ser analisada, que abranja todos os inputs que serão utilizados, evitando assim divergências entre como são feitas as coletas de informações. Além disso, fazer um estudo direcionado à uma possível coleta de embalagens das fazendas para assegurar que o

destino final dos insumos seja de responsabilidade da própria empresa, para assim garantir a reciclagem. Por fim, recomenda-se fazer um estudo comparativo sobre como a alimentação à base de suplementos influencia na liberação de gás metano por parte dos bovinos, gás extremamente nocivo à camada de ozônio, agregando assim mais detalhes aos impactos causados pela utilização do produto.

Referências

- ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção.** *Áreas e subáreas da engenharia de produção.* Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>. Data de acesso: 25 de julho de 2017.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.** *Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura - NBR ISO 14.040*, ABNT. Rio de Janeiro, 2001.
- FAHEY D. W.; HEGGLIN, M. I.** *Twenty questions and answers about the Ozone Layer. Scientific Assessment of Ozone Depletion:* 2010. World Meteorological Organization. 2011.
- FERREIRA, J. V. R.** *Análise de ciclo de vida dos produtos.* Instituto Politécnico de Viseu. 2004.
- FTHENAKIS, V., FRISCHKNECHT, R., RAUGEL, M., KIM, H. C., ALSEMA, E., HELD, M., DE WILD-SCHOLTEN, M.** *Methodology guidelines on Life-Cycle Assessment of photovoltaic electricity. International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme.* Novembro de 2011.
- FURTADO, J. M. S.** *Comparação de métodos e ferramentas de Análise de Impacto de Ciclo de Vida, aplicados a processos químicos alternativos.* 2014. 87f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2014.
- GOEDKOP, M., HEIJUNGS, R., HUIJBREGTS, M., SCHRYVER, A. D., STRUIJS, J., & ZELM, R.** *A life cycle impact assessment method, which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level.* Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. Holanda, 2012.
- HANACLETO, N.; CARVALHO, G. A.; SILVA, B. A. H.** *Análise dos impactos do cultivo do milho por meio da Análise do Ciclo de Vida (ACV).* Simpósio de Engenharia de Produção. Universidade Estadual de Maringá. 2016.
- JENSEN, A. A.; HOFFMAN, L.; MØLLER, B. T.; SCHMIDT, A.** *Life-Cycle Assessment (LCA): A guide to approaches, experiences and information sources. Report to the European Environmental Agency, TEKNIK Energy and Environment.* Søborg, 1997.
- KARBASSI, A. R.** *What is the best Life Cycle Assessment (LCA) software?* Research Gate. University of Tehran, 2015.
- MENDES, N. C.; BUENOA, C.; OMETTOA, A. R.** *Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: Revisão dos principais métodos.* Production, v. 26, p. 160-175, 2016.
- OpenLCA. Basic Modeling.** Berlim, Alemanha, 2016a. Disponível em: <http://www.openlca.org/wp-content/uploads/2016/10/1.5-Basic-Modelling.pdf>. Data de acesso: 23 de julho de 2017.
- OpenLCA. Tutorial.** 2016b. Disponível em: https://www.mcgill.ca/tised/files/tised/openlca_download_instructions_and_tutorial_feb_2016.pdf. Data de Acesso: 15 de julho de 2017.
- RIBEIRO, F.M.** *Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil Usina de Itaipu: primeira aproximação.* 2003. 243f. Dissertação (Mestrado) - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- RIVM - Committed to health and sustainability.** *LCIA: the ReCiPe model. National Institute for Public Health and the Environment.* Holanda. Junho de 2011.
- RODRIGUES, E.; MEDEIROS, D.; MENDONÇA, A.; MARCOLIN, C.; ALBINATI, R.; FRANKE C.** *Life Cycle Analysis to evaluate the productive chain of fish consumed in the Bahia state (Brazil).* Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v.42, n.4, p.791-799, 2016.
- SHERWANI, A. F., USMANI, J. A., VARUN.** *Life Cycle Assessment of solar PV based electricity generation systems: A review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews. v.14, n.1, p.540-544. 2009.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. *Understanding and Attributing Climate Change. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007.

STRASBURG, V. J.; JAHNO, V. D. *Paradigmas das práticas de gestão ambiental no segmento de produção de refeições no Brasil*. Revista Sanitária Ambiental, v.22, n.1, p.3-12. 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. *Life Cycle Management A Business Guide to Sustainability*. UNEP and Danish Standards. 2007.

USEPA. *U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation*. LCAccess - LCA 101. 2001.