

JAQUELAINE RIBEIRO DE SOUSA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM ANTIPARASITÁRIO DE USO
VETERINÁRIO COM ADOÇÃO DE UMA NOVA EMBALAGEM**

Sorocaba
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

JAQUELAINE RIBEIRO DE SOUSA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM ANTIPARASITÁRIO DE USO
VETERINÁRIO COM ADOÇÃO DE UMA NOVA EMBALAGEM**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Admilson Irio Ribeiro
Coorientador: Dr. Lucas V. Shigaki de Matos

Sorocaba
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências ambientais  unesp
Sorocaba

S237a

Santos, Jaqueline Ribeiro de Sousa

Avaliação do ciclo de vida de um antiparasitário de uso veterinário com adoção de uma nova embalagem / Jaqueline Ribeiro de Sousa Santos. -- Sorocaba, 2022

111 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Admilson Irio Ribeiro

Coorientador: Lucas Vinicius Shigaki de Matos

1. Gestão ambiental. 2. Avaliação do ciclo de vida. 3. Embalagem ecológica. 4. Produto veterinário. 5. Sustentabilidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE UM ANTIPARASITÁRIO DE USO VETERINÁRIO COM ADOÇÃO DE UMA NOVA EMBALAGEM

AUTORA: JAQUELAINE RIBEIRO DE SOUSA SANTOS

ORIENTADOR: ADMILSON IRIO RIBEIRO

COORIENTADOR: LUCAS VINICIUS SHIGAKI DE MATOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO (Participação Virtual)
Engenharia Ambiental / Unesp ICT Sorocaba



Prof. Dr. VIDAL DIAS DA MOTA JUNIOR (Participação Virtual)
Engenharia Ambiental / Universidade de Sorocaba (UNISO)



Departamento de Engenharia Ambiental
ICT - Campus de São José dos Campos - UNESP

Prof. Dr. ADRIANO BRESSANE (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia do Câmpus de São José dos Campos/UNESP

Sorocaba, 29 de julho de 2022

Aos meus pais Elenisia Barbosa de Sousa e Alicino Meireles dos Santos.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me capacitar e permitir essa vitória.

À Unesp Sorocaba pela oportunidade e me receber tão bem.

Ao professor orientador Admilson Irio Ribeiro por ter me aceitado como aluna, acreditando em mim e me ensinando muito sobre a ciência. Obrigada por que além de todo apoio nesse trabalho, não faltou incentivo e confiança para incentivar minha carreira.

Ao coorientador Lucas Vinicius Shigaki de Matos, que demonstrou total disposição em me ajudar e lutar pela ciência desde o primeiro momento do estudo. Obrigada por todo o esforço, disposição e cuidado nos momentos da pesquisa.

Agradeço aos meus pais, Alicino Meireles dos Santos e Elenisia Barbosa de Sousa, que não mediram esforços para possibilitar meus estudos, desde a graduação até todo o apoio no mestrado. Obrigada mãe por me fazer companhia nas muitas horas de estudos que passei na sua mesa escrevendo.

Ao meu esposo Edivan Ribeiro de Oliveira, que abriu mão muitas vezes da atenção e cuidado pra possibilitar essa conquista.

Ao professor Vidal Mota Júnior, que além das grandes contribuições para o trabalho, foi o grande incentivador desse mestrado indicando o orientador e confiando no meu potencial. Obrigada por toda a sensibilidade e grande sabedoria desde a tratativa na graduação como no mestrado compondo a banca de qualificação e defesa.

Ao professor Adriano Bressane pela contribuição no trabalho com seus apontamentos experientes e pela honra que tive ao compor minha banca na qualificação e defesa.

A Ipanema Indústria de Produtos Veterinários LTDA e ao senhor Osmar Santos, por permitir essa pesquisa, pela confiança e interesse na ciência e meio ambiente.

Agradeço também aos funcionários da Ipanema envolvidos, aos colegas e também amigos que de alguma forma contribuíram para levantamento de dados deste trabalho.

Agradeços aos meus irmãos Jefferson de Sousa Santos e Ana Júlia de Sousa Santos, que tanto apoiam como se orgulham comigo dessa vitória.

RESUMO

As atividades humanas necessitam cada vez mais de modelos de gestão com controles de ações que buscam evitar impactos ambientais negativos. Isso é evidenciado na grande demanda de recursos naturais para obtenção de serviços e produtos. Nesse cenário, a avaliação do ciclo de vida (ACV) consiste em uma metodologia de análise de impactos ambientais, que aborda desde etapas iniciais, intermediárias e finais. A presente proposta objetivou avaliar o desempenho ambiental do sistema atual e da troca de embalagem de um produto antiparasitário de uso veterinário por meio da utilização desta metodologia. O primeiro cenário em avaliação é o sistema atual, sua embalagem principal é um frasco dosador de polietileno com 7 itens componentes no total. O cenário proposto possui nova embalagem do tipo bag-in-box e é composta por 3 itens no total. O método se divide em escolha do produto, descrição do seu ciclo de vida, aplicação da ACV e conclusão. No que se refere a avaliação do ciclo de vida, as normas NBR ISO 14040 e 14044, foram utilizadas como base metodológica. O cenário proposto obteve melhor desempenho ambiental em 17 das 18 categorias abordadas pelo método de avaliação de impacto Recipe 2016. A categoria uso da terra foi a única em que a nova embalagem não apresentou melhor performance. O quesito decisório para esta categoria foram pontos de compensação de danos devido a realização de reciclagem de papelão, que com a mudança de embalagem evitariam de ser gerados e reciclados. Isto conclui que o novo cenário também é preferível na categoria uso da terra. Em média a nova embalagem obteve cerca de 3,7% melhor desempenho ambiental. As entradas e saídas que mais influenciaram nesses resultados foram: transporte, eletricidade, embalagens de papelão, reciclagem e incineração. O método de ACV possibilitou a identificação do melhor cenário e o direcionamento de pontos críticos ambientais.

Palavras-chave: Avaliação do ciclo de vida. Embalagem. Produto veterinário.

ABSTRACT

Human activities increasingly need management models with action controls that seek to avoid negative environmental impacts. This is evidenced in the great demand for natural resources to obtain services and products. In this scenario, the life cycle assessment (LCA) consists of a methodology for the analysis of environmental impacts, which approaches from initial, intermediate and final stages. The present proposal aimed to evaluate the environmental performance of the current system and the change of packaging of an antiparasitic product for veterinary use through the use of this methodology. The first scenario under evaluation is the current system, its main packaging is a polyethylene dosing bottle with 7 component items in total. The proposed scenario has a new bag-in-box packaging and is composed of 3 items in total. The method is divided into product choice, description of its life cycle, application of LCA and conclusion. Regarding the life cycle assessment, the NBR ISO 14040 and 14044 standards were used as a methodological basis. The proposed scenario obtained better environmental performance in 17 of the 18 categories addressed by the Recipe 2016 impact assessment method. The land use category was the only one in which the new packaging did not perform better. The decisive question for this category were points of compensation for damages due to the recycling of cardboard, which, with the change of packaging, would avoid being generated and recycled. This concludes that the new scenario is also preferable in the land use category. On average, the new packaging achieved about 3.7% better environmental performance. The inputs and outputs that most influenced these results were: transport, electricity, cardboard packaging, recycling and incineration. The LCA method made it possible to identify the best scenario and target environmental critical points.

Keywords: Life cycle assessment. Packing. Veterinary product.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVO	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Área de estudo e meio industrial	15
3.2	Ciclo de Vida	18
3.3	Avaliação do ciclo de vida	19
3.4	Estrutura e etapas de uma ACV	20
3.4.1	Objetivo e escopo	21
3.4.2	Inventário do ciclo de vida (ICV)	22
3.4.3	Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)	23
3.4.4	Interpretação do ciclo de vida	25
3.5	Avaliação do Ciclo de Vida no Setor Veterinário: Uma análise bibliométrica	26
3.6	Impactos ambientais no setor veterinário	28
4	METODOLOGIA	32
4.1	Descrição geral de etapas da metodologia	32
4.2	Escolha do produto	34
4.3	Objetivo e escopo da ACV	35
4.4	Inventário do ciclo de vida (ICV)	35
4.5	Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)	37
4.6	Interpretação da ACV	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	Escolha do produto	40
5.2	Ciclo de vida do produto (CV)	41
5.3	Proposta de nova embalagem	42
5.4	Objetivo do ACV segundo a norma NBR ISO 14.040:2009	45
5.5	Escopo segundo a norma NBR ISO 14.040:2009	46
5.5.1	Sistema	46
5.5.2	Função do sistema	47
5.5.3	Unidade funcional	48
5.5.4	Fronteira do sistema e limitações	48
5.5.5	Procedimentos de alocação	48
5.5.6	Metodologia da Avaliação de impacto, tipos e interpretação	48
5.5.7	Requisitos de dados	49

5.5.8	Requisitos de qualidade dos dados	49
5.5.9	Tipo e formato de relatório requerido para o estudo	50
5.6	Inventário da ACV cenário atual	50
5.7	Inventário da ACV cenário proposto (Nova embalagem)	59
5.8	Discussão da análise dos inventários	61
5.9	Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV).....	63
5.9.1	Avaliação de impacto do ciclo de vida para a etapa formulação	63
5.9.2	Comparação dos cenários	66
5.10	Interpretação da ACV	88
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
APÊNDICE A	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	- Ciclo de vida básico de um produto	18
Figura 2	- Estrutura da avaliação do ciclo de vida.....	21
Figura 3	- Elementos da AICV	24
Figura 4	- Número de documentos encontradas por área de publicação	27
Figura 5	- Documentos encontrados por território de publicação	27
Figura 6	- Metodologia geral do estudo.....	32
Figura 7	- Metodologia detalhada sobre o desenvolvimento do estudo	33
Figura 8	- Sistema do produto, sua fronteira e etapas de coleta de dados do ICV ...	36
Figura 9	- Descrição de rota marítima SeaRoute	37
Figura 10	- Análise de contribuição individual tipo rede	38
Figura 11	- Ciclo de vida do produto veterinário com delimitação geral do sistema..	42
Figura 12	- Nova embalagem no momento do envase teste	44
Figura 13	- Sistema de funcionamento industrial para fabricação do produto.....	46
Figura 14	- Fluxograma simplificado do sistema de funcionamento industrial.....	47
Figura 15	- Sistema com entradas e saídas.....	50
Figura 16	- Ilustração do processo produtivo atual.....	51

QUADROS

Quadro 1 - Principais contribuintes para as categorias	89
Quadro 2 - Modelagem do inventário do ciclo de vida para a etapa Formulação...	103
Quadro 3 - Modelagem do Inventário para a etapa de envase do cenário atual. ...	105
Quadro 4 - Modelagem do inventário para a etapa de envase nova embalagem. .	107

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultados para direcionar a escolha do produto	41
Gráfico 4 - Resultado relativo da contribuição individual da etapa formulação.	64
Gráfico 2 - Resultado comparativo dos cenários atual e nova embalagem de todos os impactos do método Recipe 2016 Midpoint (H).....	68
Gráfico 3 - Resultado comparativo dos impactos selecionados cenário atual e nova embalagem.....	71
Gráfico 5 - Resultado absoluto para a categoria aquecimento global para a produção de 1 litro do antiparasitário.	73
Gráfico 6 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem categoria aquecimento global com corte de 0,1%.	74
Gráfico 7 - Resultado relativo da contribuição individual cenário atual para a categoria aquecimento global com corte de 0,1%.....	76
Gráfico 8 - Resultado absoluto para a categoria ecotoxicidade terrestre para a produção de 1 litro do antiparasitário.	77
Gráfico 9 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria ecotoxicidade terrestre com corte de 0,1%.	78
Gráfico 10 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário atual, categoria ecotoxicidade terrestre com corte de 0,1%.....	79
Gráfico 11 - Resultado absoluto para a categoria toxicidade humana não cancerígena para a produção de 1 litro do antiparasitário.	80
Gráfico 12 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria toxicidade humana não cancerígena com corte de 0,1%.....	80
Gráfico 13 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário atual, categoria toxicidade humana não cancerígena com corte de 0,1%.	82

Gráfico 14 - Resultado absoluto para a categoria uso da terra para a produção de 1 litro do antiparasitário.	82
Gráfico 15 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria uso da terra com corte de 0,1%.	83
Gráfico 16 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria uso da terra com corte de 0,1%.	84
Gráfico 17 - Resultado absoluto para a categoria consumo de água para a produção de 1 litro do antiparasitário.	86
Gráfico 18 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria consumo de água com corte de 0,1%.	87
Gráfico 19 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário atual, categoria consumo de água com corte de 0,1%.	88

LISTA DE ABREVIações

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida	MP – Matéria-prima
AICV - Avaliação de impacto do ciclo de vida	PA - Produto Acabado
BPF - Boas Práticas de Fabricação	PD – Produto
CQ - Controle de Qualidade	PDs – Produtos
CV - Ciclo de Vida	PeD - Pesquisa e Desenvolvimento
EM – Embalagem	PET - Polietileno
EM1NV (EM*NV) – Embalagem 1(*)	PV - Produto Veterinário
Nova	PVs - Produtos Veterinários
ICV - Inventário do ciclo de vida	PVFs - Produtos Veterinários Farmacêuticos
IFV - Indústria Farmacêutica Veterinária	SI – Sistema internacional de unidades de medidas
GQ - Garantia da Qualidade	SIDAN - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal
GCV - Gestão do Ciclo de Vida	
LCT - Pensamento de Ciclo do Vida	
ME – Material de embalagem	VP - Validação de Processo

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é necessária a partir da percepção de que os recursos são finitos. Ser sustentável requer muito mais do que corrigir ações incorretas, mas agir de forma a garantir um futuro. Questões como a produção mais limpa retratam a percepção das empresas de que seus processos causam danos ao meio ambiente e mitigar impactos se torna uma alternativa. Um dos grandes problemas do estilo de vida da humanidade atualmente é marcado pelo alto consumo e obtenção de bens. Considerando o planeta finito do qual se extrai tudo, a busca por ter, acarreta uma carga aos recursos naturais maior do que a suportada pelo planeta. Isso demonstra que o problema não está só nos homens de grandes negócios mas também na consciência individual das pessoas.

As mudanças climáticas antrópicas, assim chamado pelo IPCC em seu relatório em 2019, é mais uma das demonstrações do poder impactante sobre o meio ambiente das atividades humanas. A aumento de cerca de 1°C com relação as temperaturas do período pré-industrial, não está sozinho na ampla gama de impactos ambientais notados na atualidade. Entre os muito citados estão a poluição hídrica, atmosférica, terrestre, depleção da camada de ozônio, acidificação, aumento da toxicidade humana, diminuição da disponibilidade de insumos naturais, mudanças climáticas e muitos outros (PAES, 2018; DUTRA, 2018; KAISER, S. C.; FAGNANI, K. C, 2018).

Olhando da perspectiva do meio ambiente, o sistema atual é irresponsável para com os recursos. O que explica a autora Annie Leonard (2011) em seu livro a história das coisas, mostra o problema o qual o consumismo criou e como o mesmo consegue se sustentar todos os dias. A obsolescência programada e a obsolescência perceptiva fazem com que o mercado fique aquecido e que os aterros fiquem lotados. Além das milhares de toxinas que o ser humano produz para seu próprio envenenamento gradual. A importância e responsabilidade das empresas nesse sistema insustentável é indiscutível. Sendo participante dos objetivos de desenvolvimento sustentável do Brasil pela ONU (2021); o desenvolvimento industrial sempre se apresentou como pilar importante da economia de um país. A indústria farmacêutica veterinária (IFV) vem aumentando o seu faturamento todos os anos de forma considerável (ANDRADE, T. S.; BOIATI, F. R. 2016). O SIDAN - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos Para Saúde Animal, afirma crescimento de 12% nos três primeiros trimestres de 2021

em relação a 2019. Que ressaltam a grande demanda de proteína tanto nacional como de exportação, como um dos principais motivos dos números positivos. Hoje a indústria farmacêutica veterinária movimentada cerca de 6 bilhões de reais anuais.

Produto veterinário (PV) é toda substância de uso animal, que tem por objetivo auxiliar à prevenção, diagnóstico, tratamento e cura de doenças. Eles também podem ser usados para o embelezamento, promoção de crescimento, melhorias de desempenho e aditivos (MAPA, 2008). Mudanças de consumo, produção, práticas e políticas, as quais foram esculpidas anteriormente pensando somente no crescimento econômico não é tarefa fácil. Tais mudanças podem refletir o quanto a empresa é responsável ambientalmente. Uma produção que cause mínimos danos ao meio ambiente, deve ser o objetivo para o mundo industrial atual. As atitudes que dão suporte a tal objetivo, necessitam de estudos, pesquisas e aplicação de metodologias cada vez mais eficazes, e que trazem consigo resultados cada vez mais reais e aplicáveis a rotina das empresas.

De acordo os autores McDonough e Braungart (2014), os processos precisam ser cada vez mais cíclicos para impedir que exista o “*cradle to grave*”, impedir que as coisas terminem em disposição final. Esse pensamento também remete a economia circular, incentivando sempre a reutilização. O mesmo é percebido no pensamento “*Zero Waste International Alliance*” – Lixo zero. Todos esses conceitos remetem a visão de que nada é lixo, tudo pode ser reutilizado, seja bruto, da forma que saem dos locais de origem, ou com algum tipo de tratamento. De forma sintetizada, nada é rejeito, tudo pode se tornar um novo insumo. O que diferencia o que vai para disposição final e o que vai para reutilização, reciclagem e outros processos é o nível das tecnologias existentes hoje. Se o foco da atualidade se tornar a busca por processos responsáveis ambientalmente, essas tecnologias vão ser cada vez mais desenvolvidas e se tornarão acessíveis. Isso é o que acontece hoje para várias áreas como lazer, saúde, estética e outros.

Diante disso, a avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma metodologia que resulta na análise de possíveis impactos ambientais, de um determinado produto ou serviço. Consiste em uma abordagem de informações de forma sistematizada e organizada, que hoje é regida por uma série de normas ISO 14040. Essa avaliação é realizada levando em consideração todas as etapas da vida de um produto, ou seja, desde o seu desenvolvimento até a sua destinação final (NBR ISO 14040, 2009).

Outro termo que se correlaciona bem ao tema é o Ecodesign, que é associado pelo autor Platcheck (2003) diretamente ao processo de criação do produto. Quando um produto está em desenvolvimento, ele ainda possibilita escolhas sábias em relação ao meio ambiente. Ecodesign está ligado com a criação de produtos que já foram pensados como ambientalmente sustentáveis. Isso é aplicável desde etapas de obtenção de matérias-primas como destinação final, assim como a ACV.

De acordo com a NBR ISO 14040 (2009), uma ACV necessita de algumas etapas mínimas para o seu bom desenvolvimento. Uma dessas etapas é a definição de objetivo e escopo, o qual vai dizer onde o estudo pretende chegar, sua delimitação, qual o motivo da sua realização, nível de detalhamento e todo o sistema do produto a ser estudado. Na etapa de inventário, é realizado o levantamento e obtenção de informações sobre todas as etapas da vida do produto. Assim são abordadas entradas e saídas do sistema, levando em consideração o uso de recursos, a liberação de resíduos no ar, na água e no solo (NBR ISO 14040, 2009).

Na etapa de Avaliação do Impacto do ciclo de vida, todas as informações obtidas no inventário são convertidas em potencial impactante. Os dados são associados a respectivos impactos ambientais, os quais vão depender do objetivo e escopo do estudo, e assim vão ser analisados conforme a significância de tal impacto (NBR ISO 14040, 2009). A interpretação do ciclo de vida é a última etapa essencial de acordo a NBR ISO 14040 (2009), nela é obtida uma conclusão sobre o estudo. Estas informações podem ser utilizadas diretamente na tomada de decisão referente à produção e venda do produto.

A ACV possibilita a melhoria ambiental, auxilia no desenvolvimento estratégico da empresa, prepara a empresa para uma auditoria ambiental, possibilita a criação e implantação de medidas educacionais na política da empresa entre outros. Além disso ela também dar suporte a obtenção de rotulagem ambiental, como selos verdes e declarações ambientais no rótulo dos produtos, que está totalmente ligado ao marketing ambiental. Muitas empresas conhecem os seus processos de forma técnica mas não de forma ambiental, não conseguem definir qual processo está causando maior extração de recursos ou produção de resíduos. Conhecer as etapas internas é o primeiro passo para a implementação de medidas de melhoria ambiental, a ACV vai muito além das paredes industriais, mostrando alternativas de mudanças até mesmo na entrada de insumos.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho ambiental do sistema atual e da troca de embalagem de um produto de uso veterinário por meio da utilização da avaliação do ciclo de vida.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar as etapas produtivas do antiparasitário para descrever seu ciclo de vida;
- ✓ Acompanhar a formulação e envase do produto;
- ✓ Levantar e tratar os dados de todas as etapas do ciclo de vida do produto.
- ✓ Utilizar o software SimaPro para lançamento dos dados levantados;
- ✓ Relacionar as entradas e saídas com respectivos impactos ambientais e interpretá-los.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Área de estudo e meio industrial

A gestão ambiental é um conjunto de diretrizes e atividades administrativas voltadas para o cuidado com o meio ambiente. O autor Barbieri (2016), separa a gestão ambiental em global, regional e nacional ou local. Algumas das atividades da gestão ambiental global são bastante conhecidas, como as convenções, os tratados e as conferências.

Já a gestão ambiental regional as atividades geralmente atingem dois ou mais países. E por último na gestão local as medidas muito vezes parecem mais perceptíveis, sua importância deve ser destacada, já que as ações mais diretas acontecem nos estados e cidades.

Inicialmente a gestão ambiental só se voltava para questões corretivas, após percebidos os danos causados ao meio ambiente. Essas atividades são baseadas principalmente em políticas públicas e muito ainda se detém do poder público para sua efetivação. Porém, com as atualizações da legislação, as indústrias e empresas também passaram a usar os instrumentos da gestão ambiental dentro de suas empresas.

A partir disso concretizou-se gestão ambiental pública, quando exercida pelo poder público; E gestão ambiental empresarial quando realizada por empresas. Diante dessas questões as empresas podem agir de forma preventiva, proativa ou somente corretiva. Quando de forma preventiva é implantado o SGA (Sistema de gestão ambiental), existem vários SGA utilizados pelo mundo, porém para participar deles é preciso atender uma série de normas (BARBIERI 2016). As normas, assim como as leis e decretos são instrumentos da gestão ambiental que auxiliam na efetiva aplicação de medidas de cuidado com o meio ambiente.

É nesse cenário que surge a Internacional Organization for Standardization (ISO) e ABNT (Brasil), que trazem normas nos mais diversos ramos entre eles o ambiental (14040, 14001, 14044, etc.) que descrevem regras sobre resíduos, emissões, substâncias tóxicas, ferramentas de gestão e outros (CORREA, R.; RIBEIRO, H. C. M.; SANTOS, M. C. D. 2010).

Em busca de melhorar seus processos e mitigar seus impactos é que as empresas começam a buscar metodologias como a ACV descrita nas normas ISO 14040 e 14044. A norma existe para regulamentar essa ferramenta de gestão ambiental e também acrescenta credibilidade para a metodologia.

A primeira ACV foi produzida pela empresa Coca-Cola, em 1965, a Midwest Research Institute junto com a Environmental Protection Agency aprimorou o modelo em 1974. A partir disso vários estudos começaram a surgir sobre a ACV e na tentativa de organizar as pesquisas a Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) promoveu o primeiro evento sobre o assunto em 1989. E por fim como consolidação nos SGA, a ISO em 1997 lançou a ISO 14040 e 14044 para regulamentar a ACV (IBCT, 2022).

Os autores Hinz, Valentina e Franco (2006), realizaram pesquisas a fim de comparar e estudar a produção mais limpa e a ACV. Eles concluíram que enquanto a P+L direciona suas medidas principalmente em resíduos internos, a ACV avalia todo o ciclo e todas as possibilidades de melhoria ambiental. A partir disso, é possível interligar também os conceitos de P+L com economia circular, fazendo resíduos serem vistos novamente como insumos. Algo que foi aplicado no trabalho de Costa et. al. (2021), no reuso da escória de aciaria para produção de um tipo de concreto.

A atividade industrial participa com 20,4% do produto interno bruto do Brasil (CNI, 2021). Sendo um dos setores que mais geram riquezas proporcionais a sua produção. A indústria farmacêutica veterinária, atua na fabricação de produtos que auxiliam diretamente na vida e saúde animal.

Existem vários tipos de produtos veterinários (PVs), entre eles estão os antiparasitários, biológicos, antimicrobianos, suplementos mais aditivos, terapêuticos e outros. A maior representatividade nos números econômicos do setor, são os antiparasitários com 27% (2020), classe terapêutica que é objeto de estudo desta pesquisa (SIDAN, 2021). Em relação as espécies dos animais, essa representatividade do produto em estudo é ainda maior, cerca de 51% dos produtos em comercialização são destinados para ruminantes (SIDAN, 2021).

Grandes empresas já trabalham há muitos anos com o uso da ACV. Um dos exemplos é a 3M, que tem a ACV como parte da sua política corporativa desde 2001. O diretor de sustentabilidade da Alcan (empresa que é líder mundial na produção de embalagens para comida, empregando cerca de 30.000 pessoas com 131 sites em

31 países), diz em depoimento que cerca de 20% a 50% do trabalho no desenvolvimento de um produto é relacionado à ACV e utilização de uma ferramenta para análise de sustentabilidade (UNEP, 2007).

A DOW é uma empresa química que possui 46.000 funcionários, com rotatividade de 58 bilhões de dólares. Seu técnico global e líder de sustentabilidade e ACV, o Dr. David Russell, diz em depoimento que a adoção de ACV está totalmente ligada à obtenção de produtos de sucesso (UNEP, 2007).

As vantagens de aplicação da ACV são inúmeras, entre elas a otimização de processos, a diminuição ou até anulação de desperdícios, e a indicação de rotas mais produtivas.

As boas práticas de fabricação (BPF), são um conjunto de medidas sanitárias, higiênicas e de operação que abrangem desde a obtenção das matérias-primas até a distribuição venda do produto. Essas práticas são realizadas para garantir a qualidade, e certificar a conformidade e segurança do produto final (BRASIL, 2007). Por consistirem em medidas aplicadas por todas as indústrias atualmente, cada segmento industrial, possui uma série de normas disponibilizadas pelos seus respectivos órgãos reguladores, que no caso da IFV é o MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento).

O sistema industrial geralmente é subdividido em setores, cada um deles possui sua função, a qual é primordial para fabricação final do produto. Entre esses setores estão, gestão ambiental e de resíduos, pesquisa e desenvolvimento (PeD), garantia da qualidade (GQ), controle da qualidade (CQ), recursos humanos, limpeza e organização, tecnologia da informação e informática, administrativo e financeiro, entre outros.

O CQ e a GQ, são setores que estão intimamente ligados as BPF. A função do CQ é promover procedimentos que assegurem a conformidade das matérias-primas, das embalagens e do produto acabado dentro das especificações previamente definidas (BRASIL, 2007). Entre esses procedimentos estão a realização de análises de todos os lotes produzidos dentro da empresa, análises de validações de processos, estudos de estabilidade, validação e desenvolvimento de métodos.

Em acordo com a legislação e exigências requeridas pelo MAPA, todos os lotes fabricados de produto acabado (PA) passam por um rígido controle da qualidade. Para isso, utiliza-se de equipamento modernos que são qualificados e especializados para

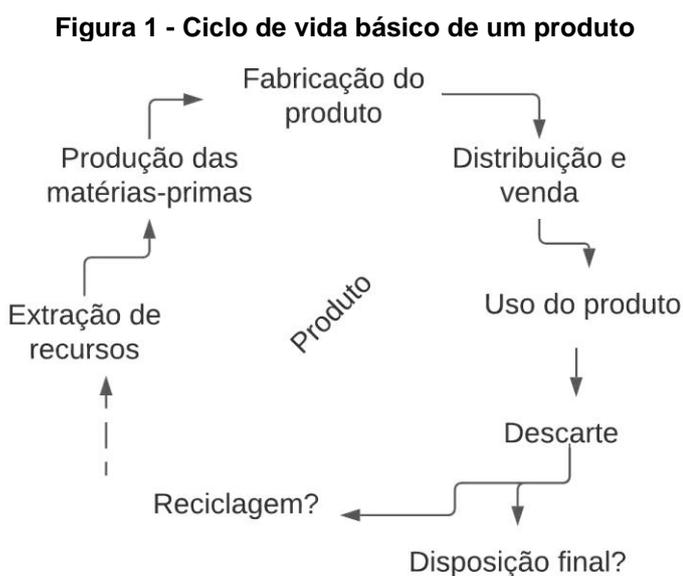
a realização das análises. As substâncias de interesse no PA, os ativos, são quantificados para avaliar o atendimento das especificações. Caso o mesmo esteja dentro da conformidade, ele é liberado para as seguintes etapas industriais e posterior comercialização.

3.2 Ciclo de Vida

O termo ciclo de vida (CV), era comumente relacionado tempos atrás, somente a vida de seres vivos e suas espécies. Levando em consideração a definição do site educacional Britannica Escola Web em 2021, o ciclo de vida é a passagem por mudanças em um indivíduo no período que compreende desde seu nascimento até a sua morte.

Essas mudanças são melhores descritas como as etapas da vida de um ser vivo, sendo considerado por exemplo, o nascimento, desenvolvimento ou crescimento, reprodução e morte.

Com a crescente preocupação com as questões ambientais, o termo ciclo de vida passa a ser incorporado em todos os produtos e serviços, ou seja, tudo que é consumível possui um ciclo de vida, o que relaciona o “nascimento” com a obtenção ou produção, e a “morte” com a destinação final (Figura 1).



Fonte: Elaboração própria, 2021.

O produto (PD), sendo aqui considerado como algo que é consumível, inicia seu ciclo de vida com a junção das matérias-primas (MP) componentes da fórmula. Entretanto assim como todas as outras etapas, existe certa complexidade na obtenção dessas matérias-primas, o que varia de cada PD. Cada MP possui o seu ciclo de vida próprio, seja ela excipiente ou ativo. Para obtê-la, podem ser necessárias operações unitárias simples como peneiração, filtração, decantação, ou até processos mais complexos como sínteses, reações enzimáticas e outros. Em cada um desses casos vale ressaltar que, ocorre impactos ambientais.

A partir disso, a própria fabricação do PD traz consigo a marca dos impactos ambientais, sendo notável a necessidade de entradas e saídas no sistema, para assim obter o produto final. A etapa fabricação, pode ser dividida em dois tópicos principais, a formulação e o envase. A formulação compreende na junção literal das MP componentes do PD. O envase por sua vez, na junção do PD já formulado com a sua embalagem final de distribuição.

A venda e distribuição também podem variar bastante, por exemplo, no Brasil o transporte rodoviário é o mais utilizado para movimentações comerciais, cerca de um pouco mais de 61,4% (SERRANO COLAVITE; KONICHI, 2015). Meio de transporte tal que não é o mais sustentável disponível atualmente. Também vai influenciar nessa etapa, questões como perfil do cliente, local de comercialização, região do país que o PD é produzido e vendido, dentre outros.

3.3 Avaliação do ciclo de vida

A ACV é uma metodologia de diagnóstico e gestão ambiental, ela vem se tornando bastante consolidada no meio ambiental e já possui normas que regem o seu desenvolvimento e principais características. Essas informações foram primeiramente descritas na ISO 14040 e ISO 14044 (Internacionais), que no Brasil se tornaram a ABNT NBR ISO 14040 e ABNT NBR ISO 14044 ambas de 2009 (PIEKARSKI et al., 2014).

O primeiro estudo que foi considerado como uma ACV foi realizado pela Coca-Cola em 1965 nos Estados Unidos da América, que tinha por objetivo descobrir qual embalagem utilizava menos recursos para sua fabricação e envolvesse menores emissões (CAMPOLINA; SIGRIST; MORIS, 2015).

Para a NBR ISO 14044 (2009), a ACV pode auxiliar as empresas e pessoas envolvidas ao possibilitar o levantamento de indicadores, no marketing ambiental, na identificação de pontos de melhoria ambiental, além de aumentar o nível de conhecimento das pessoas tomadoras de decisão dentro dessas empresas.

No estudo de Dehkordi e Forootan (2020), que analisou o fluxo de energia na produção de grãos de quinoa no Irã, obteve por conclusão que os maiores gastos de energia estavam no uso de fertilizantes químicos e do combustível diesel. Assim foi possível propor medidas direcionadas por tal resultado (LOTFALIAN DEHKORDI; FOROOTAN, 2020).

A temática ciclo de vida engloba vários termos, de forma geral eles buscam o desenvolvimento sustentável, utilizando a análise de todo o percurso da vida de um serviço ou produto. A ACV é citada nos trabalhos de (ROSADO; PENTEADO, 2019), (RODRIGUEZ; VILLAMIZAR-GALLARDO; GARCÍA, 2014), (WILLERS; RODRIGUES; SILVA, 2012).

Pela NBR ISO 14040 de 2009, a ACV é definida como uma técnica que auxilia no entendimento e tratamento de impactos ambientais, usando para isso a abordagem de todo o ciclo de vida.

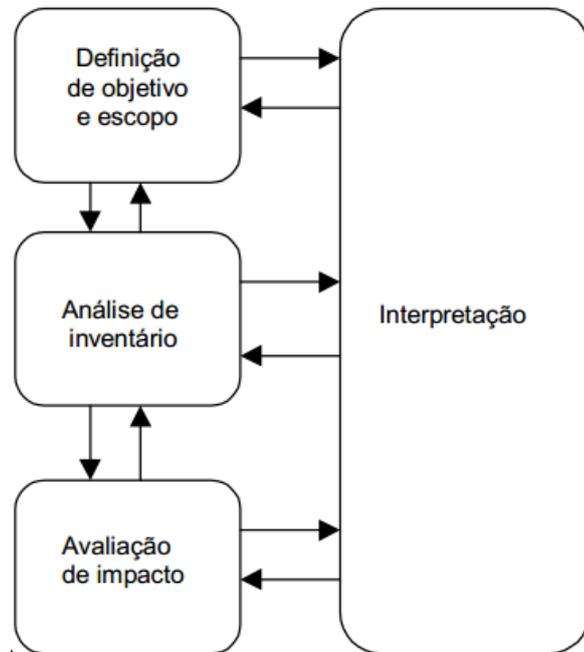
A gestão do ciclo de vida (GCV) também é um termo importante, que correlaciona os resultados obtidos pela ACV com objetivo de mitigar os danos causados ao meio ambiente (UNEP, 2007).

Assim como o pensamento de ciclo do vida (LCT) pelo termo em inglês, aparece no trabalho de (PAES, 2018), como o entendimento e aceitação que etapas isoladas que possuem bom desempenho ambiental, não garantem a sustentabilidade de um produto ou serviço. Essa definição é bem estruturada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2007), que relaciona o pensamento do ciclo de vida com a responsabilidade de cada produtor, o potencial de redução do uso de recursos, e as melhorias ambientais em todos os setores envolvidos.

3.4 Estrutura e etapas de uma ACV

De acordo com a NBR ISO 14040 (2009), uma ACV necessita de algumas etapas mínimas (Figura 2), cada uma delas possui vários itens obrigatórios.

Figura 2 - Estrutura da avaliação do ciclo de vida



Fonte: Adaptado de NBR ISO 14040, 2009.

3.4.1 Objetivo e escopo

No objetivo devem ser descritos a aplicação, os motivos que levaram a realização do estudo, as pessoas que serão comunicadas dos resultados e se serão divulgadas as informações obtidas, já que a ACV possibilita a comparação entre produtos (PDs) (NBR ISO 14044, 2009).

Do escopo devem ser declarados o sistema, que é o conjunto de processos envolvidos, e a suas funções que indica com qual objetivo é realizado esse conjunto de processos. No trabalho de Kebreab et al. de 2016 realizou-se uma ACV de uma fazenda de animais que usam rações suplementadas, o sistema do trabalho se inicia na produção dessas rações e se limita até o portão da fazenda, ou seja considera todos os processos que acontecem dentro da propriedade.

A unidade funcional possui papel muito importante na ACV, ela é a unidade com qual todo estudo vai se basear para quantificar impactos, diz respeito a quantidade de referência do produto ou serviço no qual vai ser analisado o desempenho ambiental (NBR ISO 14044, 2009).

A fronteira do sistema diz respeito a abrangência do estudo, ela vai delimitar até onde pretende-se pesquisar e considerar como parte do CV para a realização da

ACV. Diante do estudo podem surgir a necessidade de alocações de recursos, os quais também são descritos nessa etapa (NBR ISO 14044, 2009).

Ainda no escopo deve ser descrito a metodologia de avaliação de impacto e os tipos de impactos que irão ser considerados. Com o decorrer da consolidação da ACV, alguns softwares que quantificam impactos foram desenvolvidos. O SimaPro® e o OpenLCA®, são softwares bastante utilizados em trabalhos publicados, como nos trabalhos dos autores Mansilha; Farret e da Rosa (2017) e T. N. R. Fabrício; Nepomuceno e Santiago (2017). Já no trabalho de Kebreab et al., (2016) foi utilizado o GaBi®, um software Alemão que possui seu próprio banco de dados.

Devem ser descritos como vai ser realizada a interpretação dos resultados, requisitos de dados, com consequente definição da qualidade dos mesmos, os pressupostos que relaciona a incerteza dessas informações, limitações e o tipo do relatório do estudo (NBR ISO 14044, 2009).

3.4.2 Inventário do ciclo de vida (ICV)

A segunda etapa é a produção do inventário, é realizado o levantamento e obtenção de informações sobre todas as etapas da vida do produto. Assim são abordadas entradas e saídas do sistema, levando em consideração o uso de recursos, a liberação de resíduos no ar, na água e no solo (NBR ISO 14040, 2009).

A atividade principal dessa etapa é a coleta de dados. A norma sugere o detalhamento de como vai ser realizada, com várias etapas de validação de dados e o auxílio de folhas de coleta (NBR ISO 14044, 2009).

Para confirmar a consistência dos dados coletados do sistema é indicado o uso e produção de fluxogramas, com descrição de cada processo, lembrando sempre dos fatores que influenciam entradas e saídas do sistema (NBR ISO 14044, 2009).

Os cálculos das entradas e saídas quantitativas devem ser feitos com correlação entre a unidade funcional e o fluxo natural do processo. Podendo ao fim disso ocorrer um refinamento da fronteira, com exclusão e corte de processos que venham a ser considerados não significativos comparado as demais etapas (NBR ISO 14044, 2009).

No trabalho de Muñoz et al., (2020), ele avalia dois sistemas distintos, um deles é voltado para a produção de leite. Por meio do inventário do trabalho, ele identifica

duas saídas que trazem lucro financeiro, a produção do leite e a produção de esterco das vacas leiteiras, que são reutilizados como fertilizante natural. Pela quantificação realizada no inventário, ele define que para cada litro de leite produzido 2,44 kg de estrume são obtidos.

As alocações também são descritas nessa etapa, as quais é indicado evitá-las. O termo alocação se refere a repartição dessas entradas e saídas no sistema que são compartilhados em outros sistemas ou etapas. Isto pode interferir no momento de quantificação desses fluxos, que ao não ser manipulados de forma extremamente eficiente, podem levar a erros grotescos de quantificação de impactos (NBR ISO 14044, 2009).

3.4.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)

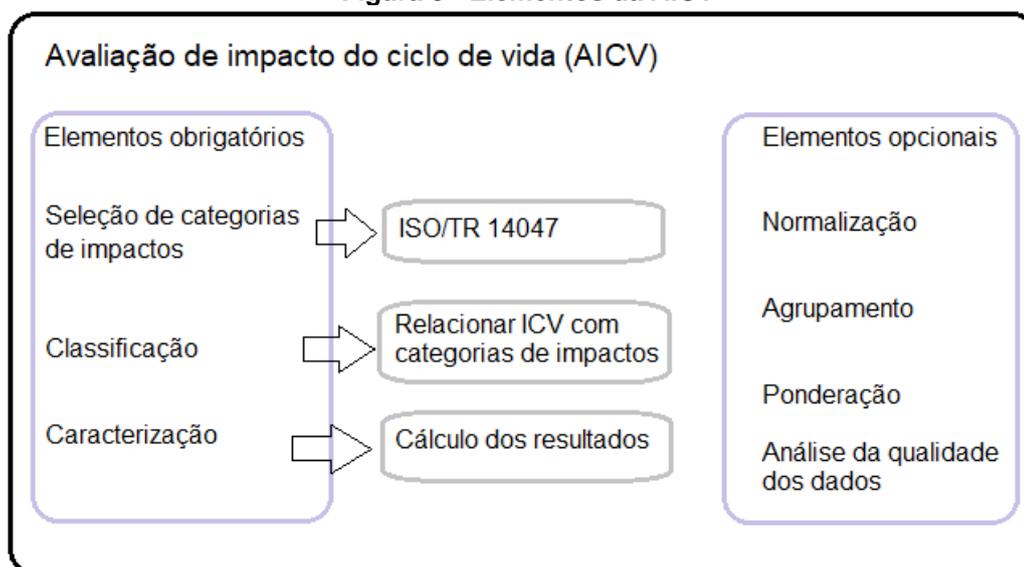
Na etapa de Avaliação do Impacto do ciclo de vida, todas as informações obtidas no inventário são convertidas em potencial impactante. Os dados são associados a respectivos impactos ambientais, os quais vão depender do objetivo e escopo do estudo, e assim vão ser analisados conforme a significância de tal impacto (NBR ISO 14040, 2009).

Com isso torna-se necessário a seleção de categorias de impacto, algumas das citadas na norma ISO/TR 14047, 2016 são: mudanças climáticas, ecotoxicidade, acidificação, toxicidade humana, depleção de ozônio estratosférico e nutrificação. Essa normativa trata sobre exemplos ilustrativos de aplicação da NBR ISO 14044 em casos de ACV.

O próximo passo é criar a relação dos resultados obtidos no ICV com as categorias de impactos selecionadas anteriormente, essa tratativa é chamada de classificação. A partir disso é realizado os cálculos para então se obter indicadores de impacto, essa etapa é chamada de caracterização (NBR ISO 14044, 2009).

Essas etapas fazem parte dos elementos obrigatórios da AICV (Figura 3), mas a norma também sugere mais quatro elementos não obrigatórios que auxilia no desenvolvimento da AICV.

Figura 3 - Elementos da AICV



Fonte: Informações da NBR ISO 14044, elaboração própria, 2021.

A normalização avalia a magnitude dos resultados, ela é feita para detectar inconsistências, e apoia na significância desses resultados. Os valores são obtidos a partir da divisão dos resultados encontrados por valores de referência. A partir da normalização pode-se iniciar os demais elementos opcionais (NBR ISO 14044, 2009). Alguns dos resultados encontrados na AICV, podem ser incomparáveis uns com os outros, por isso o processo de normalização pode auxiliar em uma melhor interpretação. Existem vários tipos de normalização de dados, no trabalho de Sousa (2008), foi realizada uma revisão dos principais métodos a fim de entender suas características e inserção.

O agrupamento é a junção de categorias de impactos que interagem entre si seja por questão de hierarquia ou por nome. A ponderação converte valores de categorias diferentes em fatores numéricos. E por fim a análise adicional de qualidade de dados é feita para evitar as incertezas e confirmar a significância (NBR ISO 14044, 2009).

Com o uso crescente de softwares que auxiliam na AICV, alguns trabalhos se voltam para o desenvolvimento de revisões sobre os mesmos, esse é o caso do trabalho de (CAMPOLINA; SIGRIST; MORIS, 2015). Outros trabalhos não são voltados para a revisão somente desses softwares, entretanto com a crescente implementação, muitos citam e explicam o funcionamento de diversos deles, como no trabalho de Sousa (2008), que fala sobre o Boustead Model 5.0 (Reino Unido), Euklid

4.6 (Alemanha), JEM-LCA (Japão), CMLCA 4.2 (Holanda), EDIP (Dinamarca), GaBi 4 (Alemanha), LCAiT (Suécia), SimaPro 7.1 (Holanda), TEAM 4.0 (Reino Unido), e Umberto (Alemanha).

Vale ressaltar que existem softwares de ICV somente, onde vão indicar os resultados baseados somente nessa etapa, e os chamados softwares de ACV completa, os quais são adicionadas informações de todas as etapas da ACV. Cada software pode conter a sua própria base de dados, e também existem aqueles que buscam as informações em bases de dados externas. Alguns deles também necessitam do uso de ferramentas auxiliares como ECO-it, KCL-ECO 4.0, Repaq, dentre outras (SOUSA, 2008).

Para cada estudo, busca-se base de dados, softwares e métodos de AICV que mais se aplicam a área de estudo. No trabalho de Medeiros et al., (2018), foi utilizado o software SimaPro, o método de AICV utilizado pelo estudo foi o ReCiPe 2016, que de acordo com a pesquisa dos autores é a continuação dos métodos Eco-indicador 99 e CML 2002, os quais são os mais utilizados no Brasil por sua abrangência global de categorias de impactos e realização de cálculos que se baseiam em índices também mundiais.

Ainda no trabalho dos mesmos autores foi desenvolvida uma etapa opcional da AICV, a análise de qualidade dos dados, por meio do uso do método Matriz Pedigree. Realizou-se cálculos de incertezas e sensibilidade ao se comparar o uso de diferentes métodos de AICV, sendo assim foi possível avaliar a completeza dos dados encontrados.

3.4.4 Interpretação do ciclo de vida

A interpretação do ciclo de vida é a última etapa essencial de acordo a NBR ISO 14040 (2009), nela é obtida uma conclusão sobre o estudo. Essas informações podem ser utilizadas diretamente na tomada de decisão referente à produção e venda do PD.

Inicialmente seleciona-se as questões significativas para a interpretação e a partir disso aplica as verificações de completeza, consistência e sensibilidade. Baseado no escopo e objetivo do estudo pode-se finalizar com questões de mudanças

no produto, marketing, elaboração de políticas públicas e outra medidas as quais a ACV possibilita.

3.5 Avaliação do Ciclo de Vida no Setor Veterinário: Uma análise bibliométrica

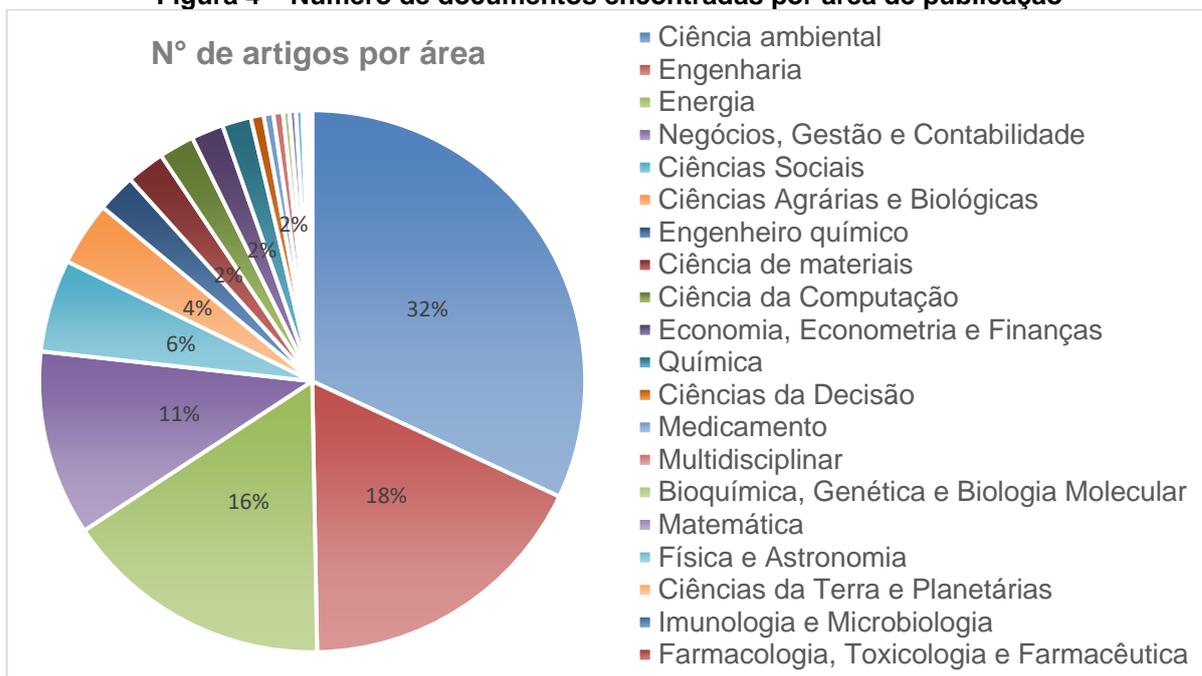
Ao buscar na plataforma Scopus os termos: Avaliação do ciclo de vida de um produto veterinário (Life cycle assessment of a veterinary product) e Avaliação do ciclo de vida no setor veterinário (Life cycle assessment in the veterinary sector), não foi encontrado nenhum resultado para a pesquisa. Os termos foram pesquisados utilizando os dois idiomas, inglês e português, no mês de fevereiro de 2021.

Foi usada a barra de busca de documentos, com inclusão no título, resumo e palavras chaves, sem filtros com conexão a VPN UNESP.

Ao pesquisar na plataforma Scopus, no local de busca de documentos, utilizando o termo em inglês, Product life cycle assessment (Avaliação do ciclo de vida de um produto), foram encontrados 228 documentos, usando os filtros de 10 anos de publicação (2011 – 2021) e na modalidade artigo.

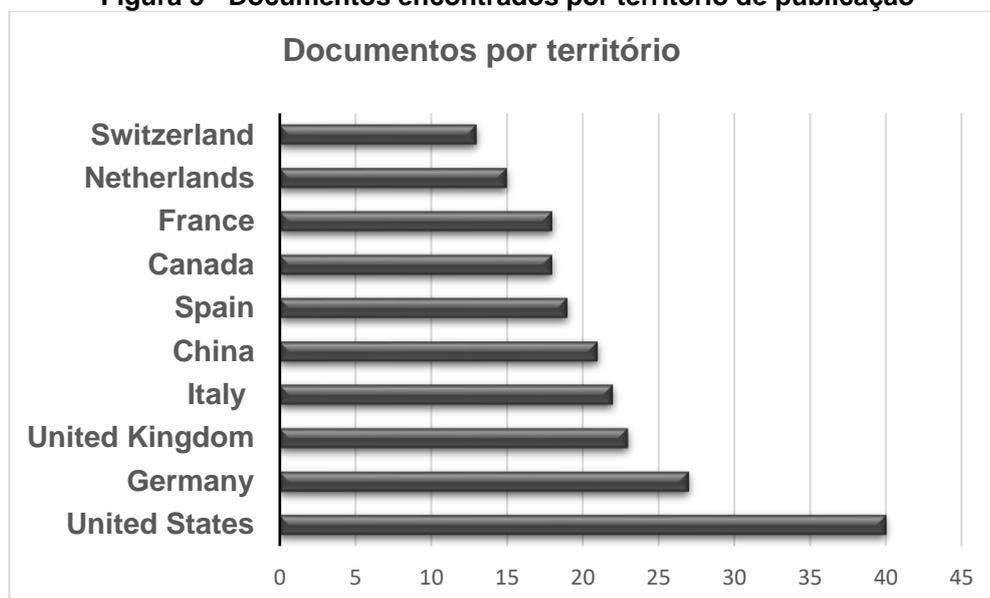
Na análise geral da plataforma (Figura 4 e 5), o Estados Unidos se destaca em número de publicação, com 40 documentos, e a área de aplicação mais atuante é a de Ciências Ambientais.

Figura 4 – Número de documentos encontradas por área de publicação



Fonte: Elaboração própria, 2021. Dados Scopus.

Figura 5 - Documentos encontrados por território de publicação



Fonte: Elaboração própria, 2021. Dados Scopus.

A plataforma engloba algumas áreas diversas que apresentaram um menor número de artigos (Figura 4). A tabela 1 possibilita delinear uma melhor relação do estudo em desenvolvimento com a pesquisa bibliométrica.

A partir dela, pode-se supor que existem trabalhos semelhantes ao trabalho aqui desenvolvido nas áreas de Ciências ambientais, Engenharia, Ciências da decisão, Ciências agrárias e biológicas, Medicamento e Farmacologia, toxicologia e

farmacêutica. Possibilitando assim, uma busca mais direcionada mesmo não sendo encontrado trabalhos com semelhança maior, como títulos parecidos ou do mesmo setor de desenvolvimento.

Tabela 1 - Categorização Scopus do gráfico de áreas

Categorização	Número de artigo	Categorização	Número de artigo
Ciência ambiental	168	Química	9
Engenharia	93	Ciências da Decisão	4
Energia	84	Medicamento	3
Negócios, Gestão e Contabilidade	58	Multidisciplinar	3
Ciências Sociais	29	Bioquímica, Genética e Biologia Molecular	2
Ciências Agrárias e Biológicas	20	Matemática	2
Engenheiro químico	12	Física e Astronomia	2
Ciência de materiais	12	Ciências da Terra e Planetárias	1
Ciência da Computação	11	Imunologia e Microbiologia	1
Economia, Econometria e Finanças	10	Farmacologia, Toxicologia e Farmacêutica	1

Fonte: Adaptado Scopus, 2021.

Dentre os trabalhos encontrados se destaca o autor Finkbeiner, M. com 4 artigos; E os autores Del Borghi, A.; Dias, AC; Diederichs, SK; Eckelman, MJ; Gallo, M.; Gheewala, SH; Grant, T.; Ele, B; Humbert, S. King, H.; Lasvaux, S.; Niero, M.; Sonnemann, G.; Strazza, C.; Thoma, G.; Yung, WKC, com 3 artigos cada. Cada autor possui um pequeno número de publicações, o que demonstra o perfil em ascensão do tema.

3.6 Impactos ambientais no setor veterinário

Produto veterinário é toda substância destinada ao uso animal que possui função de prevenção, diagnóstico, cura e tratamento das doenças ou embelezamento do animal (MAPA 2021).

Tendo em vista que as ações humanas podem causar e desencadear impactos ambientais diretos, como por exemplo no aumento da temperatura global (IPCC, 2018), pode-se deduzir que a fabricação e uso de produtos, sejam eles para uso humano ou animal também possuem o seu potencial impactante. No trabalho de Jones e West (2019), eles avaliam os impactos ambientais do uso de anestésicos veterinários, por se tratarem de gases de efeito estufa os mesmos foram diretamente relacionados as mudanças climáticas e poluição do ar. Com o teor desse trabalho, nota-se a tendência de se relacionar o produto em estudo com seus principais aspectos e impactos ambientais.

De acordo o IPCC (2018), o aumento da temperatura global está relacionado diretamente ao aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. O que já é bastante consolidado, como é visto em protocolos como o de Kyoto assinado pelos países participantes desde de 1997 e que já buscava o controle da emissão desses gases. Entre os anestésicos veterinários mais comumente utilizados, está o óxido nitroso, que faz parte da lista de gases do efeito estufa. Sendo assim os autores Jones e West (2019), buscaram descrever métodos de mudanças para outros tipos de anestésicos ou a busca da sustentabilidade do seu uso.

A partir de suas pesquisas, algumas opções foram selecionadas, como o uso de xenônio, sendo ele coproduto da fabricação de oxigênio e o uso de menor fluxo de gás fresco, apesar dos riscos para o animal. Existe um controle em cada país sobre a emissão desses gases na atmosfera depois do seu uso, mas a maioria deles são simplesmente lançados pela câmara de armazenamento no momento da limpeza. O estudo e a pesquisa dos impactos e aspectos da atividade de anestesia veterinária, possibilita o tratamento de problemas de emissão, e sugere opções como a reutilização, inertização e captura por meio de sílicas especializadas (JONES; WEST, 2019).

Os anestésicos analisados foram óxido nitroso, desflurano, isoflurano e sevoflurano. O aspecto ambiental considerado pelos autores para pesquisa foi a emissão atmosférica, por se tratar de gases. O impacto ambiental selecionado para o estudo são as mudanças climáticas. Os autores a partir do levantamento de trabalhos e longas pesquisas sobre o assunto, descreveram várias alternativas mais sustentáveis, buscando sempre a minimização da emissão. Isso mostra o potencial da relação, impacto ambiental do produto veterinário e a busca por meio de estudos

e pesquisas de soluções e propostas de melhorias para o desempenho ambiental (JONES; WEST, 2019).

No estudo de Di et al., (2015), destaca-se a possibilidade de contaminação através do uso de produtos veterinários, citando como principais meios a aquicultura e a reutilização de esterco ou resíduo de animais. Diante dessa informação o estudo propõe a criação de um método de classificação de produtos para posterior comparação entre eles. Na Europa já existe um método de avaliação do risco ambiental de cada PV, caso ele não atenda um risco aceitável para o meio ambiente o mesmo não obtém liberação para venda.

O método criado pelos autores foi testado em 48 PVs de amplo uso na Itália e funciona como sistema de pontuação que considera águas superficiais e solo, ou seja avaliação no meio aquático e terrestre. Como conclusão os autores destacaram o potencial de contaminação de ativos como Neomicina; Estreptomicina e Oxitetraciclina na classe de antibióticos; E parasiticidas, destacam Ivermectina e Fenbendazol (DI et al., 2015). Todos esses ativos anteriormente citados são comumente encontrados em produtos veterinários brasileiros.

A ativo Ivermectina por exemplo, possui um documento orientativo no site do MAPA sobre o seu uso (MAPA, [s.d.]). O mesmo site disponibiliza um documento com orientações sobre o uso responsável de PVs. O documento pode ser dividido em orientações gerais, como não utilizar PVs com prazo de validade vencida, mantido em temperatura não ideal, rotulagem danificada ou ilegível, que não possuam registro no ministério, sem indicação médica veterinária e outros. A segunda parte trata especificamente do uso de vacinas, e por fim trás recomendações para o uso dos antiparasitários. Neste vale a pena ressaltar a classificação feita pelo MAPA no documento como PV de aplicação oral, injetáveis, aspersão, sprays e pour on (MAPA, 2008).

Enquanto o trabalho anterior estuda águas superficiais, aos quais na União Europeia já possui números fixos de concentração de contaminantes de PVs. O trabalho dos autores Kolar e Finizio (2017), busca uma avaliação de risco de águas subterrâneas diante dos produtos veterinários farmacêuticos (PVFs). O trabalho se volta para análise de ecossistemas, enfocando a vida aquática. Em sua discussão é citado o limite de Cipermetrina como contaminante, outro ativo também muito fácil de ser encontrado em PVs brasileiros.

O trabalho conclui que a análise de risco de contaminação de água subterrâneas por PVFs, deve ser parte obrigatória no lançamento do PV e demonstra que um valor fixo de concentração para todos os ativos, não é abrangente o suficiente se tratando dos possíveis ecossistemas atingidos (KOLAR; FINIZIO, 2017).

A análise de risco tem sido um dos principais meios que os cientistas tem encontrado para controle de contaminantes advindos dos PVFs. No trabalho de Slana e Dolenc (2013), o principal de meio de contaminação destacado, são os excrementos dos animais após passarem por algum tratamento com PVFs. Com isso, estudos de degradação de ativos são necessários, para assim prever um tratamento diferenciado para dejetos com possíveis concentrações de ativos.

Baseado nas análises realizadas, ativos mais hidrofóbicos são melhores metabolizados, o que não se mantém após excreção. Outro resultado foi a concentração de glicosídeos, quanto maior sua participação na composição do ativo, mais o mesmo se degrada no estrume (SLANA; DOLENC, 2013). Isso demonstra a complexidade de tais contaminantes, aos quais demandam análises que envolvem desde a metabolização do animal, até as características físico-químicas dos insumos farmacêuticos.

Diante da real ameaça de contaminação do solo, trabalhos como o de Montforts (2006), ganham a sua notoriedade. A pesquisa busca uma validação empírica de dados de contaminantes no solo analisado, em busca de resultados mais reais diante dos tratamentos e manejos já existente dos dejetos dos animais.

A partir dos trabalhos citados, vale ressaltar a variedades de PVs existentes, a variação de ativos e possíveis contaminantes farmacêuticos para o meio ambiente. Os impactos citados atingem as 3 esferas, solo, ar e água, seja ela subterrânea ou superficial. O método mais descrito e citado é a análise de risco, destacando nos trabalhos a União Europeia, como por exemplo na sua diretiva 2004/28/EC, que exige a análise de risco para qualquer novo PV (MONTFORTS, 2006).

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição geral de etapas da metodologia

O trabalho se resume em três etapas principais. Escolha do produto, descrição do seu ciclo de vida e desenvolvimento da ACV.

A ACV é desenvolvida sobre produtos ou serviços (NBR ISO 14040, 2009). Neste estudo foi selecionado um produto veterinário a partir de vários parâmetros previamente definidos. A partir disso foi descrito o CV do produto, e iniciado a avaliação do ciclo de vida.

As quatro etapas essenciais da ACV, objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação, foram desenvolvidas com base nas normas NBR ISO 14040 e 14044. A figura 6 traz uma descrição resumida das etapas da metodologia do estudo e a figura 7 descreve de forma mais detalhada como os resultados foram alcançados em cada etapa.

Figura 6 - Metodologia geral do estudo

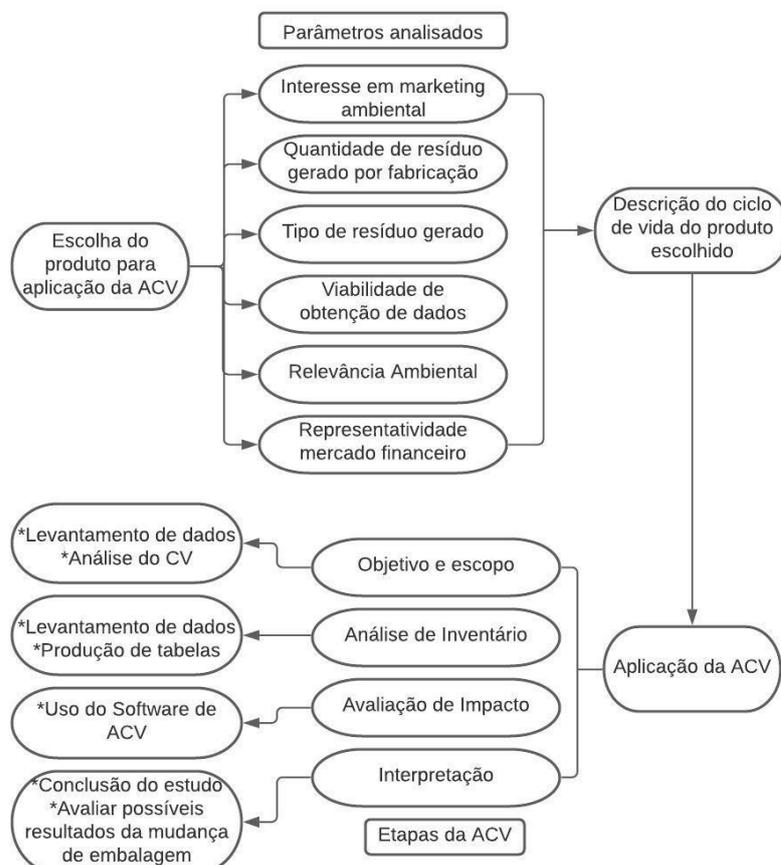
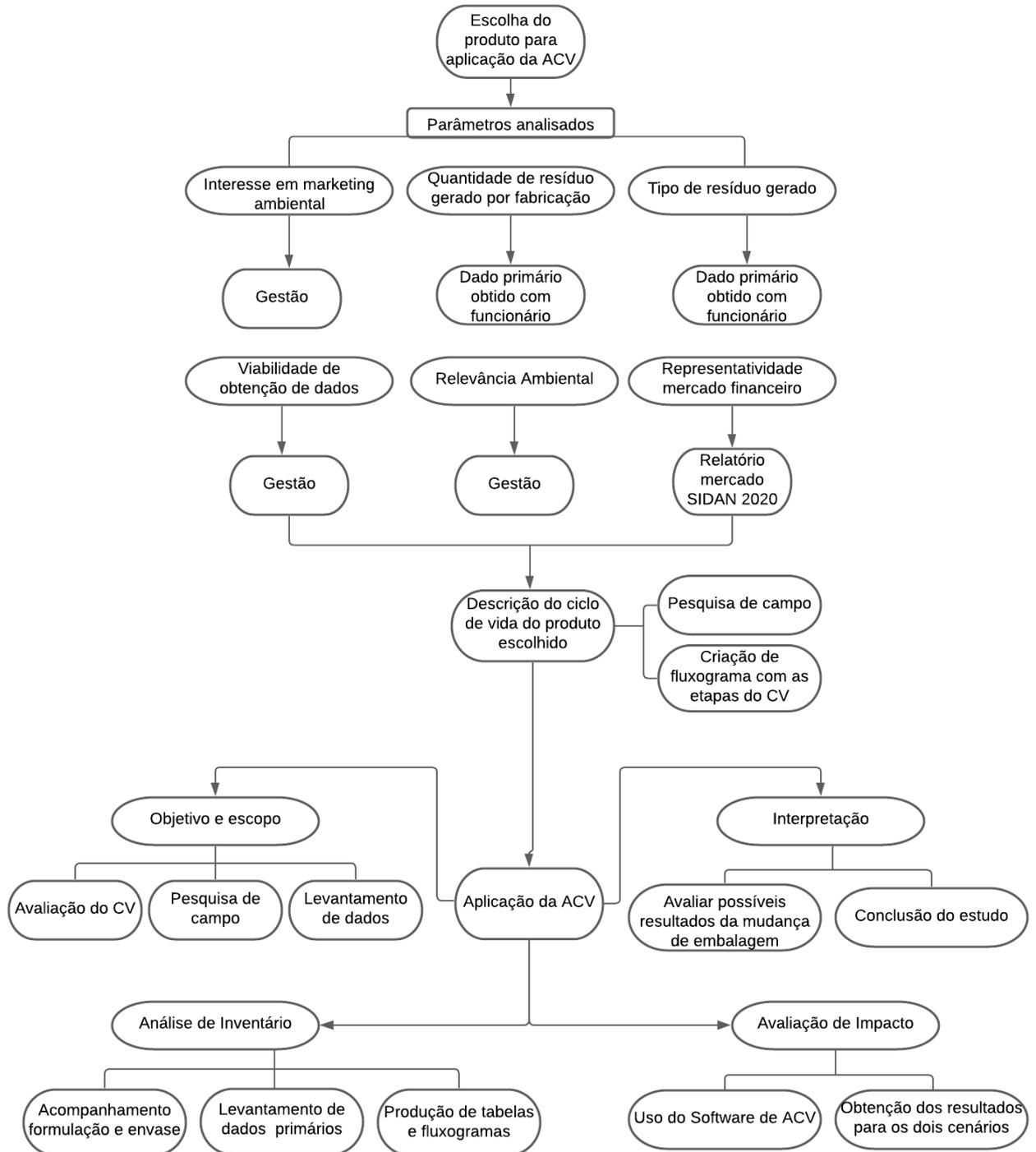


Figura 7 - Metodologia detalhada sobre o desenvolvimento do estudo



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Para a escolha do produto, foram definidas 6 questões para auxiliar na tomada de decisão. O interesse em marketing ambiental de cada produto foi pontuado junto a gestão da empresa. A quantidade de resíduo gerado por produção foi definida por dados primários obtidos com o funcionário responsável pelo setor. O mesmo foi feito para os tipos de resíduos gerados. A viabilidade de obtenção de dados e relevância

ambiental foram pontuados junto a gestão, e a representatividade no mercado financeiro foi pontuado perante consulta ao relatório anual do SIDAN, 2021.

Após a escolha do produto, segue-se para o estudo do processo produtivo do mesmo, através da descrição do seu CV. O ciclo de vida foi definido a partir de estudo de campo, e descrito através da criação de fluxogramas.

O objetivo e escopo da ACV, foi estruturado através de pesquisa de campo, levantamento de dados primários e ponderação do CV. A análise de inventário foi desenvolvida em três etapas; Acompanhamento dos dois processos primordiais do processo de fabricação do produto (formulação e envase); Levantamento de dados primários, como o uso de documento oficiais do processo produtivo; Produção das tabelas de coleta de dados e fluxogramas.

A avaliação de impacto foi descrita através do compilado de resultados obtidos através do software SimaPro. Foram obtidos resultados individuais para os dois cenários, embalagem atual versus embalagem proposta e informações sobre entradas e saídas do sistema. A interpretação e conclusão do estudo foi realizada a partir da análise dos resultados de AICV.

4.2 Escolha do produto

Inicialmente foi realizado um levantamento de todos os produtos fabricados no site da empresa. Após isto foram selecionados 7 produtos, cada um deles referente a uma classe veterinária. Entre as classes selecionadas estão: produto de uso em Pet's, produto de uso em animais de grande porte, produtos de aplicação direta, sprays, biológicos e outros.

A ACV auxilia na tomada de decisão, também pode ser usado para declarações de marketing ambiental e de forma geral tem o objetivo principal de busca de melhorias em processos para minimizar impactos ambientais, com princípios de responsabilidade socioambiental (WILLERS; RODRIGUES; SILVA, 2012) (PAES, 2018) (CAMPOLINA; SIGRIST; MORIS, 2015).

Os critérios avaliados para a escolha do produto foram: interesse de marketing, quantidade de resíduo gerado por produção, tipo de resíduo gerado, viabilidade de obtenção de dados, relevância ambiental, representatividade no mercado financeiro.

Os critérios foram analisados de forma qualitativa porém com resultados em forma de pontuação. Os dados primários foram obtidos através da comunicação com os funcionários responsáveis pelos setores envolvidos. A decisão final foi auxiliada pela gestão da empresa.

4.3 Objetivo e escopo da ACV

O estudo foi realizado na cidade de Araçoiaba da Serra -SP, em parceria com a Ipanema Indústria de Produtos Veterinários LTDA. A empresa atualmente se enquadra como indústria de médio porte e atua no setor farmacêutico veterinário com terceirização dos serviços produtivos. O produto é um antiparasitário externo do tipo “*Pour On*”, ou seja, fórmula pronta para aplicação. Ele é composto por quatro ativos e alguns excipientes, entre eles estão a Cipermetrina, Clorpirifós, Geraniol e Butóxido de Piperonila. O produto tem função repelente e combate a carrapatos, moscas, bernes, sarnas e piolhos. Ele é voltado para tratamento de bovinos e sua aplicação é feita no dorso do animal.

Todos os tópicos essenciais do objetivo e escopo segundo a NBR ISO 14040:2009, foram definidos por meio de estudo de campo, análise de informações primárias e avaliação de todo o processo produtivo do PV.

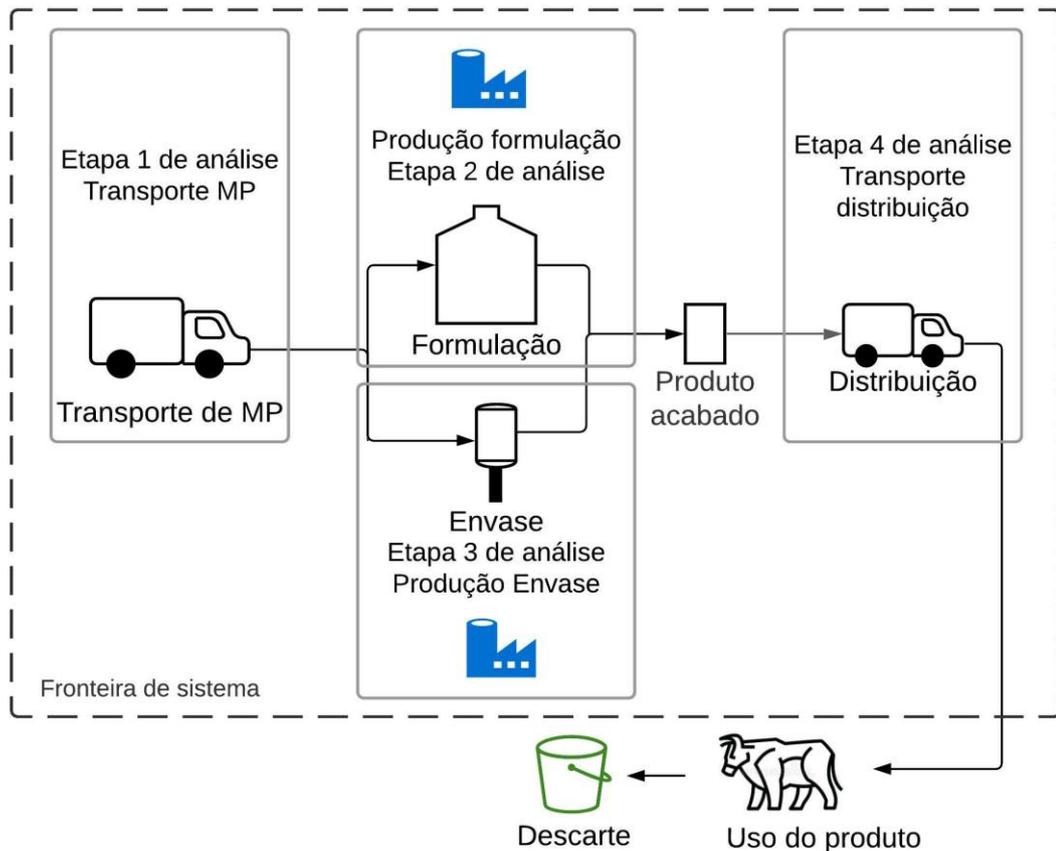
4.4 Inventário do ciclo de vida (ICV)

A partir das orientações da norma NBR ISO 14044 (2009), foram montadas tabelas de coletas de dados e houve um planejamento baseado no fluxo descrito na figura 8, os quais foram coletados de forma individual. Sendo assim, cada etapa obteve seus próprios resultados de entradas e saídas.

Todos os dados referentes as entradas e saídas do sistema, foram adquiridos com acompanhamento dos processos envolvidos no sistema do produto (figura 8) e levantamento de dados primários junto a empresa parceira. Os valores foram anotados e tabelados com o auxílio do Excel.

Para quantificação de energia utilizada no sistema foi realizado um levantamento de todos os equipamento/instrumentos do processo produtivo. Tendo em mãos a potência de cada um deles e o tempo de utilização, foi possível o cálculo de energia gasta.

Figura 8 - Sistema do produto, sua fronteira e etapas de coleta de dados do ICV



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Foram produzidos fluxogramas de todo o caminho percorrido pelo produto até a sua destinação final, com o auxílio do software Lucidchart. Isso inclui fluxogramas de processos, levantamento de informações sobre matérias-primas e embalagens, recursos naturais utilizados, insumos, energia e todas as entradas e saídas do CV, incluindo emissões e produção de resíduos ou coprodutos.

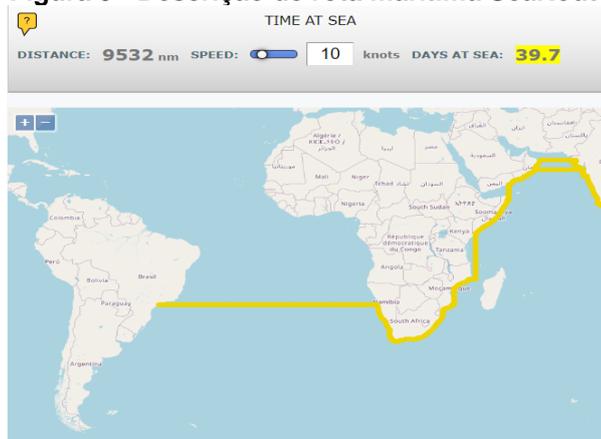
Funcionários envolvidos no processo também disponibilizaram dados primários do processo produtivo e documentos oficiais com informações adicionais. O acompanhamento das etapas principais da fabricação (formulação e envase) foram os principais responsáveis pela coleta de dados. Com isso foi possível uma definição mais precisa das entradas e saídas do sistema atual do produto. O que diferencia o cenário atual do cenário proposto é a etapa de envase.

As embalagens utilizadas pela empresa atualmente para a fabricação do PV foram pesadas individualmente e multiplicadas pelo número necessário para o envase de 1 lote. As massas das embalagens do cenário proposto foram obtidas por meio de

documentos enviados pelos fornecedores e também multiplicado pela quantidade necessária para 1 lote. Todos os cálculos foram feitos considerando as perdas de processo, acarretando dados mais realistas. Todas as perdas de fórmula foram consideradas iguais para os dois cenários possibilitando uma comparação mais justa para as embalagens. O material de embalagem perdido no lote em estudo serviu de base para cálculo de embalagens que poderiam vir a ser perdidas com a adoção da nova embalagem.

Com as tabelas de ICV em mãos, é necessário a modelagem para lançamento no software (Apêndice A); Por exemplo, o transporte é inserido utilizando a unidade de medida KgKm, ou seja a distância é multiplicada pela massa transportada. Transporte marítimo e aéreo foram calculados com o auxílio dos sites Ptdistance e SeaRoute (Figura 9), mais detalhes sobre a modelagem de todas as entradas e saídas são descritos no apêndice A.

Figura 9 - Descrição de rota marítima SeaRoute



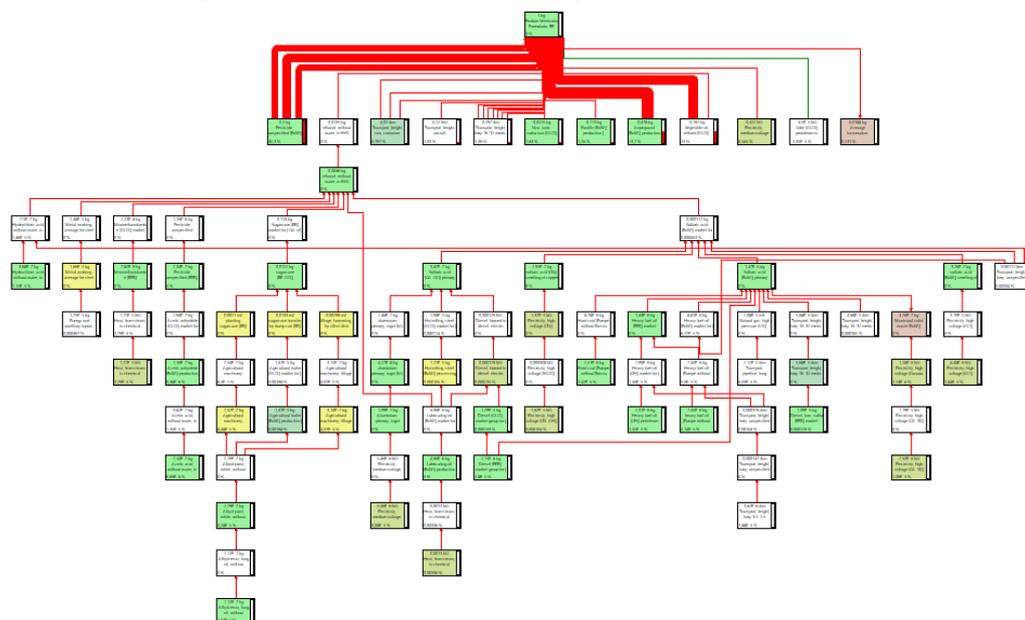
Fonte: SeaRoute, 2021.

4.5 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)

A etapa de avaliação de impacto foi realizada com o auxílio do software SimaPro Faculty, licença fornecida para o uso de pesquisas na universidade. Para a inserção dos dados do inventário foi utilizada a base de dados Ecoinvent 3 – allocation, system e unit; Cutt-of e APOS. O cálculo dos impactos foi realizado utilizando o método de AICV Recipe 2016 Midpoint (H) V 1.05/ World (2010) H, que possui fatores de caracterização globais.

A avaliação será feita analisando a etapa de formulação individualmente e o comparativo entre os cenários. Para melhor discussão a contribuição individual (figura 10) de cada entrada ou saída foi analisada.

Figura 10 - Análise de contribuição individual tipo rede



Fonte: SimaPro, 2022.

De acordo o manual de métodos do SimaPro (2021), existem dois métodos de avaliação de impacto que são de abrangência global, Recipe 2016 e IMPACT World+. Os autores Azevedo, L. D.; Geraldi, M. S. e Ghisi (2020), compararam os dois métodos utilizando o mesmo inventário de dados, eles obtiveram resultados muito parecidos para ambos os métodos.

4.6 Interpretação da ACV

A interpretação é a conclusão adquirida a partir dos resultados da AICV. Primeiramente baseou-se no resultado comparativo entre os dois cenários em questões percentuais, ou seja, o cenário que obtivesse maior valor absoluto em questão de impacto se torna o 100% e o outro cenário é comparado relativamente a essa valor. Assim é possível concluir qual cenário é menos impactante e quanto em percentual isso significa.

Após isso os cenário são avaliados comparativamente em valores absolutos, considerando cada impacto a sua própria unidade de medida. Cada impacto ambiental

do método de AICV aplicado foi avaliado considerando o que o mesmo realmente significa, e para melhor discussão de resultados cinco categoria de impactos foram selecionados levando em consideração o objetivo e escopo da ACV. A partir disso, a interpretação é encerrada com a conclusão sobre o estudo, indicando quais são os pontos críticos do sistema atual e qual o melhor cenário.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Escolha do produto

Após reunião com a gestão da empresa parceira, e com o levantamento de dados primários com os funcionários responsáveis por alguns setores envolvidos, foram determinadas algumas conclusões (tabela 2).

Pouco resíduo é gerado na fabricação de todos os produtos disponíveis para o estudo. A periculosidade desses resíduos é considerada média, porém o funcionário entrevistado destaca que a maioria dos resíduos produzidos são perigosos (Classe I).

A viabilidade de obtenção de dados é grande e igual para todos os PDs, pois os mesmos são de propriedade da empresa parceira. Assim como a relevância ambiental, que obteve resultados iguais. Sendo assim, um dos parâmetros decisórios foi o interesse de marketing, o qual se apresentou pequeno para os produtos A,B,C, D, F e G, e grande interesse para o produto E, o qual se tornou o escolhido para o estudo.

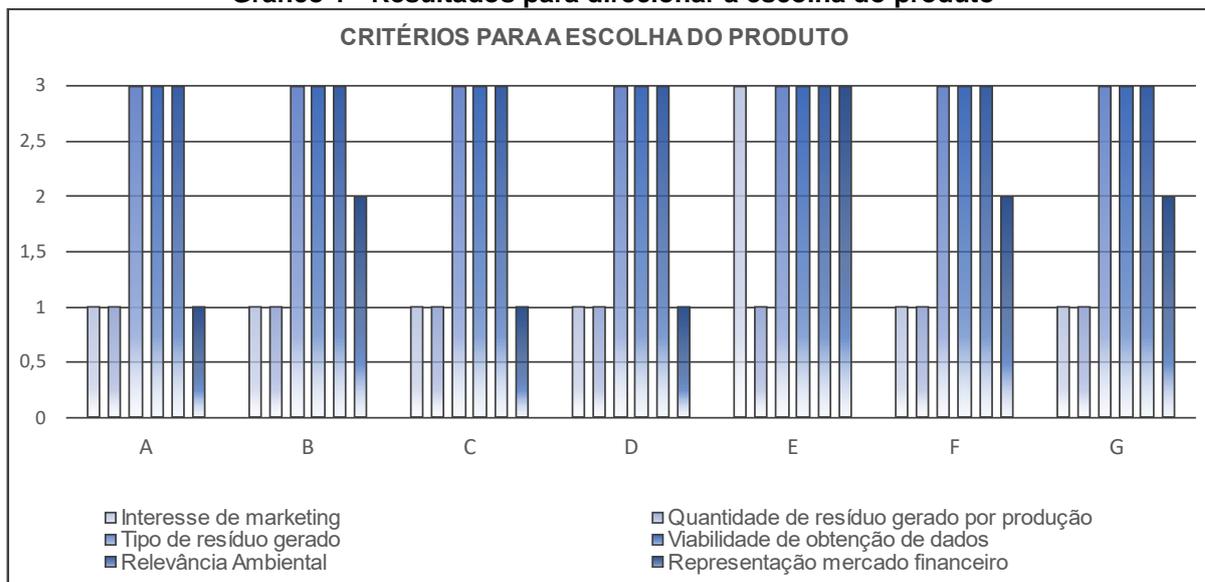
Outro fator que influenciou na escolha do produto E (gráfico 1) foi a sua representatividade no mercado financeiro. De acordo o SIDAN, os antiparasitários possuem porcentagem de 51% em vendas no ano de 2020, além disso, a classe dos ruminantes representa 27% nas vendas dos produtos veterinários (SIDAN, 2021).

Tabela 2 - Resultados dos critérios para escolha do produto

Produto	Interesse de marketing	Quantidade de resíduo gerado por produção	Tipo de resíduo gerado	Viabilidade de obtenção de dados	Relevância Ambiental	Representação mercado financeiro
A	1	1	3	3	3	1
B	1	1	3	3	3	2
C	1	1	3	3	3	1
D	1	1	3	3	3	1
E	3	1	3	3	3	3
F	1	1	3	3	3	2
G	1	1	3	3	3	2

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Gráfico 1 - Resultados para direcionar a escolha do produto



Fonte: Elaboração própria, 2020.

5.2 Ciclo de vida do produto (CV)

O produto possui em sua formulação, 8 matérias-primas, onde cada uma desempenha funções variadas (Figura 11). Entre elas estão: ativos, emulsionantes, estabilizantes, veículo e outros. Cada uma das MP, tem seu potencial individual de toxicidade e demais categorias de impactos decorrentes do seu uso.

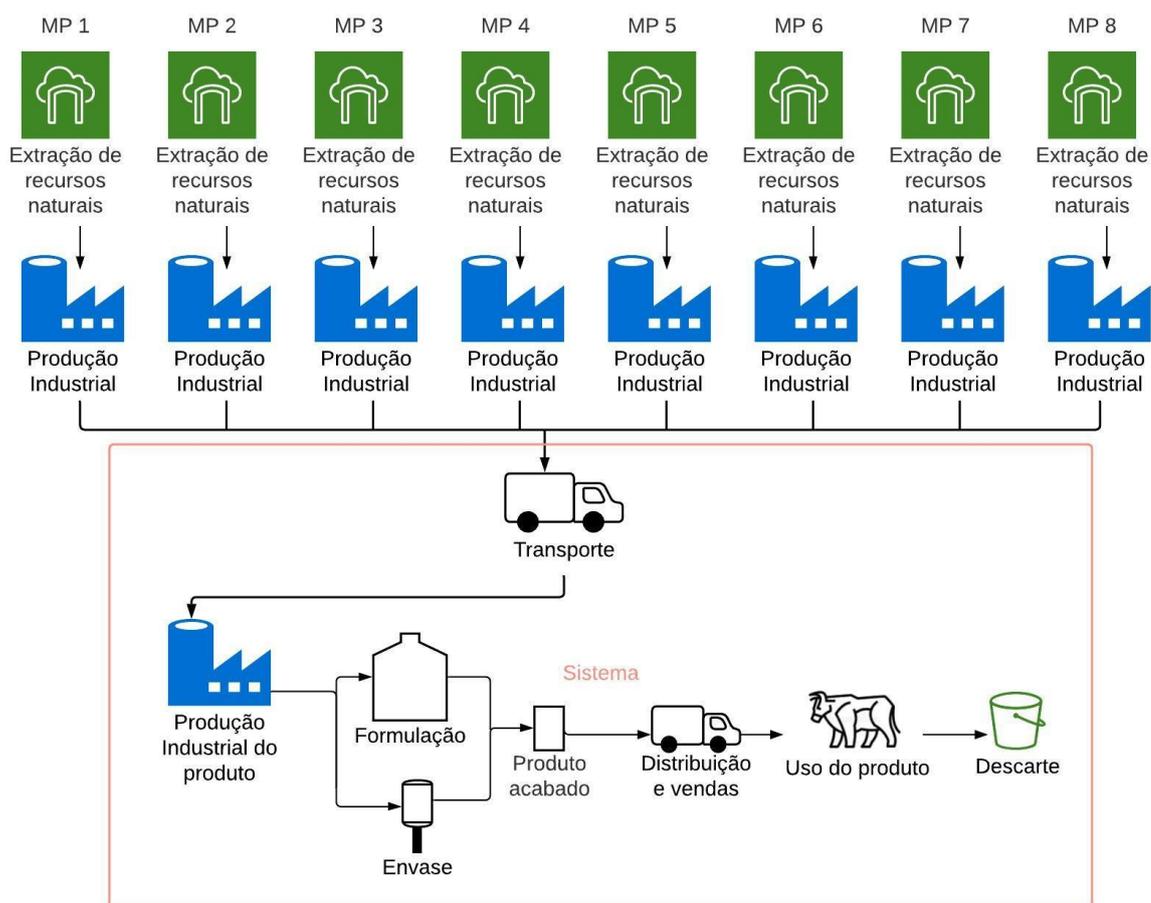
A gestão ambiental existente na empresa hoje se baseia no atendimento a legislação referente aos produtos veterinários e legislação geral, como a destinação de resíduos.

O principal instrumento de gestão ambiental utilizado pela empresa parceira é o uso de procedimentos operacionais padrões, os chamados POPs. Neles estão descritos como deve ser feito e tratado qualquer tipo de situação referente ao âmbito ambiental. Um dos POPs que vale destacar é o de destinação de resíduos, o qual é realizada primeiramente a classificação do resíduo em classe I, classe IIA ou classe IIB, para então definir se o mesmo vai para reciclagem, incineração ou coprocessamento.

Além dos POPs a empresa é aberta a projetos ambientais, como esse estudo em questão. Outro exemplo já aplicado na empresa possibilitou a destinação de alguns tipos de resíduos para o coprocessamento, resíduos que anteriormente eram somente incinerados. O projeto evidenciou que além do reaproveitamento pelas empresas de coprocessamento da energia obtida com a queima desses resíduos,

financeiramente a empresa economiza em reais cerca de 88,6% por tonelada de resíduo enviado para coprocessamento. O projeto foi iniciado pelo atual funcionário responsável por resíduos na empresa.

Figura 11 - Ciclo de vida do produto veterinário com delimitação geral do sistema

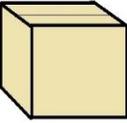
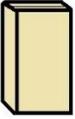


Fonte: Elaboração própria, 2021.

5.3 Proposta de nova embalagem

Ao analisar o CV do produto, percebeu-se a quantidade demasiadamente grande de itens de composição da embalagem final do produto (Tabela 3). O que se mostrou bastante comum em outros produtos veterinários e também em produtos de concorrentes. É possível notar que algumas embalagens se tornam resíduo perigoso após serem utilizadas.

Tabela 3 - Itens componentes da embalagem atual do produto

Nome	Embalagem	Tipo de material	Classificação após produto fabricado	Quantidade por produto	Reciclável	Ilustração
EM1	Frasco dosador	Plástico	Classe I- perigoso Primária	1	Após tratamento	
EM2	Tampa	Plástico	Classe I- perigoso Primária	2	Após tratamento	
EM3	Caixa de embarque	Papelão	Classe IIA não perigoso não-inerte Secundária	-	Sim	
EM4	Cartucho	Papel Cartão	Classe IIA não perigoso não-inerte Secundária	1	Sim	
EM5	Fita adesiva	Plástico	Classe IIB não perigoso inerte Secundária	-	Não	
EM6	Rótulo	Plástico	Classe IIB não perigoso inerte Adicional	1	Não	
EM7	Contra rótulo	Plástico	Classe IIB não perigoso inerte Adicional	1	Não	
EM8	Luvas	Plástico	Classe IIB não perigoso inerte Adicional	1	Sim	
Total	-	-	-	7 ITENS	-	-

Fonte: Elaboração própria, 2020.

Nota: Imagens meramente ilustrativas.

Ao avaliar essas questões, buscou-se uma embalagem que permitiria o reabastecimento, assim o cliente usaria o produto e poderia reabastecer a sua

embalagem em vez de consumir uma totalmente nova. Avaliando a disponibilidade dos fornecedores desse tipo de embalagem, uma delas foi selecionada (Figura 12). Ela é composta por uma fina camada externa de EVOH, o que garante suas propriedades de resistência e uma camada interna de polietileno linear de baixa densidade, ao qual já possui histórico de inatividade com produtos veterinários. A embalagem possui capacidade de 5 litros. Enquanto a embalagem atual possui volume de 1 litro por unidade. A nova embalagem consiste em um Bag plástico, um dosador, e uma caixa box (Tabela 4).

Figura 12 - Nova embalagem no momento do envase teste



Fonte: Acervo pessoal, 2020.

Tabela 4 - Itens componentes da nova embalagem proposta para o produto

Nome	Embalagem	Tipo de material	Quantidade por produto
EM1NV	Bag 5L	LLDPE/EVOH	1
EM2NV	Dosador	LDPE	1
EM3NV	Box	Papelão	1
EM3	Caixa de embarque	Papelão	-
EM5	Fita adesiva	Plástico	-
Total	-	-	3 ITENS

Fonte: Elaboração própria, 2021.

A partir disso, são previstos dois cenários para a realização da ACV: (cenário atual) embalagem atual, que consiste em 7 itens individuais e 2 coletivos (caixa de embarque e fita adesiva); E (cenário proposto) nova embalagem proposta, composta por 3 itens individuais e 2 coletivos (caixa de embarque e fita adesiva).

A proposta inicial consiste na fabricação do produto nas duas embalagens, porém com a possibilidade de reabastecer a embalagem atual com o uso da embalagem proposta. Isso faz com que o cliente tenha a possibilidade de reutilizar a primeira embalagem que comprou, evitando por exemplo o seu descarte incorreto.

A ACV deste estudo não considerou as questões de reabastecimento, e sim a comparação direta de uma embalagem versus a outra. O material polimérico foi mantido pois o produto já possui histórico de inércia química nesse tipo de embalagem. Por se tratar de um antiparasitário, o contato direto com materiais como o vidro, poderia possibilitar extraíveis e lixiviáveis o que interferiria diretamente na qualidade do produto.

5.4 Objetivo do ACV segundo a norma NBR ISO 14.040:2009

O estudo tem por aplicação o desenvolvimento de uma ACV de um antiparasitário para uso em bovinos. Nessa avaliação foi abordada a trajetória desde a entrada de matérias-primas até o transporte e distribuição do PA. O estudo foi realizado com o intuito de propor medidas de melhoria ambiental.

Os responsáveis de pesquisa e desenvolvimento, gerente do controle de qualidade, diretores responsáveis pelos dois setores e o proprietário da empresa, serão comunicados dos resultados do estudo.

Os resultados do ACV poderão ser publicados em periódicos ou outros meios de divulgação científica. Caso a empresa demonstre interesse, também poderá ser utilizado para rotulagem ambiental, desde que as medidas necessárias para isso sejam cumpridas.

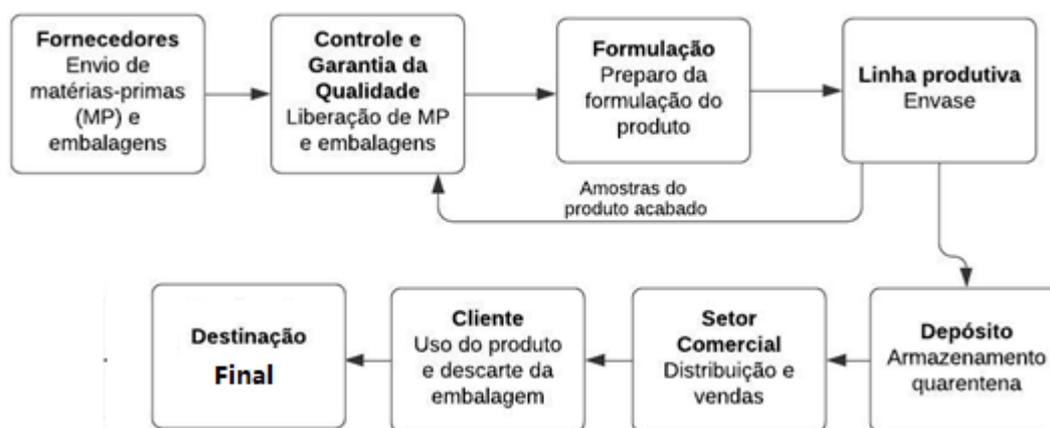
Fonte: Elaboração própria, 2020.

Com o PD já formulado, ele segue para a linha produtiva de envase, o qual vai fornecer tanto amostras de PA para o controle de qualidade como para câmara de estabilidade, caso ocorra qualquer tipo de mudança no processo. O restante do lote de produto fabricado vai para armazenamento até liberação para faturamento e vendas.

Após ser distribuído para as lojas de PVs, o cliente compra e usa o produto. Considerando que atualmente não existe a obrigatoriedade da logística reversa para PVs, a destinação da embalagem vazia pode variar muito. Questões como a não realização da coleta comum em algumas zonas rurais podem influenciar no descarte incorreto dessa embalagens. No trabalho de Lima e Angnes (2020), é destacado a falta de orientação para os clientes da destinação final correta. Também cita destinos como queima, descarte em fossas e coleta comum. A busca por alternativas que auxiliem na logística reversa dessas embalagens é o principal objetivo do trabalho desses autores.

A partir do fluxograma anterior, é possível a montagem de um novo fluxograma menos complexo (Figura 14) somente com as etapas principais que não envolvem mudanças no processo nem parte burocrática.

Figura 14 – Fluxograma simplificado do sistema de funcionamento industrial



Fonte: Elaboração própria, 2020.

5.5.2 Função do sistema

O sistema produz um ectoparasiticida externo, este produto tem por função o controle e tratamento de infestações causadas por ectoparasitas de bovinos. Sendo

eles principalmente berne, moscas, carrapatos, ácaros e piolhos. O produto também possui função de repelente.

5.5.3 Unidade funcional

Por se tratar de embalagens com volumes variados, embalagem atual (1 litro) e embalagem proposta (5 litros), a unidade funcional será baseada em kg de PA formulado, ou seja 4460 Kg. Sendo assim, todas as entradas e saídas no ICV são referentes a 1 lote de produto fabricado.

5.5.4 Fronteira do sistema e limitações

Como fronteira de sistema, foi abordado desde o transporte das matérias-primas para o site empresarial até a distribuição do PA. A produção das MP, não será abordada, já que boa parte delas tem como origem outros países e outras empresas, que por direito de confidencialidade, dificultaria a análise de impactos causados pela produção de cada uma.

Assim o primeiro processo de análise do ciclo de vida foi em relação ao transporte dessas MP, embalagens e demais insumos. O último processo analisado foi a distribuição do PA para posterior venda. Todas as informações foram definidas através do contato com a empresa produtora.

Os impactos do uso do PD não foram considerados na análise da ACV, por se tratar de algo realizado fora da empresa e depender de variáveis múltiplas, como o cliente, tamanho do rebanho, quantidade de uso por aplicação e muitos outros.

5.5.5 Procedimentos de alocação

Não foi abordado e detalhado a necessidade de alocações.

5.5.6 Metodologia da Avaliação de impacto, tipos e interpretação

Na avaliação de impacto da ACV, é comum o uso de softwares. Atualmente existem vários softwares de ACV, entre eles estão o OpenLCA que possui acesso livre; O SimaPro, que é considerado o software mais utilizado na comunidade

científica, possuindo usuários em mais de 80 países; Umberto, um software de origem Alemã bastante conceituado, entre outros (ACVBRASIL, 2021).

Pelo número ameno de trabalhos de ACV de produtos veterinários, o software utilizado no trabalho é o SimaPro, por ser o mais utilizado no meio científico, demonstrando assim a confiabilidade e também versatilidade do mesmo.

Ao utilizar o software, é necessário o uso de um método de análise de impacto, seguindo o mesmo pensamento da escolha do software, o método Recipe 2016 foi aplicado no estudo (ACVBRASIL, 2021).

Para a inserção dos dados primários, é necessário o uso de um banco de dados, o Ecoinvent possui vários dados de processos de produtos com sua ampla biblioteca de cargas ambientais (ECOINVENT, 2021). Ele também possui relação de dados com a matriz energética brasileira e considera vários aspectos ambientais (DUTRA, 2018). Atualmente uma das bases de dados mais utilizadas e aceitas como referência.

5.5.7 Requisitos de dados

Todos os dados sobre o PD foram obtidos em comunicação direta com a empresa produtora, portanto a maioria dos dados obtidos são primários, com alguns dados sendo aproximados e outros estimados. Os fluxos elementares serão incluídos a partir do uso do banco de dados.

5.5.8 Requisitos de qualidade dos dados

Com relação a incertezas das informações, o envase e formulação foram acompanhados uma única vez, os valores obtidos de perdas de processo podem apresentar pequenas variações de dia para dia de produção.

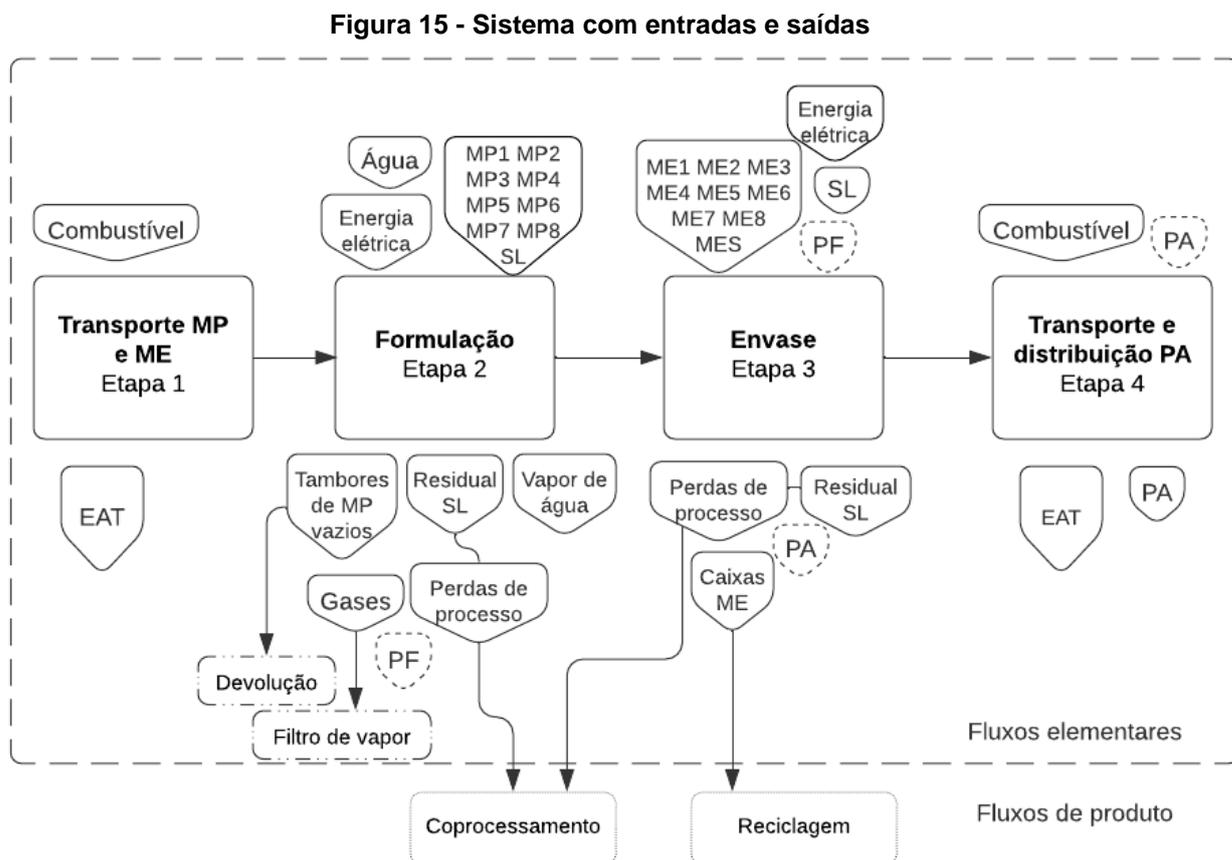
O tempo coberto pelo estudo foi no período de aproximadamente dois anos, envolvendo todas as etapas, desde a escolha do produto até a finalização da ACV. Por ser um *site* de fábrica, a área geográfica coberta é bastante limitada ao perímetro industrial.

5.5.9 Tipo e formato de relatório requerido para o estudo

O relatório do estudo seguiu os requisitos básicos da NBR ISO 14040:2009.

5.6 Inventário da ACV cenário atual

Entre as entradas estão (Figura 15): água, energia elétrica, combustível, matérias-primas, solvente de limpeza, e material de embalagem. Entre as saídas estão: emissões atmosféricas, vapor de água, embalagens secundárias das embalagens, solvente de limpeza residual mais as perdas de processo e embalagens usadas das matérias-primas.



Nota: PF-Produto formulado; PA-Produto acabado; SL-Solvente de limpeza; EAT-Emissões atmosféricas.

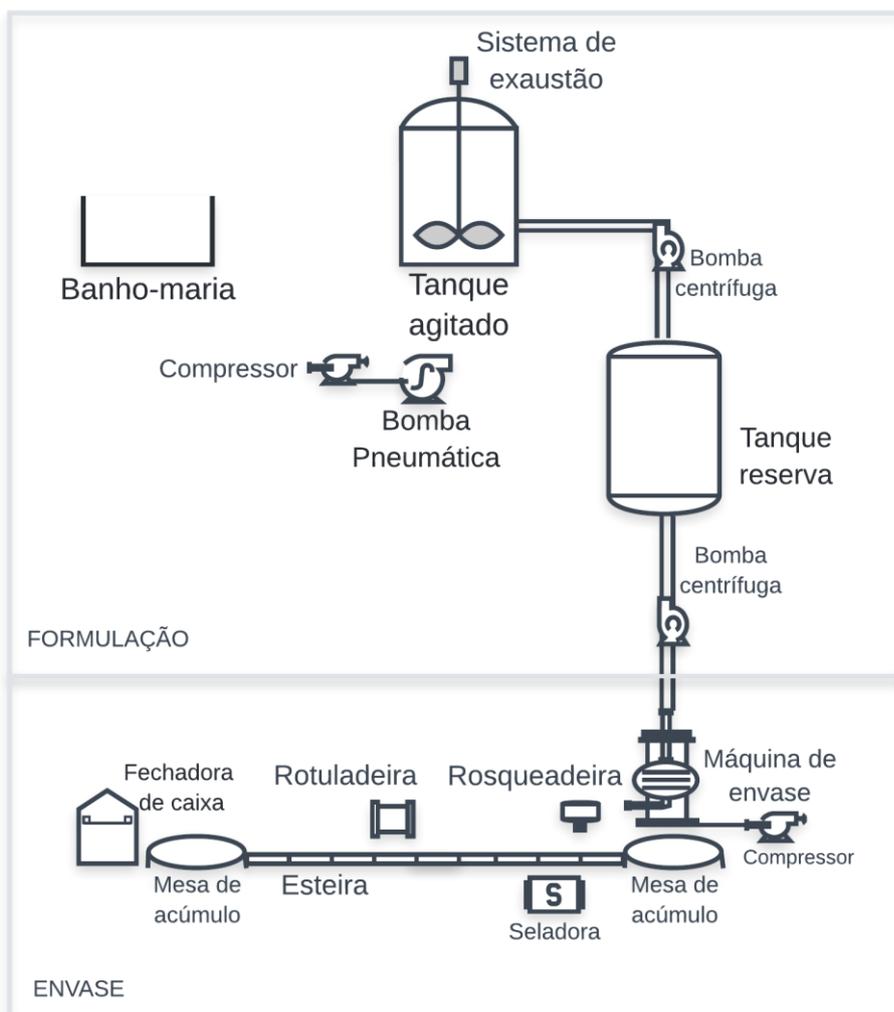
Fonte: Elaboração própria, 2021.

Vale destacar a separação dos fluxos elementares descritos anteriormente, e os fluxos de produtos, que neste sistema são o coprocessamento e a reciclagem.

Diante das etapas produtivas (Figura 16) e levantamento dos equipamentos e instrumentos foi quantificado a quantidade de energia gasta na fabricação (Tabela 5).

Com a mudança de embalagem, parte do sistema produtivo e seus equipamentos serão modificados. Os equipamentos seladora, rosqueadeira e rotuladeira não serão mais necessários e a máquina de envase será substituída para um equipamento próprio para o tipo de embalagem proposta (EM1NV e EM2NV). Sendo assim a quantidade de energia utilizada em ambos os sistemas (atual e novo) serão diferentes, porém foi quantificada da mesma maneira, através da quantidade de horas de uso e potência.

Figura 16 - Ilustração do processo produtivo atual



Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 5 - Cálculos de energia utilizada no processo produtivo atual

Equipamento /Instrumento	Etapa referência	Potência (KW)	Tempo de uso no processo (h)	Energia consumida (KWh)
--------------------------	------------------	---------------	------------------------------	-------------------------

Tanque Agitado	Etapa 2 - Formulação	8,2	2,5	20,5
Bomba Centrífuga	Etapa 2 - Formulação	1,5	10	15
Compressor de ar comprimido	Etapa 2 - Formulação	73,5	1,5	110,25
	Etapa 3 - Envase	73,5	9	661,5
Sistema de Exaustão	Etapa 2 - Formulação	5,5	2,5	13,8
Esteira	Etapa 3 - Envase	0,37	8,75	3,2
Rosqueadeira	Etapa 3 - Envase	0,37	8,75	3,2
Seladora de Indução	Etapa 3 - Envase	2	8,75	17,5
Mesa de acumulo 1	Etapa 3 - Envase	0,28	9	2,52
Mesa de acumulo 2	Etapa 3 - Envase	0,28	9	2,52
Rotuladeira	Etapa 3 - Envase	0,18	8,75	1,6
Balança	Etapa 3 - Envase	NA	-	-
Fechadora de caixa	Etapa 3 - Envase	0,15	8,75	1,3
Banho-maria	Etapa 3 - Envase	30	12	360
Bomba Pneumático	Etapa 2 - Formulação	NA	1,5	-
Máquina de Envase	Etapa 3 - Envase	NA	9	-
Total formulação	Etapa 2 - Formulação	NA	NA	519,5
Total Envase	Etapa 3 - Envase	NA	NA	693,4

Nota: NA - Não aplicável;

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Com a definição das entradas e saídas do sistema, os dados foram tabelados (Tabelas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13). Todas as informações foram quantificadas para possibilitar o posterior lançamento dos dados no software de AICV.

Tabela 6 - Tabela de ICV - Etapa 1 – Transporte de MP até o site da empresa

MP	Origem	Distância de transporte até o site da empresa (Km)	Tipo de transporte
MP1	Exterior	-	Marítima/terrestre
MP2	Exterior	-	Marítima/terrestre
MP3	Exterior	-	Marítima/terrestre
MP4	Exterior	-	Aéreo/terrestre
MP5	Brasil	123	Caminhão
MP6	Brasil	123*	Caminhão
MP7	Brasil	92	Caminhão
MP8	Brasil	123*	Caminhão
Álcool de limpeza	Brasil	92*	Caminhão

Nota: *Utilizado o mesmo transporte para ambas matérias-primas.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 7 - Tabela do ICV - Etapa 1 – Transporte de ME até o site da empresa

Etapa 1 – Transporte MP e ME			
Embalagens	Distância de transporte até o site da empresa (Km)	Tipo de combustível	Tipo de transporte
EM1	139	Diesel	Caminhão
EM2	139*	Diesel	Caminhão
EM3	186	Diesel	Caminhão
EM4	112	Diesel	Caminhão
EM5	20	Diesel	Utilitário
EM6	112*	Diesel	Utilitário
EM7	112*	Diesel	Utilitário
EM8	112*	Diesel	Utilitário

Nota: *Utilizado o mesmo transporte para ambas embalagens

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 8 - Tabela do ICV - Etapa 2 – Produção Formulação

Etapa 2 - Formulação								
Entradas	Tipo de material	Quantidade	Unidade	Saídas	Unidade	Tipo de material	Quantidade	Destino da saída
MP1	Líquido químico	SF	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	2	Recuperação
MP2	Líquido químico	SF	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	2	Recuperação
MP3	Líquido químico	SF	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	2	Recuperação
MP4	Líquido químico	100,0	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	1	Recuperação
MP5	Líquido químico	100,0	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Plástico	1	Recuperação
MP6	Líquido químico	500,0	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	3	Recuperação
MP7	Líquido químico	2121,7	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	11	Recuperação
MP8	Líquido químico	750,0	Kg	Embalagem da MP	Tambor	Aço	4	Recuperação
Energia Elétrica	Combustível	519,5	KW	Produto formulado	Kg	Líquido químico	4436,79	Segue no processo
Água dos banhos	Recurso natural	5000,0	Kg	Vapor de água	Kg	Gás	6,0	Emissão atmosférica
Álcool de limpeza	Líquido químico	60,0	Kg	Álcool de limpeza	Kg	Líquido químico	60,0	Coprocessamento
-	-	-	-	Perdas de MP e outras perdas	kg	Líquido químico	35,9 23,21	Coprocessamento

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Nota: SF – Segredo de fórmula.

Tabela 9 - Tabela do ICV - Etapa 2 - Transporte de resíduos da formulação

Etapa 2 – Formulação

Material pronto para destinação final	Distância até o destinação final (Km)	Tipo de combustível	Tipo de transporte
Tambor MP1	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP2	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP3	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP4	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP5	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP6	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP7	131	Diesel	Caminhão
Tambor MP8	131	Diesel	Caminhão
Álcool de limpeza	131	Diesel	Caminhão
Filtros de vapor	131	Diesel	Caminhão
Perdas do processo	131	Diesel	Caminhão

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 10 - Tabela do ICV - Etapa 3 – Envase

Etapa 3 – Envase								
Entradas	Quantidade (Unitário)	Tipo de material	Resultado de entrada	Saídas	Quantidade (Unitário)	Tipo de material	Resultado de saída	Destino da saída
EM1 Frasco dosa.	4674	Plástico	383,27 kg	Caixa Saco	157 157	Papelão Plástico	110,5 kg 11,6 kg	Reciclagem
EM2 Tampas	9348	Plástico	37,39 kg	Caixa Saco	1 1	Papelão Plástico	0,1 kg 0,07 kg	Reciclagem
EM3 Caixa de emb.	779	Papelão	180,0 kg	Fita	52	Plástico	3,6 kg	Reciclagem
EM4 Cartucho	4674	Papel cartão	377,66 kg	Caixa	63	Papelão	31,5 kg	Reciclagem
EM5 Fita adesiva	20	Plástico adesivo	0,5 kg	Caixa	1	Papelão	0,2 kg	Reciclagem
EM6 Rótulo	4674	Plástico adesivo	3,46 kg	Saco Papel	1 1	Filme plástico Papel manteiga	0,04 kg 0,5 kg	Reciclagem
EM7 Contra rótulo	4674	Plástico adesivo	3,46 kg	Saco Papel	1 1	Filme plástico Papel manteiga	0,04 kg 0,5 kg	Reciclagem
EM8 Luvas	4674	Plástico	2,3 kg	Caixa	1	Papelão	0,4 kg	Reciclagem
Produto formulado	4436,79	Líquido químico	4436,79 kg	Produto Embalado	5000	Todas as EM e produto	5268,93 kg	Fim do processo
Energia Elétrica	1	Combustível	693,4 KW	Perdas de processo	171	Líquido químico	155,9 kg	Incineração
Solvente de limpeza	60	Líquido químico	60 kg	Solvente de limpeza	60	Líquido químico	60 kg	Coprocessamento

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 11 - Tabela do ICV - Etapa 3 - Transporte para destinação final dos resíduos do envase

Etapa 3 - Envase

Material pronto para destinação final	Referência	Distância até o destinação final (Km)	Tipo de combustível	Tipo de transporte
Papelão Plástico	EM1	53	Diesel	Caminhão
Papelão Plástico	EM2	53	Diesel	Caminhão
Plástico	EM3	53	Diesel	Caminhão
Papelão	EM4	53	Diesel	Caminhão
Papelão	EM5	53	Diesel	Caminhão
Filme plástico Papéis manteiga	EM6	53	Diesel	Caminhão
Filme plástico Papéis manteiga	EM7	53	Diesel	Caminhão
Papelão	EM8	53	Diesel	Caminhão
Perdas de processo	Envase	131	Diesel	Caminhão
Álcool de limpeza	Envase	131	Diesel	Caminhão

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 12- Tabela do ICV - Etapa 3 - Perda de ME

Etapa 3 - Envase				
Referência	Quantidade perdida (Unitário)	Material	Destino da saída	Resultado de saída (Kg)
EM1	101	Plástico	Incineração	8,3 Kg
EM2	574	Plástico	Incineração	2,3 Kg
EM4	31	Papel cartão	Incineração	2,5 Kg
EM6	37	Plástico adesivo	Incineração	0,03 Kg
EM7	146	Plástico adesivo	Incineração	0,1 Kg

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 13 - Tabela do ICV - Etapa 4 – Transporte Distribuição

Etapa 4 – Transporte e distribuição			
Principais destinos do PA	Distância de transporte (Km)	Tipo de transporte	Tipo de combustível
1	680	Caminhão	Diesel
2	980	Caminhão	Diesel
3	190	Caminhão	Diesel

Fonte: Elaboração própria, 2021.

5.7 Inventário da ACV cenário proposto (Nova embalagem)

Considerando que o volume de produto fabricado por lote se mantenha o mesmo (5000L), as tabelas de entradas e saídas 6, 8, 9 e 13 são iguais para ambos os cenários, isso porque são referentes a etapa formulação. A partir disso novas tabelas referentes as embalagens são criadas (Tabela 14, 15, 16, 17 e 18).

Tabela 14 - Tabela do ICV - Etapa 3 - Transporte de material de embalagem até a empresa

Etapa 1 – Transporte de ME			
Embalagens	Distância de transporte até o site da empresa (Km)	Tipo de combustível	Tipo de transporte
EM1NV	112	Diesel	Caminhão
EM2NV	112*	Diesel	Caminhão
EM3NV	122	Diesel	Caminhão
EM3	186	Diesel	Caminhão
EM5	20	Diesel	Utilitário

Nota: *Utilizado o mesmo transporte para ambas embalagens.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 15 - Tabela do ICV - Etapa 3 - Transporte de resíduos do envase

Etapa 3 - Envase				
Material pronto para destinação final	Referência	Distância até o destinação final (Km)	Tipo de combustível	Tipo de transporte
Papelão	EM1NV	53*	Diesel	Caminhão
Plástico	EM2NV	53*	Diesel	Caminhão
Plástico	EM3NV	53	Diesel	Caminhão
Plástico	EM3	53*	Diesel	Caminhão
Papelão	EM5	53*	Diesel	Caminhão
Perdas de processo	Envase	131*	Diesel	Caminhão
Álcool de limpeza	Envase	131	Diesel	Caminhão

Nota: *Utilizado o mesmo transporte para ambas embalagens.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 16 - Tabela do ICV - Etapa 3 - Perda de ME

Etapa 3 - Envase				
Referência	Quantidade perdida (Unitário)	Material	Destino da saída	Resultado de saída (Kg)
EM1NV	20*	Plástico	Incineração	1,2
EM2NV	57*	Plástico	Incineração	1,03
EM3NV	6*	Papelão	Incineração	1,5

Nota: *Valor estimado em porcentagem de perda de ME no processo atual.

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 17 - Tabela do ICV - Etapa 3 - Envase

Etapa 3 – Envase								
Entradas	Quantidade (Unitário)	Tipo de material	Resultado de entrada	Saídas	Quantidade (Unitário)	Tipo de material	Resultado de saída	Destino da saída
Embalagem EM1NV	887	Plástico	53,22 kg	Caixa	4	Papelão	2,8 kg	Reciclagem
Embalagem EM2NV	887	Plástico	16 kg	Caixa	4	Papelão	2,8 kg	Reciclagem
Embalagem EM3NV	887	Papelão	221,75 kg	Fita	100	Plástico	5 kg	Reciclagem
Embalagem EM3	500	Papelão	190 kg	Fita	52	Plástico	3,6 kg	Reciclagem
Embalagem EM5	20	Plástico adesivo	0,5 kg	Caixa	1	Papelão	0,2 kg	Reciclagem
Produto formulado	887	Líquido químico	4436,79 kg	Produto Embalado	1000	Todas as EM e produto	4762,36 kg	Fim do processo
Energia Elétrica	-	Combustível	50,8 KWh	Perdas de processo	231	Líquido químico	155,9 kg	Incineração
Solvente de limpeza	60	Líquido químico	60 kg	Solvente de limpeza	60	Líquido químico	60 kg	Incineração

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Tabela 18 - Cálculos de energia utilizada no novo processo produtivo

Equipamento /Instrumento	Etapa referência	Potência (KW)	Tempo de uso no processo (h)	Energia consumida (KWh)
Tanque Agitado	Etapa 2 - Formulação	8,2	2,5	20,5
Bomba Centrífuga	Etapa 2 - Formulação	1,5	10	15
Compressor de ar comprimido	Etapa 2 - Formulação	73,5	1,5	110,25
Sistema de Exaustão	Etapa 2 - Formulação	5,5	2,5	13,8
Esteira	Etapa 3 - Envase	0,37	8,75	3,2
Seladora de Indução	Etapa 3 - Envase	2	8,75	17,5
Mesa de acúmulo	Etapa 3 - Envase	0,28	9	2,52
Balança	Etapa 3 - Envase	NA	-	-
Fechadora de caixa	Etapa 3 - Envase	0,15	8,75	1,3
Banho	Etapa 2 - Formulação	30	12	360
Bomba Pneumático	Etapa 2 - Formulação	NA	1,5	-
Máquina de Envase	Etapa 3 - Envase	3	8,75	26,25
Total Envase	Etapa 3 - Envase	NA	NA	50,8
Total Formulação	Etapa 2 - Formulação	NA	NA	519,5

Fonte: Elaboração própria, 2021.

Nota: NA-Não aplicável.

5.8 Discussão da análise dos inventários

Avaliando as entradas mássicas (tabelas do inventário e apêndice A), segue para o processo de envase o valor de 4436,8 kg de produto formulado. O cenário atual possui como saída final de produto envasado 5268,94kg, enquanto o cenário proposto com a nova embalagem possui saída 4762,37kg. Descontando o valor da fórmula (4436,8kg), nota-se que o cenário atual utiliza 832,14kg de ME, enquanto o cenário com a nova embalagem utiliza 325,57kg de ME para a produção de 1 lote. Em percentual existe uma diminuição de 60,88% de uso de material de embalagem, cerca de 506,57kg por lote fabricado.

Considerando uma produção anual do antiparasitário, o qual 1 lote do produto é fabricado mensalmente, cerca de 6.078,84kg de material de embalagem é evitado anualmente de ser produzido, utilizado e destinado.

Diante disso, vale a pena lembrar da ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, a não geração está em primeiro lugar na hierarquia da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (CAMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

Além das embalagens que deixariam de ir para o mercado, o novo cenário deixa de gerar 144,65kg de material de embalagem secundária por lote produzido. Por ano cerca de 1735,80kg que deixariam de ir para reciclagem, processo que ocupa posição média na prioridade de gestão de resíduos sólidos de acordo a PNRS (4ª posição). Com isto vale salientar que todo tratamento de resíduo gera entradas e saídas e por isso a não geração é prioridade.

As embalagens secundárias anteriormente contabilizadas são aquelas as quais as embalagens primárias são enviadas, ou seja, caixas, plásticos, fitas de amarração e outras. Elas são utilizadas para possibilitar o transporte do material de embalagem utilizado no produto, da empresa fabricante até o site da empresa parceira. A porcentagem de embalagens secundárias que deixariam de ser geradas é de 90,95% com o novo cenário aplicado.

No trabalho de Carmen Ferrara e Giovanni De Feo (2020) foi comparado por meio da ACV quatro tipos de embalagens, entre elas a Bag-in-Box, modelo do cenário proposto neste estudo. Os autores destacam que menor quantidade de massa de embalagem produzida é benéfico para o meio ambiente, isso porque significa menor extração de recursos, menores emissões, menor massa a ser transportada e produzida.

Entre as quatro embalagens estudadas por eles: bag-in-box, cartonagem asséptica, garrafa de vidro e garrafa PET, a bag-in-box se apresentou como a embalagem de menor peso. Para funcionamento da embalagem tipo bag-in-box um pequeno número de peças é necessário, geralmente 3 partes, isso está diretamente ligado aos resultados de menores massas.

O cenário atual e o proposto possuem duas embalagens diferentes, porém ambas são constituídas de PET, o que as diferem é que a nova embalagem é PET linear de baixa densidade enquanto a atual é constituída de PET de alta densidade. Comparando garrafas PET com garrafas de vidro, por meio da ACV, outros autores encontraram bons resultados para o polímero. Das 15 categorias avaliadas pelos os autores, em 9 delas o PET obteve melhor desempenho (BOUTROS M.; SABA S.; MANNEH R. 2021).

Avaliando somente as entradas e saídas dos inventários, já é possível detectar que o cenário proposto gasta menos energia, consome menos material de embalagem e ainda gera menores quantidades de resíduos.

5.9 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)

5.9.1 Avaliação de impacto do ciclo de vida para a etapa formulação

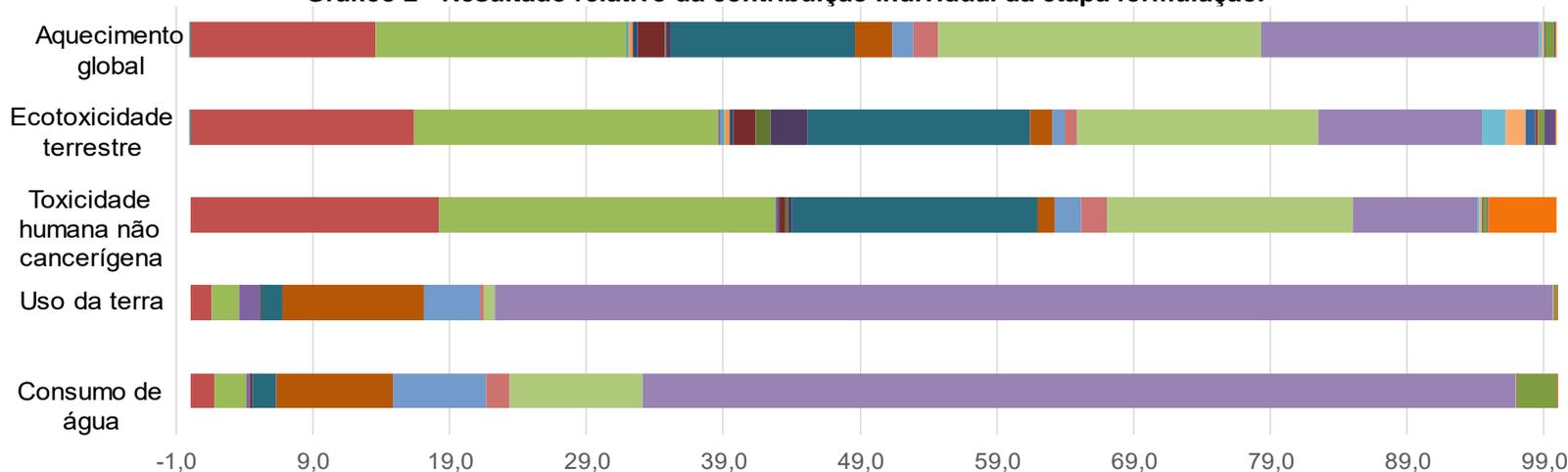
A etapa de formulação faz parte dos dois cenários, sendo assim ela participa com valores de impactos em ambos os casos. Com a análise de contribuição individual (gráfico 4) para a etapa de forma isolada, ou seja, sem considerar a etapa e envase com a adição das embalagens, algumas semelhanças podem ser notadas mesmo se tratando de categorias de impacto diferentes.

Os pesticidas, os quais representam as matérias-primas MP1, MP2 e MP3 (verde, rosa e azul escuro – gráfico 4), possui participação relativa considerável nas 5 categorias. Nas categorias aquecimento global, ecotoxicidade terrestre e toxicidade humana não cancerígena, as MP aparecem com maior percentual do que nas de uso da terra e consumo de água. Os pesticidas são toxinas o que corroboram para esse resultado, eles não exigem tanta área de terra nem consumo de água em seus próprios ciclos de vida, porém possui um certo nível de toxicidade (NASCIMENTO, L.; MELNYK A. 2016).

Somadas as matérias-primas citadas, elas representam cerca de 45,3% de contribuição para o impacto aquecimento global, 55,0% para toxicidade terrestre e 60,9% para toxicidade humana não cancerígena. Valores referentes ao processo de formulação isolado, possibilitando entender quais entradas e saídas da formulação são mais impactantes ambientalmente.

O fator de caracterização do aquecimento global é a emissão de CO₂ eq, ele envolve o efeito estufa que por sua vez ocasiona as mudanças climáticas. Diante disso espera-se que os maiores percentuais de participação seriam os transportes, porque além de possuir grandes extensões para a chegada das MP até o site da empresa, ocorre o uso de transporte aéreo e marítimo. Porém, como dito anteriormente os maiores em participação são as próprias MP.

Gráfico 2 - Resultado relativo da contribuição individual da etapa formulação.



- Pesticide, unspecified {RoW} | production | Cut-off, S
- Pesticide, unspecified {RoW} | production | Cut-off, S
- ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation {BR}
- Transport, freight, sea, container ship {GLO} | transport, freight, sea, container ship | Cut-off, S
- Transport, freight, sea, container ship {GLO} | transport, freight, sea, container ship | Cut-off, S
- Transport, freight, sea, container ship {GLO} | transport, freight, sea, container ship | Cut-off, S
- Transport, freight, aircraft, unspecified {GLO} | market for transport, freight, aircraft, unspecified | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Pesticide, unspecified {RoW} | production | Cut-off, S
- Vegetable oil, refined {GLO} | production | Cut-off, S
- Non-ionic surfactant {GLO} | non-ionic surfactant production, ethylene oxide derivate | Cut-off, S
- Paraffin {RoW} | production | Cut-off, S
- Isopropanol {RoW} | production | Cut-off, S
- Vegetable oil, refined {GLO} | production | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Electricity, medium voltage {BR} | market group for electricity, medium voltage | Cut-off, S
- Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} | market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Cut-off, S
- Coke {GLO} | petroleum to generic market for | Cut-off, S
- Average incineration residue {RoW} | treatment of, residual material landfill | Cut-off, S

Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

No inventário do pesticida, para cada kg do químico utilizado 0,11kg de resíduo é destinado para aterro sanitário, o qual possui sua parcela de contribuição na emissão de gases do efeito estufa. Nas emissões para o ar também contribui com dióxido de carbono fóssil 0,5kg para cada kg de pesticida. Existem dois tipos de entradas na modelagem do software, market onde é considerado o transporte que poderia quantificar CO₂ para a categoria mudanças climáticas, e o tipo production que não considera o transporte. Nesse estudo todas as MP foram inseridas no tipo production, isso porque o transporte de todas elas foram inseridas como dado primário trazendo resultados mais reais.

O Isopropanol – MP7 e o óleo vegetal – MP8 (verde claro e lilás – gráfico 4), também possui percentual alto nas três primeiras categorias descritas no gráfico. O isopropanol com 23,6% para aquecimento global, 17,6% para ecotoxicidade terrestre e 18,0% para toxicidade humana não cancerígena, mais uma vez por se tratar de um composto químico participa nas categorias de toxicidade.

Para o aquecimento global, avaliando o inventário do isopropanol encontra-se entradas como calor advinda de gás natural e emissão para o ar de dióxido de carbono, para cada kg de isopropanol utilizado 0,1kg de CO₂ é emitido.

Vale a pena destacar também a participação do isopropanol na categoria consumo de água, 9,7%, advindas das próprias entradas de água no sistema de obtenção do isopropanol e saídas de água residual.

O óleo vegetal – MP8 (lilás - gráfico 4), participa com 20,3% para aquecimento global, 12,1% na ecotoxicidade terrestre e 9,1% com toxicidade humana não cancerígena. Porém sua participação se destaca nas outras duas categorias, uso da terra (77,4%) e consumo de água (63,9%). O MP4 (laranja escuro – gráfico 4) também é um óleo vegetal e também aparece com 10,3% e 8,5% para as categorias anteriores de forma respectiva. Na modelagem do software as duas MP são iguais porém a quantidade em massa de MP8 é superior a MP4 por isso possui maior percentual de contribuição.

Avaliando por categorias dessa vez, a alta participação do óleo vegetal faz bastante sentido na categoria uso da terra. Isso porque no ciclo de vida do óleo vegetal envolve etapas como plantação e colheita. O mesmo acontece em consumo de água, prevê o seu uso tanto no processo de extração e refino do óleo como na irrigação da plantação.

A MP5 é um surfactante, ele obteve resultado relativo de contribuição de 6,9% para consumo de água e 4,1% para uso da terra. Considerando as entradas e saídas do seu inventário, a cada kg de surfactante produzido são consumidos cerca de 18L de água de forma direta. Entre o uso da terra podem ser listados a ocupação industrial, de mineração, de tráfico, urbana e outros.

A única saída para a esfera tecnológica modelada no software para a etapa de formulação, são as perdas de processo que seguem para incineração. Essa saída participou com maior percentual de colaboração na categoria toxicidade humana não cancerígena 5,0%. Esse resultado é esperado porque o processo de incineração cria uma das toxinas mais letais a saúde humana, a dioxina. Ela é uma substância química tóxica cancerígena, além de ter alto potencial letal, atacando o sistema respiratório, tireoide e outros. O lixo ao ser queimado libera essa toxina que pode se depositar em plantas ou cursos de água e dessa forma chega até o ser humano, além da respiração direta (ONU, 2019).

Outro ponto importante é que mesmo sendo esperado grande percentual de participação do transporte em todas as cinco categorias e principalmente na de mudanças climáticas, eles não foram os principais contribuintes. No de trabalho de Fabi et. al. (2005) o transporte ganha destaque como causador de impactos negativos. Porém vale a pena ressaltar que ao inserir no software o tipo de entrada Market o qual considera um transporte médio de insumos, os valores podem ser superestimados. Nisto é visto a importância de se levantar dados primários e os mais próximos da realidade o possível.

5.9.2 Comparação dos cenários

O método de avaliação de impacto Recipe 2016 Midpoint (H), é a atualização do método Recipe 2008. Seus impactos podem ser orientados para problemas (Midpoint) ou para danos (Endpoint), que também considera pontos médios para o primeiro caso e finais para o último (SIMAPRO, 2022).

O método contempla 18 impactos ambientais:

1. Mudanças climáticas (Aquecimento global)
2. Depleção do ozônio estratosférico
3. Radiação ionizante

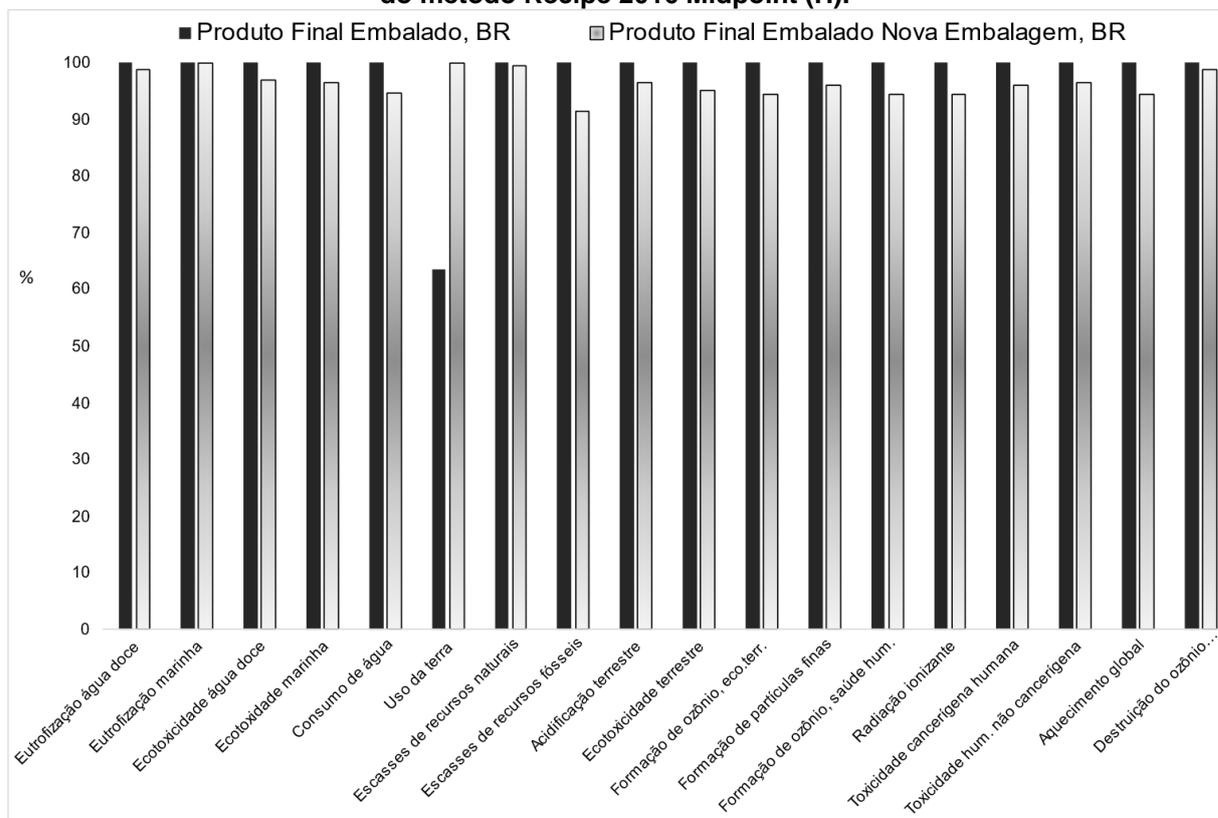
4. Formação de ozônio, saúde humana
5. Formação de partículas finas
6. Formação de ozônio, ecossistemas terrestres
7. Acidificação terrestre
8. Eutrofização de água doce
9. Eutrofização marinha
10. Ecotoxicidade terrestre
11. Ecotoxicidade de água doce
12. Ecotoxicidade marinha
13. Toxicidade carcinogênica humana
14. Toxicidade humana não cancerígena
15. Uso da terra
16. Escassez de recursos minerais
17. Escassez de recursos fósseis
18. Uso da água.

O gráfico 2 demonstra o resultado comparativo relativo dos dois cenários (%). Das 18 categorias de impactos abordados no método, o novo cenário apresenta melhor desempenho ambiental em 17 delas.

Vale destacar que o valor numérico comparando os dois cenários não se difere muito, em média 3,7% de melhor desempenho. No impacto Uso da terra, o qual o cenário da nova embalagem não apresentou melhor resultado, a diferença numérica é grande (36,4% de mais uso da terra).

Baseado no levantamento bibliométrico não foi possível encontrar trabalhos que aplicam a ACV para produtos veterinários, sendo assim não foi possível comparar resultados absolutos de impactos. Porém os trabalhos comparados avaliam de forma similar os impactos ambientais de outros produtos e processos, além de comparar embalagens o qual é foco do trabalho.

Gráfico 3 - Resultado comparativo dos cenários atual e nova embalagem de todos os impactos do método Recipe 2016 Midpoint (H).



Fonte: Elaboração própria, 2022 – Dados Simapro.

Cada categoria de impacto possui a sua própria unidade de medida, ao qual é relacionada a unidade funcional do estudo em questão. Na tabela 19 é possível verificar os valores absolutos de cada impacto por lote de antiparasitário produzido, ou seja 4460 kg de produto formulado.

Tabela 19 – Resultado absoluto dos dois cenários para a produção de 1 lote de antiparasitário.

Categoria de impacto	Unidade	Produto Final Embalado, BR	Produto Final Embalado Nova Embalagem, BR
Aquecimento global	kg CO2 eq	24054,088	22701,609
Destruição do ozônio estratosférico	kg CFC11 eq	0,048266512	0,047585259
Radiação Ionizante	kBq Co-60 eq	719,6434	679,06541
Form. Ozônio fotoquím., saúde hum.	kg NOx eq	65,273124	61,641191
Formação de partículas finas	kg PM2.5 eq	45,336256	43,43348
Form. Ozônio fotoquím, eco.terrestre	kg NOx eq	68,322175	64,531147
Acidificação terrestre	kg SO2 eq	115,08875	110,9273
Eutrofização água doce	kg P eq	26,543916	26,204952
Eutrofização marinha	kg N eq	8,4044644	8,3774195
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DCB	65569,142	62321,009
Ecotoxicidade água doce	kg 1,4-DCB	1188,7234	1151,9142
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4-DCB	1396,4951	1346,932
Toxicidade hum.cancerígena	kg 1,4-DCB	2580,0989	2477,1853
Toxicidade hum.não cancerígena	kg 1,4-DCB	22049,618	21246,004
Uso da terra	m2a crop eq	2730,2161	4291,3289

Escassez de recursos minerais	kg Cu eq	307,44974	305,36452
Escassez de recursos fósseis	kg oil eq	8718,2629	7957,6252
Consumo de água	m3	380,70487	359,68039

Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

O software considera todas as entradas e saídas para o cálculo dos impactos ambientais. A categoria destruição do ozônio estratosférico é quantificada a partir das emissões de gases de tricloromonofluormetano (CFC⁻¹¹) que destroem a camada de ozônio. O novo cenário obteve resultado de 98,7% considerando o cenário atual como 100%, uma melhora de 1,3%.

A radiação ionizante possui seu fator de caracterização relacionado a exposição da população ao cobalto-60. Uma de suas aplicações é a esterilização de materiais cirúrgicos como no trabalho de Porto (2013). Outras aplicações são: radiografia industrial, medidores de nível e irradiações. Foi encontrado o valor relativo de 94,5% para o novo cenário, 5,5% a menos que o cenário atual para esse impacto. A unidade de medida desta categoria é kBq de Cobalto-60, que por sua vez é a unidade de medida no SI para atividade radioativa (CARVALHO, 2010).

A formação de ozônio fotoquímico é avaliada em relação aos danos à saúde humana e também ao ecossistema terrestre. Se trata de um tipo de nevoeiro formado por reações químicas, seu principal precursor e também unidade de medida da categoria é o NOx (kg NOx eq) (BENTO, 2013). O cenário com a nova embalagem emite 5,5% menos kg de NOx eq para os dois tipos de impactos. Nos valores absolutos foi obtido valores diferentes para as duas categorias porém bastante próximas. Para o cenário atual 0,013007723 saúde humana e 0,013615342 ecossistema; E para o novo cenário 0,012296242 saúde humana e 0,012872733 ecossistema terrestre. Lembrando que esses valores são referentes a produção de 1 litro de produto final, os valores referente a 1 lote podem ser observados na tabela 19.

Ao avaliar a contribuição individual das duas categorias, o transporte possui percentual de participação maior na saúde humana do que no ecossistema terrestre, o que pode ser o indicativo na diferença entre os valores absolutos mesmo possuindo o mesmo fator de caracterização (kg NOx eq).

A categoria de impacto formação de partículas finas é mensurada pela unidade de medida kg PM2.5 eq. A categoria é caracterizada pela quantidade de partículas com diâmetro menor a 2.5µm que são liberadas por causa dos processos envolvidos

no ciclo de vida (TEIXEIRA, 2021). O novo cenário emite 4,1% menos material particulado.

A partir da emissão atmosférica do dióxido de enxofre (kg SO₂ eq) a categoria acidificação terrestre é caracterizada (SIMAPRO, 2021). O novo cenário emite 3,5% menos gases de SO₂.

A eutrofização água doce e marinha é o aumento da concentração de nutrientes nesses meios aquáticos, substâncias fosforadas (kg P eq) para água doce e substâncias nitrificadas (kg N eq) para água marinha. Esse processo interfere diretamente na saúde do ecossistema com aparecimento demasiado de algas, plantas e cianobactérias (MACEDO C. F.; TAVARES L. H. S; 2010). O cenário proposto obteve resultado muito próximo ao cenário atual, variando apenas 0,2% a menos para o impacto eutrofização marinha e 1,2% para água doce. Na análise de contribuição individual, para a categoria eutrofização marinha, a entrada de maior participação percentual é o etanol. Ele é utilizado nos dois cenários com mesma quantidade mássica, isto indica o motivo pelo qual os dois cenários obtiveram resultados tão parecidos para a mesma categoria.

As categorias de impacto ecotoxicidade terrestre, de água doce e marinha, toxicidade humana cancerígena e não cancerígena, possuem a mesma unidade de medida, kg 1,4-diclorobenzeno (1,4-DCB). Como fator é considerado o destino, a exposição e o efeito (SIMAPRO, 2021). O novo cenário obteve melhor desempenho em todas elas, com média de 3,8% menos impactante.

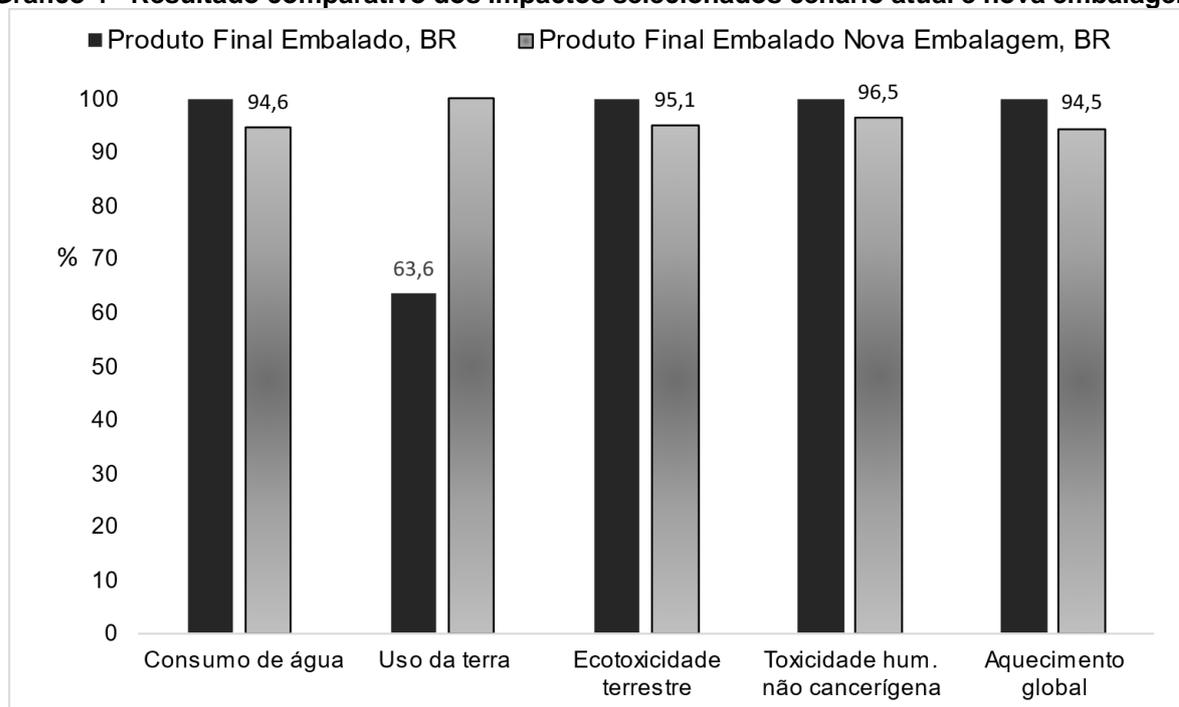
A escassez de recursos minerais é mensurada pela unidade kg Cu eq, o seu fator de caracterização é potencial de minério excedente (SIMAPRO, 2021). O cenário proposto possui melhor desempenho com apenas 0,6%. O valor próximo pode ser melhor compreendido na análise de contribuição individual, nos dois cenários as entradas com mais porcentagem de participação são iguais: caixa de papelão, transporte e polietileno de alta densidade.

Já na categoria escassez de recursos fósseis e diferença percentual é de 8,6%, ela é mensurada em kg oil eq. A diferença entre os dois cenários é a embalagem final do produto em estudo, na análise de contribuição individual a entrada de maior participação é o transporte, o qual é um dos principais utilizadores de derivados do petróleo. Outra entrada que obteve percentual importante de participação na contribuição individual foi o polietileno de alta densidade, também derivado de recurso

fóssil. O cenário proposto obteve melhor desempenho pelos dois motivos, a embalagem é enviada de empresas que estão localizadas no mesmo estado, requisitando menor resultado de transporte e menor quantidade de massa do polímero.

Considerando o objetivo e escopo da ACV, cinco categorias de impactos foram selecionadas para melhor avaliação. Uso da terra, por possuir valor mais discrepante na comparação entre cenários. Aquecimento global, por estar diretamente relacionada com mudanças climáticas, tema mundialmente discutido na atualidade. Consumo de água, por ter ligação direta com o meio industrial, o qual preza o uso de recursos hídricos e também possui facilidade em ser usada em uma declaração de rotulagem ambiental. Toxicidade Humana não cancerígena, por estar relacionada com a saúde humana; E ecotoxicidade terrestre, por possuir maior valor numérico entre as categorias que utilizam a unidade de medida kg 1,4-DCB, além de abordar a questão dos ecossistemas.

Gráfico 4 - Resultado comparativo dos impactos selecionados cenário atual e nova embalagem.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

A categoria uso da terra foi a única em que o cenário com nova embalagem não obteve melhor resultado do que o cenário atual. Cerca de 36,4% mais uso da terra para o cenário proposto. Este impacto está relacionado ao território ocupado para o

funcionamento do sistema e as transformações nele realizadas. Sua unidade de medida é m^2 a crop eq, o crop na unidade de medida refere-se a plantações ou colheitas (MATTILA, 2011).

Para as outras quatro categorias de impacto o novo cenário obteve melhor desempenho. Em consumo de água 5,4% a menos, ecotoxicidade terrestre 4,9% menor, 3,5% menos danos à saúde humana por toxicidade não cancerígena, e menos 5,5% de aquecimento global que também é relacionado a mudanças climáticas.

Além de conhecer a porcentagem de vantagem ecológica de um cenário sobre o outro, vale a pena obter o resultado sobre quais entradas e saídas no ciclo de vida do produto são mais maléficas ao meio ambiente. Esse resultado é obtido por meio da análise dos gráficos de contribuição individual. Avaliando esse tipo de gráfico é possível detectar qual entrada ou saída no seu inventário principal é mais impactante, porém ele não justifica o motivo pelo qual esse é o resultado. Por isso torna-se necessária uma investigação nos inventários próprios de cada entrada e saída.

Esse inventários próprios são disponibilizados no software no tipo S, onde ocorre somente a listagem de saídas e entradas finais e no tipo U onde é descrito os processos, cada um com seu próprio inventário. Por exemplo, avaliando o gráfico de contribuição individual de forma relativa(%), chega-se à conclusão de que a incineração é o maior contribuinte para toxicidade, existe duas opções para se entender porque a incineração é o maior contribuinte; O primeiro é avaliar no tipo U, que vai descrever os processos, neste pode-se entender de antemão que aqueles processam contribuem para a toxicidade e citá-lo como motivo; Ou caso não seja visível o motivo por processos, lista-se pelo tipo S, neste vão ser citadas todas as entradas e saídas que não dependem mais de nenhum ciclo de vida ou inventário próprio, por isso as listagens nesse modo são principalmente recursos naturais, compostos gasosos, líquidos, químicos em geral que não necessitam mais de nenhum tratamento ou processo para uso.

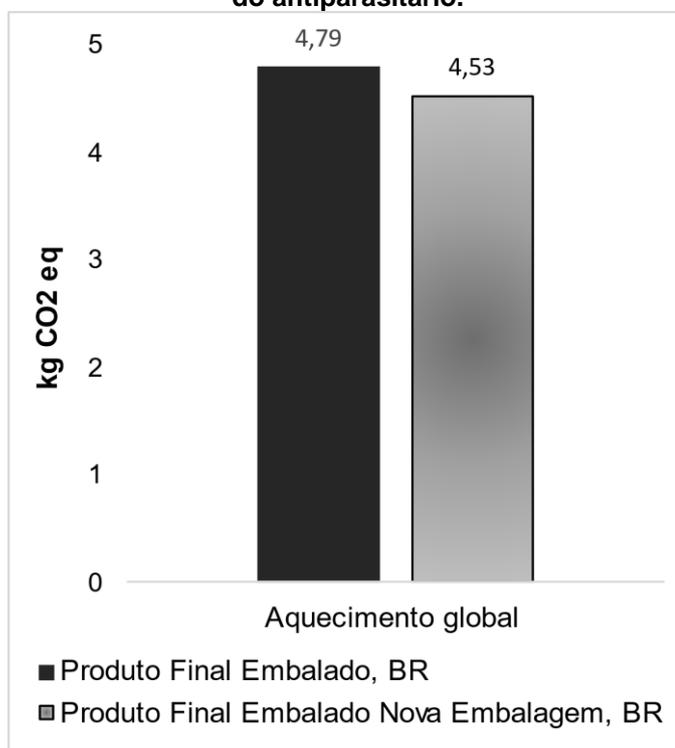
Uma única entrada e saída pode desencadear o levantamento de vários inventários, isso porque cada um deles possuem seus próprios ciclos de vida, o que é bastante complexo. Por isso deve ser avaliado no momento da investigação se o tipo de inventário U ou S atende a discussão necessária para justificar aquele impacto.

5.9.2.1 AICV para a categoria aquecimento global (Mudanças climáticas/100 anos)

O aquecimento global é descrito no manual do método Recipe 2016 como mudanças climáticas. O método possui 3 perspectivas de cálculo de impactos, individualista que considera o kg de CO₂ eq no tempo de 20 anos; Hierárquica que considera 100 anos o qual foi utilizado nesse estudo (gráfico 5) e igualitário que considera 1000 anos (SIMAPRO, 2021). Sendo assim essa categoria de aquecimento global pode ser entendida como mudanças climáticas referente a 100 anos.

O cenário proposto causa 5,4% menos danos de mudanças climáticas. Um dos principais componentes da fórmula é um tipo de álcool, o isopropanol. No trabalho de Ometto (2005), foi realizado uma ACV do álcool etílico combustível, ele obteve o resultado de 1,21 kg de CO₂ eq por litro de álcool produzido. Resultado menor comparado ao produto em estudo (4,79 kg de CO₂ eq/litro), porém vale destacar vários outros componentes da fórmula.

Gráfico 5 - Resultado absoluto para a categoria aquecimento global para a produção de 1 litro do antiparasitário.

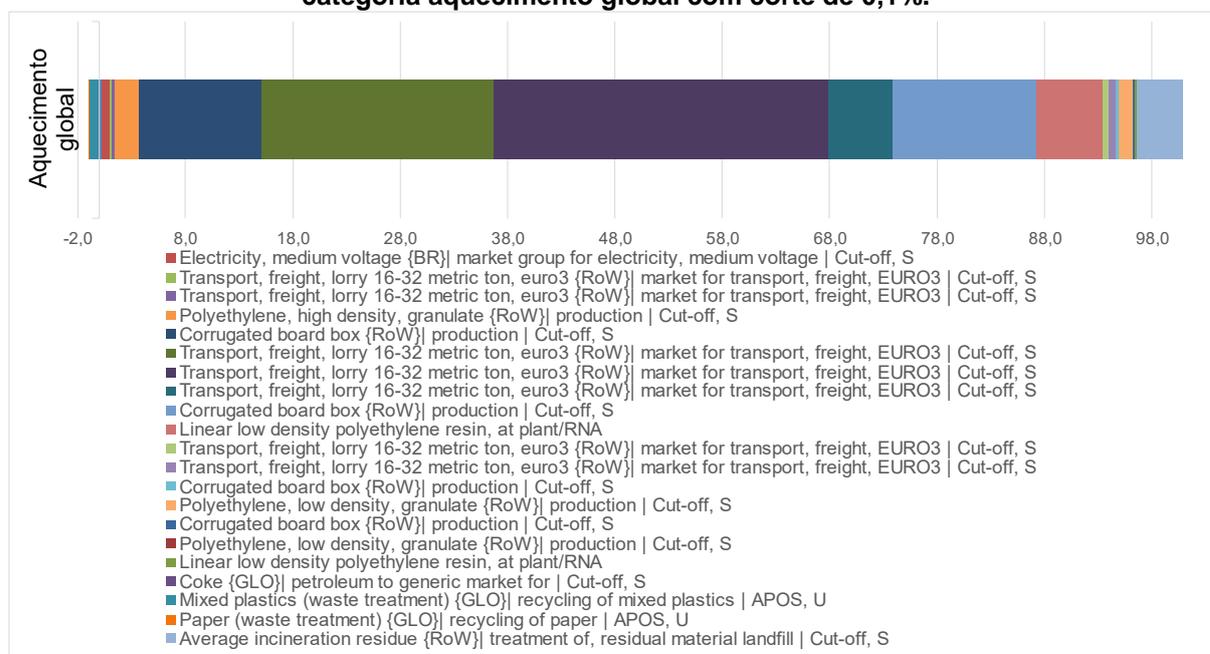


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

Com a mudança de embalagem, 0,26kg de CO₂ eq por litro de produto deixarão de ser emitidos para a atmosfera, por lote cerca de 1300kg de CO₂ eq, valor bastante expressivo. Isto faz com que o produto contribua menos para as mudanças climáticas.

Avaliando a contribuição individual do cenário com nova embalagem, as entradas que mais participam em percentual são: a caixa de papelão EM3 -11,4% (azul escuro, gráfico 6) e EM3NV -13,3% (azul claro, gráfico 6); O transporte de distribuição (verde, roxo e turquesa – gráfico 6) que somados participam com 58,8%; Polietileno de baixa densidade EM1NV (rosa, gráfico 6) com 6,3%; E a incineração (última faixa, gráfico 6) com 4,2%.

Gráfico 6 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem categoria aquecimento global com corte de 0,1%.



A embalagem EM3 participa dos dois cenários em comparação, atual e proposto, isso porque se trata da caixa de embarque do produto final, já a EM3NV é o box da nova embalagem. No inventário do papelão vale destacar várias entradas de combustíveis, entre eles estão o diesel, óleo combustível leve e pesado, gás natural e gás liquefeito de petróleo, o que justificaria maior participação na categoria aquecimento global.

O transporte de distribuição que possui alto percentual de participação no impacto é advindo não só da própria atividade que é emissora de CO₂ como também da grande quantidade de massa transportada, cerca de 4.762,4 kg de produto.

A massa transportada está diretamente relacionada com o poder impactante do transporte em todas as categorias e principalmente na de aquecimento global. Os autores Fabi et. al. (2005), destacam em seus resultados que ao comparar o transporte de ME de vidro e de plástico, o plástico causa menos danos devido a massa desse material ser consideravelmente menor. Com relação ao diesel utilizado no transporte, contribuindo diretamente na emissão de CO₂eq, pode-se observar resultados parecidos para os autores Gileno e Tursi (2021), sendo o principal ponto de melhoria indicado pelos autores.

Um dos motivos do resultado da participação da incineração é a massa de material enviado para o tratamento, cerca de 219,6 kg de perdas de processos (líquidos e embalagens). No inventário da incineração não é indicado a emissão de CO₂, várias emissões para água são listadas provavelmente pelo uso de lavador de gases. As saídas para a esfera tecnológica são os resíduos de cimento úmido que em seu próprio inventário possui a listagem de vários transportes para o tratamento. A partir disso compreende-se a contribuição do processo de incineração no aquecimento global.

No cenário atual o transporte para distribuição (verde claro, laranja e azul claro – gráfico 7) também aparece em destaque – 36,2%, porém menor do que no cenário proposto porque as embalagens dessa vez têm valores ainda mais altos, o que é explicado também pela maior massa de ME.

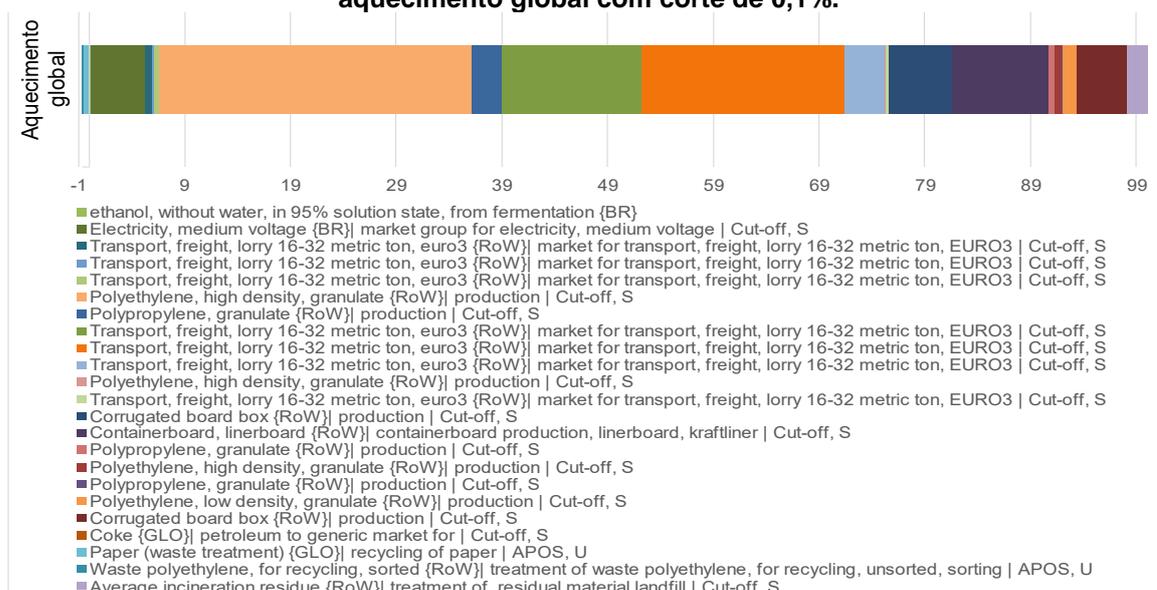
A EM1 (salmão, gráfico 7) participa como polietileno 29,5% e as embalagens de papelão somadas com 19,8% (EM3, EM4 e embalagens secundárias) cores azul escuro, roxo e marsala do gráfico 7. No inventário do polietileno de alta densidade é listado o gás natural com a relação de um pouco mais de 6,8m³ de gás para 1kg do PET utilizado.

Para a produção de embalagens plásticas, várias técnicas podem ser utilizadas, entre elas a termoformagem, a injeção plástica, extrusão e outros. A matéria-prima principal desses processos é o próprio polímero, que chegam nessas empresas em forma de “*pellets*”, modo como foi inserido nesse trabalho (PET granulado). No trabalho do autor Faria (2018), foi realizada uma ACV do PET em vários tipos produtivos, o autor obteve que o processo de granulação contribui com certa de 50% nas categorias de aquecimento global e toxicidade humana. Outro trabalho que demonstra a influência do estado do polímero, são dos autores Gileno e

Tursi (2021), que comparam os processos de reciclagem por ACV, mostrando a diferença grande que existe nos resultados do polímero em garrafas ou já em fibras.

Uma entrada que aparece no cenário atual que não está em destaque no cenário proposto é a eletricidade, isso porque no cenário atual é utilizado em maior quantidade, 693,4 kWh contra 50,8kWh do cenário proposto.

Gráfico 7 - Resultado relativo da contribuição individual cenário atual para a categoria aquecimento global com corte de 0,1%.

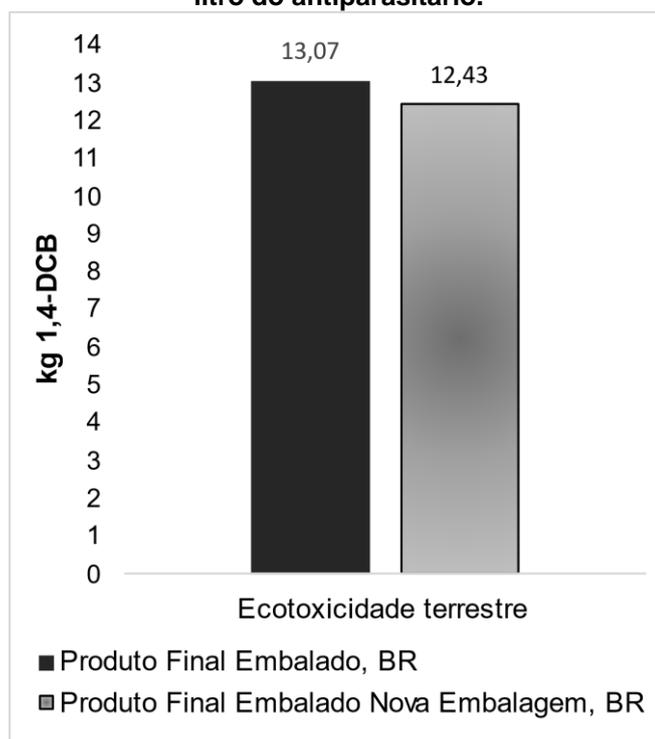


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

5.9.2.2 AICV para a categoria ecotoxicidade terrestre

Este impacto é quantificado a partir da emissão do composto químico Diclorobenzeno (gráfico 8), levando em consideração a importância do controle de químicos liberados no meio ambiente.

Gráfico 8 - Resultado absoluto para a categoria ecotoxicidade terrestre para a produção de 1 litro do antiparasitário.

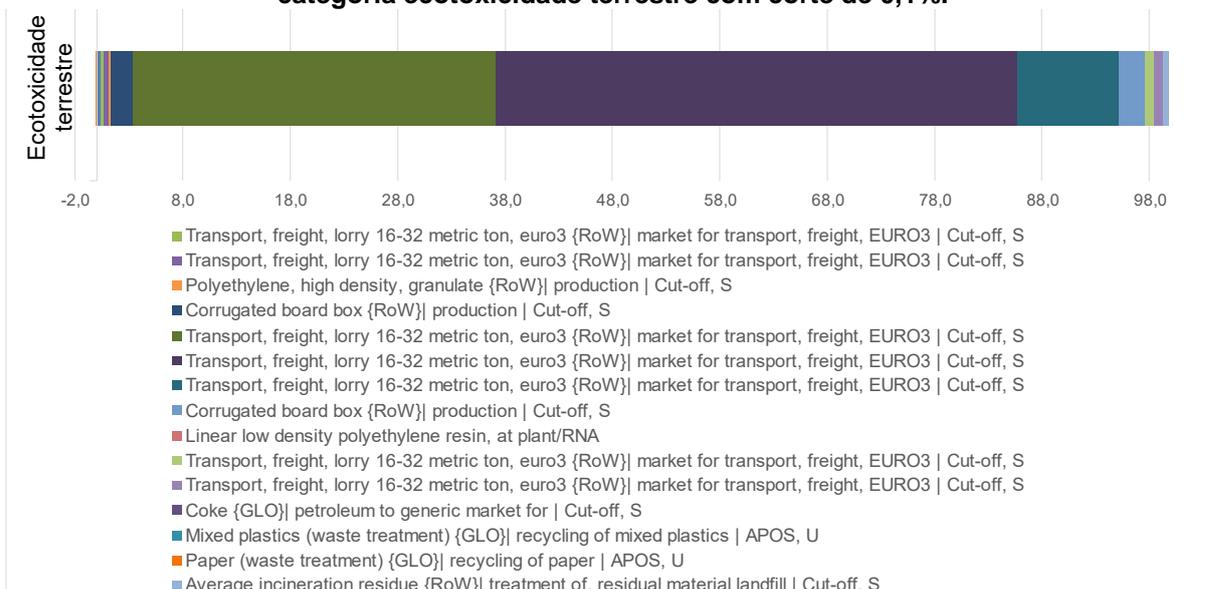


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

O cenário atual possui melhor desempenho nessa categoria cerca de 4,9%. Por litro cerca de 0,64Kg de 1,4-DCB serão evitados com a adoção da nova embalagem, um pouco mais de 3200 kg por lote produzido.

Analisando os dois gráficos de contribuição individual relativa, é possível perceber perfil semelhante, a entrada em comum é o transporte de distribuição. No cenário proposto ele aparece com 91,8% (verde escuro, roxo e turquesa – gráfico 9) e no atual com 86,1% (azul claro, rosa e verde claro – gráfico 10).

Gráfico 9 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria ecotoxicidade terrestre com corte de 0,1%.



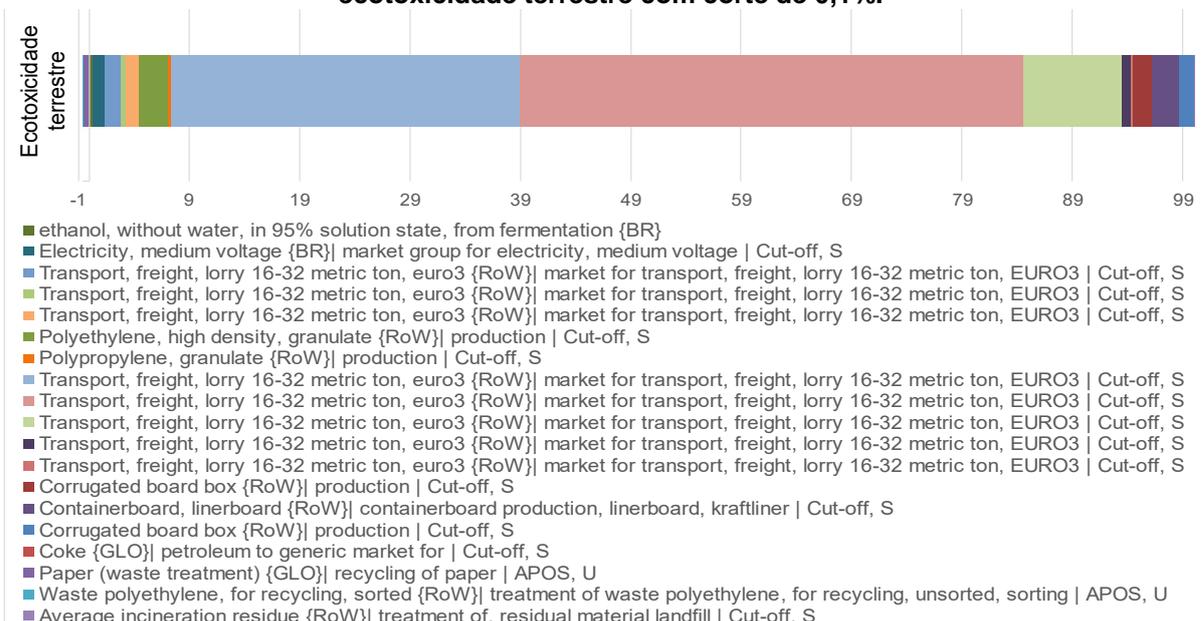
Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

A diferença entre os gráficos, o que ocasionou pequena mudança na contribuição do transporte está exatamente na contribuição das embalagens. O PET referente a EM1 aparece com 2,7% pois se utiliza em maior quantidade no cenário atual e o containerboard (papelão) referente a EM4 (cartucho) com 2,5%. A eletricidade também aparece na categoria com 1,0% para o cenário atual. Outras pequenas variações podem ser notadas mas participam nos dois cenários, como é o caso das caixas de papelão.

No inventário do transporte as entradas estão voltadas para o uso do combustível, que gera a emissão de vários componentes químicos que combinados podem ser relacionados ao diclorobenzeno. Outra listagem importante no inventário são os desgastes de pneus, estradas e do próprio veículo.

O polietileno possui como entrada químicos inorgânicos em seu inventário e o papelão lista a saída de cloro e de benzeno. No trabalho de Boutros, Saba e Manneh (2021), eles destacam como resultado a grande participação do PET em todas as categorias abordadas por eles. Entre os danos aos ecossistemas estão a acidificação aquática e terrestre, o estudo faz comparação entre garrafas de PET e garrafas de vidro.

Gráfico 10 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário atual, categoria ecotoxicidade terrestre com corte de 0,1%.

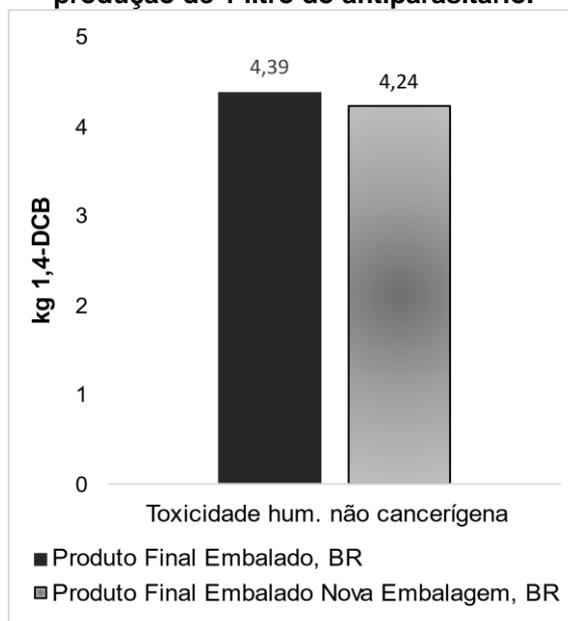


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

5.9.2.3 AICV para a categoria toxicidade humana não cancerígena

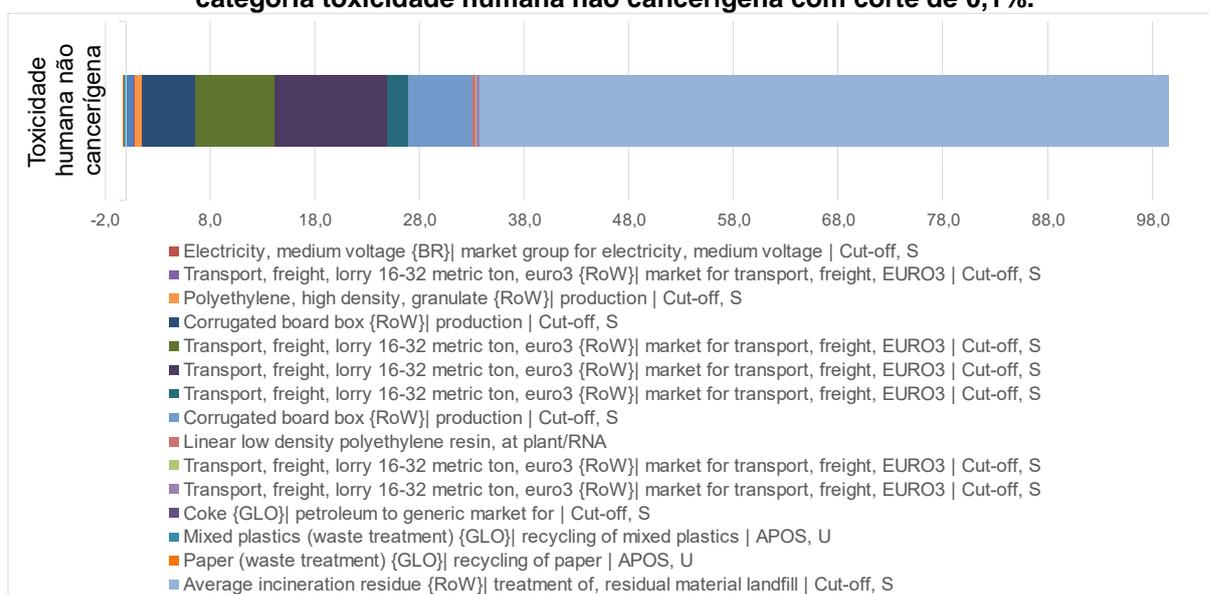
A categoria toxicidade humana não cancerígena é a segunda em possuir maior valor absoluto entre os impactos de toxicidade, ela possui a mesma unidade de medida da toxicidade terrestre, porém está relacionada com a saúde humana. Em relação a essa questão o cenário proposto evitaria 0,15kg de 1,4-DCB por litro de produto, um pouco mais de 750 kg por lote, um desempenho 3,4% melhor.

Gráfico 11 - Resultado absoluto para a categoria toxicidade humana não cancerígena para a produção de 1 litro do antiparasitário.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

Gráfico 12 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria toxicidade humana não cancerígena com corte de 0,1%.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

Para ambos os cenários o processo de tratamento de resíduo, a incineração, é o maior contribuinte para o impacto. Ela aparece com 65,9% (azul claro, gráfico 12) no cenário com nova embalagem e 55,4% (lilás, gráfico 13) no cenário atual.

A incineração emite gases tóxicos além da produção de cinzas (PEGORARO, L. A.; UGAYA, C. M. L. 2014). Além da literatura já existente sobre os danos à saúde humana da incineração, avaliando o inventário da incineração no tipo S, várias saídas

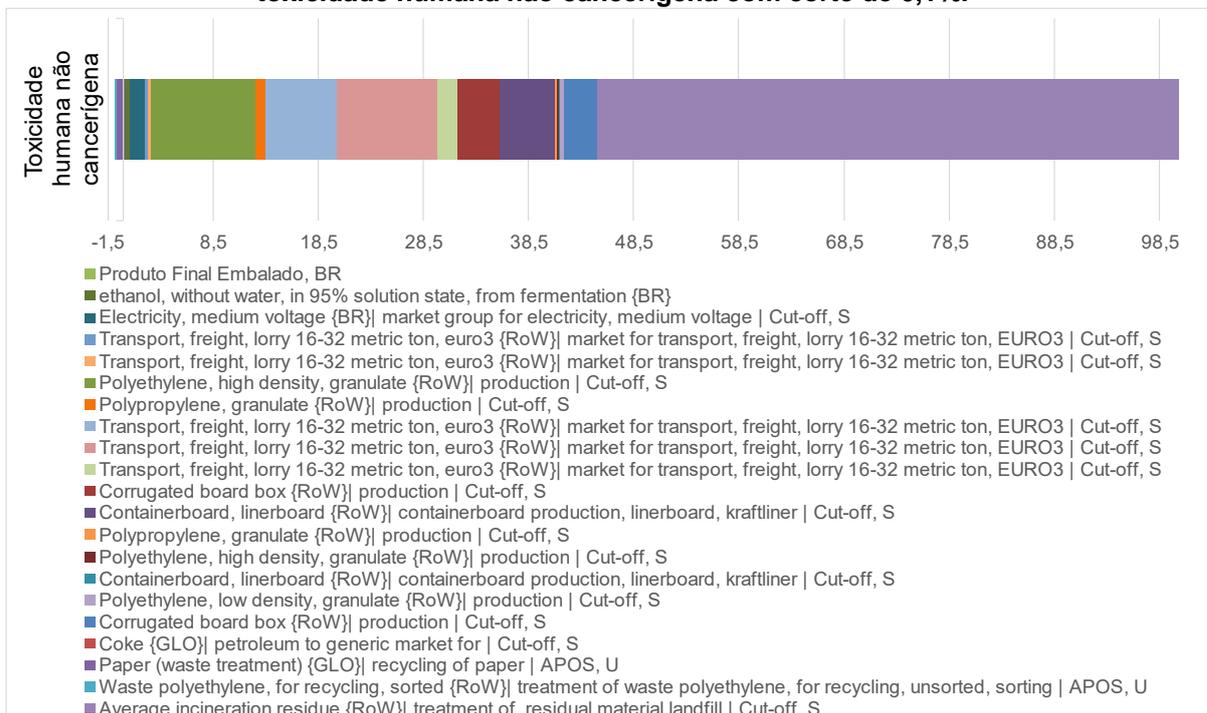
chamam atenção na questão da toxicidade. Entre elas estão vários tipos de DCB (9,9kg/kg incinerado; 1,2kg/kg incinerado; 1,6kg/kg incinerado) lembrando que essas emissões não são quantificadas de forma absoluta porque podem estar inclusas em processos que só são descritas no tipo U e serem quantificadas como referências de médias. Também aparecem listadas vários tipos de dioxinas, $3,4E^{-15}$; $2,2E^{-15}$; $1,0E^{-16}$; $2,8E^{-13}$ kg e outros, valores bem pequenos por kg de material incinerado mas que por tamanha toxicidade merecem destaque.

No cenário de nova embalagem os ME de papelão (azul escuro e azul, gráfico 12) contribuem juntos com 11,2% (EM3 e EM3NV), no seu inventário é citada a emissão para o ar de DCB. As outras 3 entradas de maiores valores (verde, roxo e turquesa, gráfico 12) são os transportes de distribuição, somados alcançam o valor de 20,4%, em comparação aos outros transportes do inventário eles obtiveram maior valor devido maior massa e distância percorrida na distribuição.

Já para o cenário atual as embalagens de papelão, EM3, EM4 e embalagens secundárias, contribuem na categoria com 12,4% (azul escuro, roxo e marsala, gráfico 13), valor próximo ao cenário proposto. Os transportes de distribuição (verde claro, rosa e azul, gráfico 13) participam com 18,2% também parecido com o outro cenário. O que diferencia entre os dois cenários é a contribuição do polietileno a EM1 com 10,1% (verde, gráfico 13) que no cenário proposto foi substituída pela EM1NV, bag feita do mesmo material só que com menor massa.

A toxicidade do PET em seu inventário é relacionada com entradas de químicos inorgânicos com consequente saída de emissões químicas. Isso também é destacado no trabalho de Boutros, Saba e Manneh (2021), que citam a emissão de arsênio, hidrocarbonetos aromáticos, dioxinas e vários químicos danosos a saúde humana, na produção do PET. No estudo realizado pelos autores o PET é o principal contribuinte em todas as categorias examinadas por eles, variando de 43% a 96%.

Gráfico 13 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário atual, categoria toxicidade humana não cancerígena com corte de 0,1%.

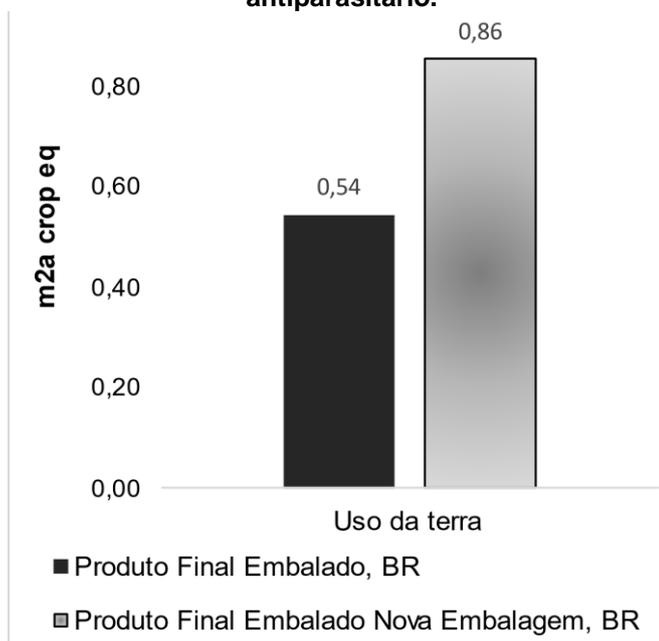


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

5.9.2.4 AICV para a categoria uso da terra

A única categoria em que o cenário proposto obteve pior desempenho do que o cenário atual foi no uso da terra (gráfico 14).

Gráfico 14 - Resultado absoluto para a categoria uso da terra para a produção de 1 litro do antiparasitário.

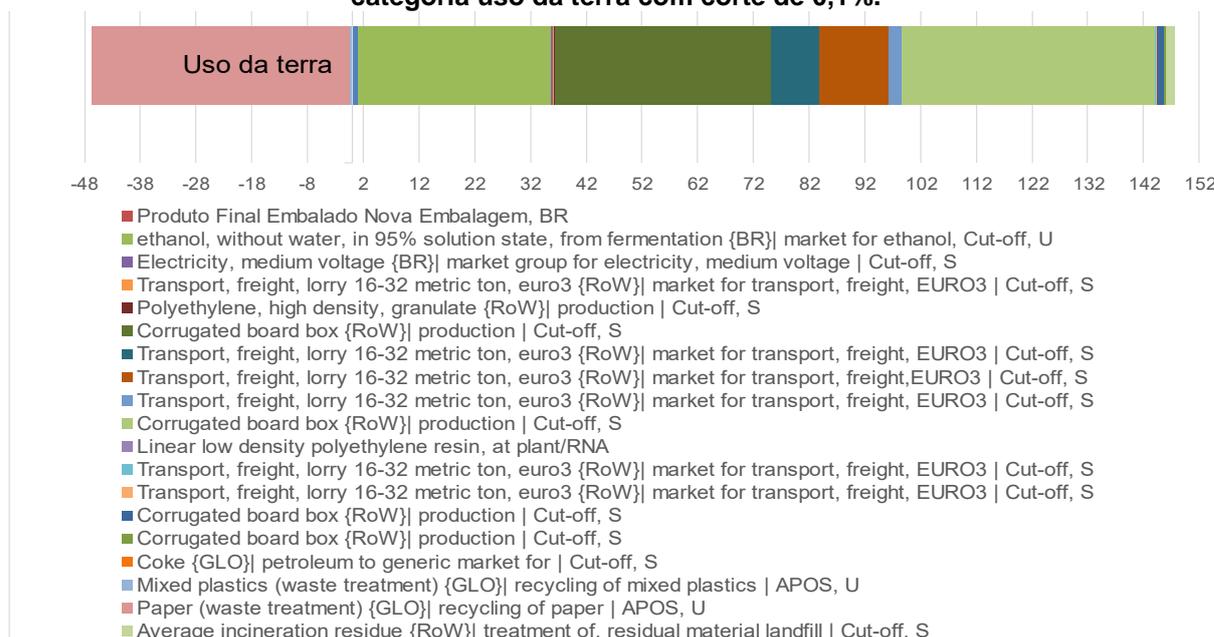


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

Essa categoria está relacionada ao uso do território e as transformações realizadas nele para o funcionamento do sistema. No cenário proposto, as entradas e saídas que mais se destacam são: as embalagens de papelão, EM3 e EM3NV (verde escuro e verde claro, gráfico 15) com 84,0%, os transportes de distribuição (turquesa, marrom e azul claro, gráfico 15) com 23,5% e o etanol (verde, gráfico 15) com 34,8% utilizado na limpeza do sistema. Uma característica importante dos gráficos dessa categoria são os valores negativos, o quais somados são 100%.

No cenário de nova embalagem, a reciclagem de papel ocasionou o desconto de -46,4% (rosa, gráfico 15). Isso quer dizer que para o valor absoluto obtido para a categoria uso da terra somente na etapa de envase, foram descontados 46,4% do valor pelo fato da realização da reciclagem de resíduos.

Gráfico 15 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria uso da terra com corte de 0,1%.

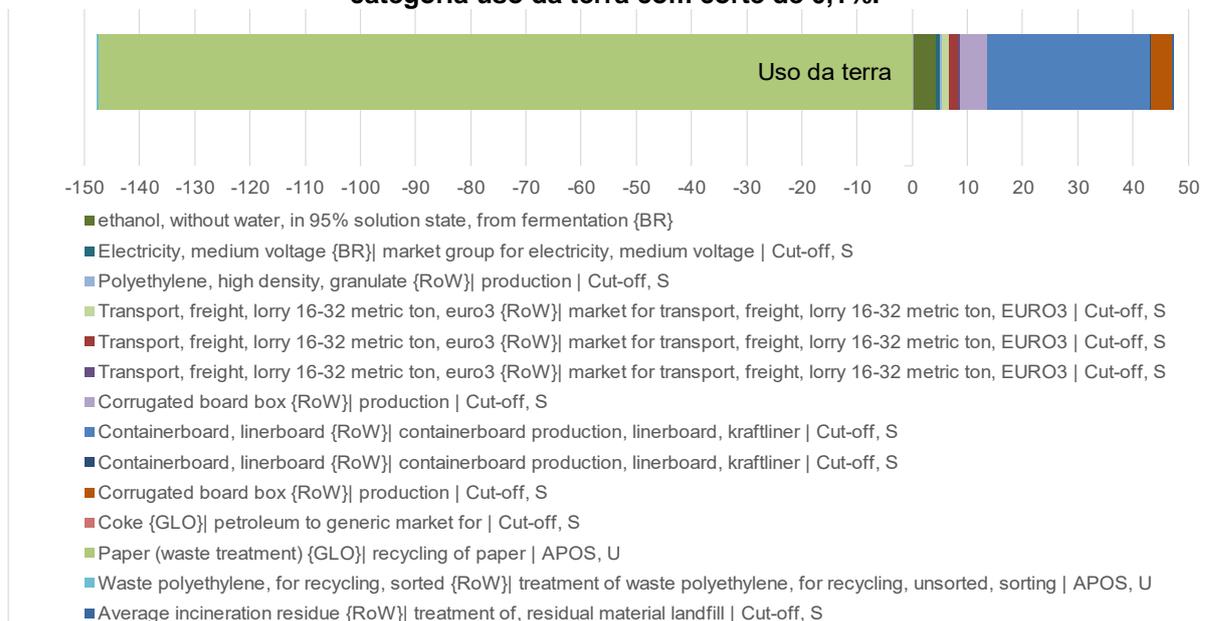


Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

Avaliando o gráfico 16, sobre o cenário atual, vale destacar a participação com -147,5% de compensação de danos por realização da reciclagem. E a partir disso, conclui-se o motivo pelo qual o cenário atual apresenta melhores resultados nessa categoria.

Os outros contribuintes são: etanol (verde escuro, gráfico 16) com 4,5% e as embalagens de papelão com 38,2% (lilás, azul e laranja, gráfico 16).

Gráfico 16 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria uso da terra com corte de 0,1%.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

O etanol, as embalagens de papelão e os transportes, os quais são as entradas com maiores percentuais de participação nesta categoria, possuem em seus inventários entradas de ocupação para tráfego, construção de site, uso de florestas como é o caso do papelão e outros.

As embalagens de papelão são as que mais possuem contribuição nessa categoria, isso porque o uso da terra está relacionado com o uso de florestas e as transformações ocorridas nelas para a produção desse material. Por isso a reciclagem desse material também alcançou compensações tão altas, na teoria, reciclar toda essa quantidade de papelão evitaria o enorme uso e transformações de florestas, sejam elas nativas ou reflorestadas.

Com isso algumas considerações importantes podem ser feitas, o papelão é o principal material que compõe os resíduos que vão para a reciclagem atualmente na empresa. O cenário atual possui entrada de 703,9 kg de papelão no sistema, enquanto o cenário com nova embalagem utiliza 419,1 kg de papelão. No sistema atual 143,7 kg de papelão são direcionados para reciclagem contra 5,8 kg do cenário proposto, ocasionando maior compensação de danos para o cenário atual.

O papelão que é encaminhado para a reciclagem são as embalagens secundárias dos ME do sistema, isso demonstra que o cenário proposto gera menor número de resíduo. Ao utilizar um tratamento de resíduo no software que evita que

novos recursos sejam explorados, neste caso a reciclagem, uma compensação de danos é feita, porém com isso é detectado uma limitação. Analisando pelas entradas nos dois sistemas, o cenário proposto utiliza 59,5% menos embalagens de papelão em massa, mas o valor da compensação de danos ocasionou maior pontuação do que o valor de menores entradas.

Levando em consideração que a reciclagem é o maior contribuinte para a categoria, pode-se concluir que o resultado não reflete a realidade. Neste caso vale a pena lembrar que evitar a geração de resíduos é preferencial de acordo a PNRS. Não faz sentido utilizar mais embalagens de papelão para gerar mais resíduo e essa carga de resíduos pontuar mais do que a não geração. Sendo assim a categoria uso da terra, mesmo apresentando resultado melhor para o cenário atual, ela não representa a realidade.

Interpretando os resultados do trabalho de Carmen Ferrara e Giovanni De Feo (2020), que comparam vários tipos diferentes de embalagens, entre elas a bag-in-box, modelo deste estudo, é possível chegar na mesma conclusão citada anteriormente. Os autores destacam que a embalagem cartonada foi a que obteve pior desempenho na categoria uso da terra, eles justificam exatamente o grande uso de área florestal. Se baseando nisso, o cenário atual apesar de usar maior quantidade de embalagem constituída de papel, isso remete também a um maior número de reciclagem do mesmo.

Outra conclusão dos autores que remete a este trabalho é exatamente o bom desempenho da bag-in-box, apesar da box ser constituída de papelão o material considerado como “*input*” por eles é um papel composto por 80% de material reciclado. Isto ressalta novamente o potencial da participação da reciclagem de papel como quesito decisório na categoria.

5.9.2.5 AICV para o consumo de água

O consumo de água do cenário atual é de 380,7m³ de água, o cenário proposto faz uma economia de 21m³, cerca de 21.000 litros de água, considerando 1 lote produzido. Vale a pena destacar que a fabricação do antiparasitário não utiliza água de forma direta em sua fórmula, toda a água quantificada pelo software é advinda dos

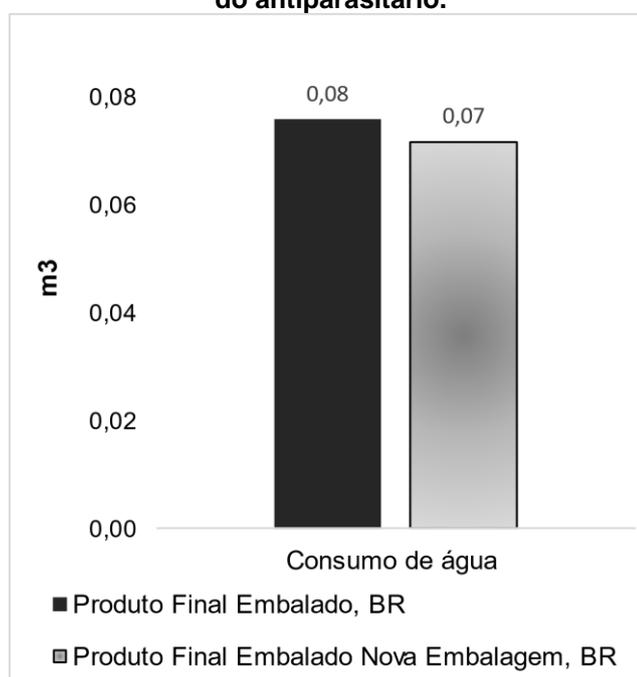
ciclos de vida próprios das entradas e saídas do ICV, com exceção da pequena quantidade de água evaporada nos banhos da etapa de formulação, 5 litros.

Avaliando por litro de produto fabricado (gráfico 17), 80 litros são necessários para o cenário atual contra 70 do cenário proposto, uma economia de 10 litros de água por litro de produto final.

Já avaliando o consumo de água na contribuição individual, também pode-se observar a participação da reciclagem com os valores negativos, -8,6% para cenário atual e -1,2% para cenário com nova embalagem. A produção industrial do papel e celulose utiliza muitos litros de água (TAKIGUCHI, 2020), por isso a reciclagem evitaria a produção de novos papéis e economizaria no consumo de água.

Apesar de participar com valores negativos, a reciclagem não foi o principal contribuinte da categoria, por isso a mesma não participou de modo decisório na comparação entre os cenários.

Gráfico 17 - Resultado absoluto para a categoria consumo de água para a produção de 1 litro do antiparasitário.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

No cenário atual, além da compensação da reciclagem de papelão, a reciclagem de plásticos (vermelho claro, gráfico 18) participa com -2,1%, no cenário proposto também é realizada a reciclagem dos plásticos advindos de embalagens

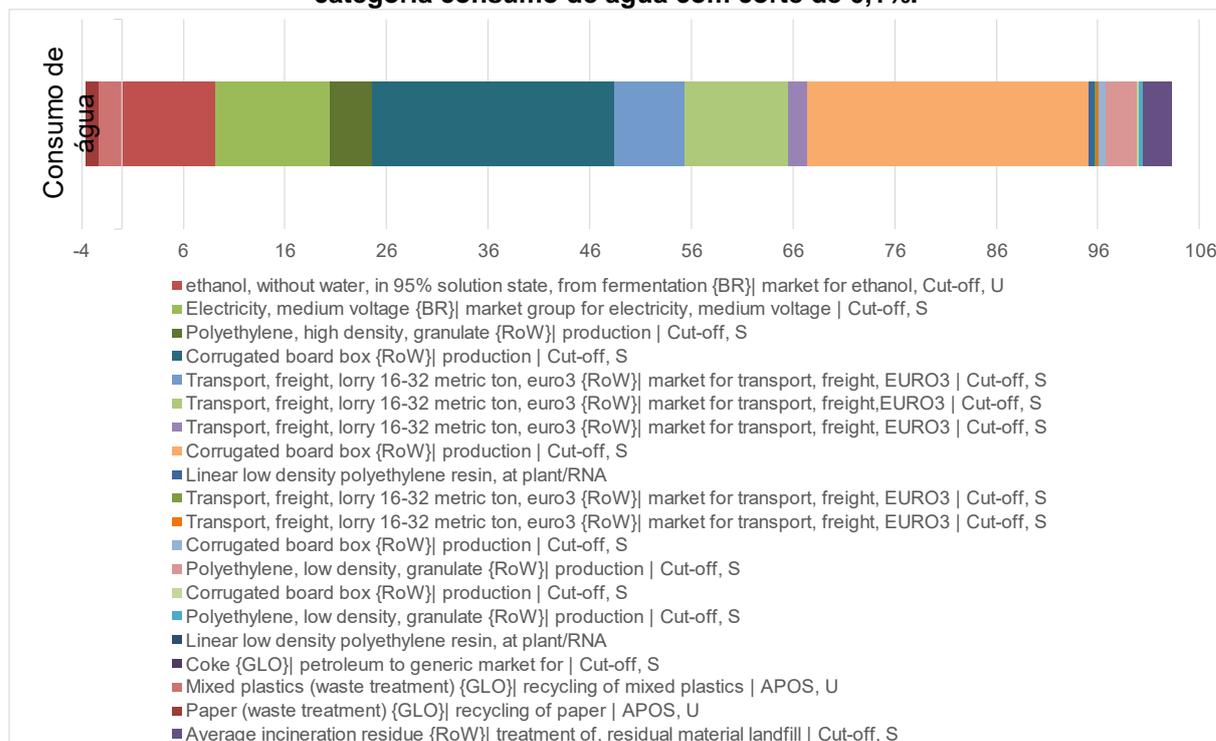
secundárias que participam com valor de -2,4%. No sistema atual se trata de reciclagem de PET, já no cenário proposto ocorre a reciclagem de um mix de plásticos.

Enquanto no cenário atual o principal contribuinte é a eletricidade, no cenário proposto são as embalagens de papelão com 44,7% (turquesa e salmão, gráfico 18).

Os principais contribuintes do cenário proposto são: etanol (vermelho, gráfico 18) 9,2%; Eletricidade (verde, gráfico 18) 11,2%; Os polietilenos, alta e baixa densidade (verde escuro e rosa, gráfico 18) contribuem juntos com 7,3%; O processo de incineração de resíduo (roxo, gráfico 18) com 2,9%; E os transportes de distribuição com 19,0% (azul claro, verde claro e lilás, gráfico 18).

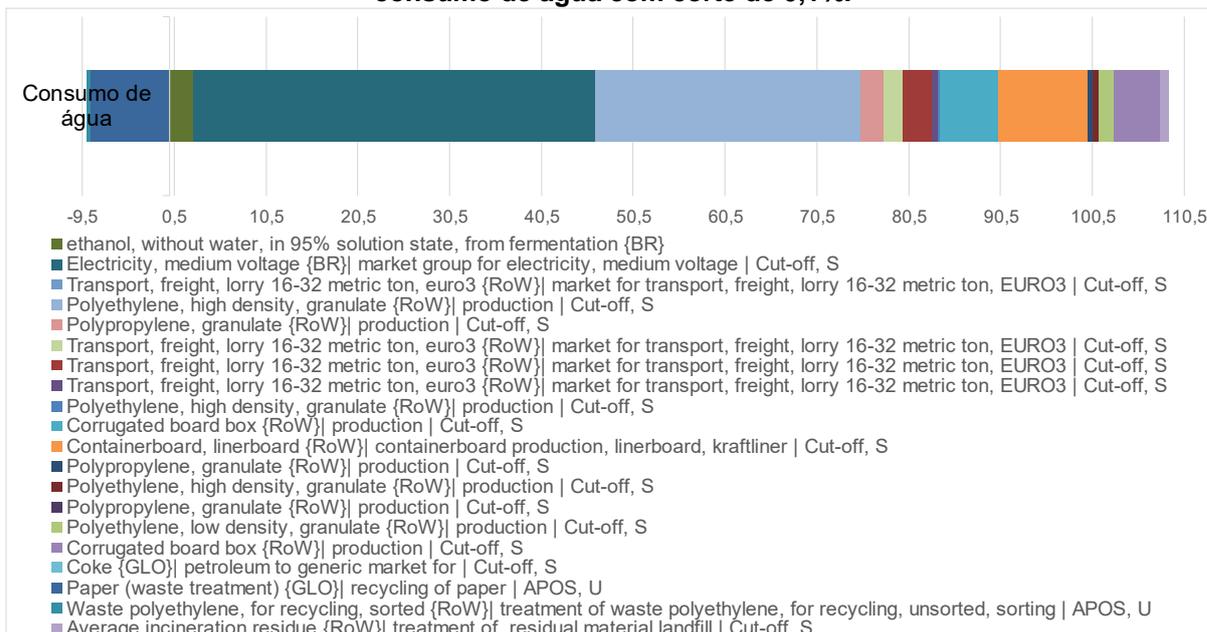
O etanol utiliza água no seu processo produtivo, o que também ocorre com os polímeros. A incineração utiliza entradas de água no processo de lavagem de gases. A energia utilizada como “input” no sistema é uma média baseada na matriz energética brasileira, por isso o consumo de água participa em processos como o de obtenção de energia da biomassa, além da evaporação que ocorre no processo de maior valor percentual na matriz, as hidrelétricas (HUNT J. D.; FREITAS M. A. V; JÚNIOR, A. O. P. 2016).

Gráfico 18 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário nova embalagem, categoria consumo de água com corte de 0,1%.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

Gráfico 19 - Resultado relativo da contribuição individual para o cenário atual, categoria consumo de água com corte de 0,1%.



Fonte: Elaboração própria, 2022 - Dados Simapro.

O maior contribuinte no cenário atual é a eletricidade, contribui com 43,6% na categoria consumo de água. Comparado ao cenário proposto atualmente é gasto 92,7% mais energia do que com a mudança de embalagem. No trabalho de Gileno e Turci (2021), onde comparam processos de reciclagem de garrafas PET, a eletricidade também foi encontrada como maior contribuinte para escassez de água, indicando sua grande parcela de contribuição no consumo de água.

O etanol (verde escuro, gráfico 19) contribui com 2,6%; Os polímeros (azul claro, rosa e verde, gráfico 19) participam com 32,9%; E as embalagens de papelão (azul capri, laranja e roxo claro, gráfico 19) contribuem com 21,3%.

5.10 Interpretação da ACV

A última etapa da metodologia de ACV é a interpretação, nela são identificados os pontos de melhoria a partir dos resultados definidos na etapa anterior, a avaliação de impacto. Com base no objetivo do trabalho e o objetivo e escopo da ACV, foi realizada a interpretação com relação a comparação dos dois cenários e também a análise individual da situação atual do sistema, para identificar possíveis pontos de melhoria atualmente.

No quadro 1 está descrito quais entradas foram as maiores contribuintes em cada impacto analisado. Para definir as mais danosas e orientar as medidas a serem tomadas.

Quadro 1 - Principais contribuintes para as categorias

Formulação			
Categoria	Output	Input	Percentual
Aquecimento global (Mudanças climáticas)	X	Pesticidas (MP1, MP2 e MP3)	45,3%
Toxicidade terrestre	X	Pesticidas (MP1, MP2 e MP3)	55,0%
Toxicidade humana não cancerígena	X	Pesticidas (MP1, MP2 e MP3)	60,9%
Uso da terra	X	Óleo vegetal (MP8)	77,4%
Consumo de água	X	Óleo vegetal (MP8)	63,9%
Envase			
Categoria	Cenário	Input ou output	Percentual
Aquecimento global (Mudanças climáticas)	Atual	Transporte de distribuição	36,2%
	Nova embalagem	Transporte de distribuição	58,8%
Ecotoxicidade terrestre	Atual	Transporte de distribuição	86,1%
	Nova embalagem	Transporte de distribuição	91,8%
Toxicidade humana não cancerígena	Atual	Incineração	55,4%
	Nova embalagem	Incineração	65,9%
Uso da terra	Atual	Reciclagem	-147,5%
		ME de papelão	38,2%
	Nova embalagem	ME de papelão (EM3 e EM3NV)	84,0%
Consumo de água	Atual	Eletricidade	43,6%
	Nova embalagem	Papelão	44,7%

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Na etapa de formulação, onde a embalagem final não participa do processo, as entradas mais impactantes são matérias-primas. Sendo assim, a medida que melhoraria o desempenho ambiental do produto final seria a mudança de MP, porém algumas questões importantes devem ser levadas em consideração.

A MP1, MP2 e MP3 contribuintes principais das categorias aquecimento global, toxicidade terrestre e toxicidade humana não cancerígena, são os ativos do produto, trazendo certa dificuldade na mudança das mesmas. Também vale ressaltar que o

“input” utilizado no software é um pesticida geral (Apêndice A - quadro 2), pois no banco de dadosecoinvent utilizado não consta os insumos exatos do produto em estudo.

Por se tratar de um pesticida inespecífico, ele calcula resultados de impactos considerando a média para os pesticidas em geral. Isso faz com que o software possua uma limitação nesse quesito, já que mesmo se a empresa fizer mudanças de MP, elas podem não conter na base de dados e não será possível ter resultados utilizando o mesmo método de comparação.

Diante disso a sugestão para a empresa é o desenvolvimento de um estudo de possíveis ativos para o produto final, levando em consideração pesquisas que demonstrem o desempenho de cada insumo ambientalmente de forma individual. Isso faz com que a empresa possa optar por matérias-primas mais sustentáveis.

Já para as categorias uso da terra e consumo de água, o óleo vegetal, MP8, é a entrada de maior participação nesses impactos. Nessa entrada também é calculado a partir de impactos médios dos óleos vegetais, a MP8 em específico não possui na base de dados. A alternativa também é um estudos sobre os impactos ambientais dos óleos disponíveis no mercado industrial atualmente, para então chegar a conclusão se o óleo utilizado atualmente é o mais sustentável, ou se outro óleo possui melhor desempenho ambiental.

Vale a pena destacar que o produto em estudo já possui sua fórmula definida e disponível no mercado, alcançando os padrões de qualidade e venda desejado pela empresa. Diante disso as MP, sejam elas pesticidas ou óleos que possam vir a ser estudadas, devem atender tais padrões de desempenho no produto final, não modificando características de qualidade e atendimento ao mercado.

Ainda avaliando o cenário atual para alcançar pontos de melhorias, a etapa de envase, obteve o transporte de distribuição com principal contribuinte em duas categorias, aquecimento global e ecotoxicidade terrestre. Esse resultado também foi encontrado pelos autores Gileno e Tursi (2021), ao comparar dois tipos de reciclagem de garrafas PET, encontraram o diesel utilizado no transporte como um dos principais pontos de melhoria. A medida sugerida é a listagem de todos os veículos envolvidos no transporte de distribuição para um estudo de modelos mais sustentáveis, rotas, distribuição de massa entre cargas e outros pontos que melhorem o desempenho ambiental dessa atividade.

Na categoria toxicidade humana não cancerígena, o processo de incineração causa os maiores danos. Os autores Martin, et. al (2021), comparam diferentes destinação de resíduos para a cidade de Bauru SP, a incineração obteve pior desempenho para todas as categorias avaliadas em comparação a reciclagem. Entre as categorias de impacto estavam: mudanças climáticas, depleção do ozônio, acidificação terrestre, eutrofização de água doce, ecotoxicidade e também toxicidade humana.

Os resíduos da empresa enviados para esse destino da incineração são os perigosos, isso porque a destinação desse tipo de resíduo (classe 1) requer empresa especializada e tratamento especializado, isso inclui desde o transporte para a segurança ambiental até seu fim de vida (BRASIL, 2010). Por isso um estudo sobre destinação de resíduo também pode ser realizado, porém deve-se levar em consideração o caso delicado dos resíduos perigosos.

Na categoria uso da terra, uma entrada se destaca, o ME de papelão e uma saída, exatamente a reciclagem de papel. Ou seja o bom desempenho na categoria está diretamente ligado a um dano, que seria a entrada de papel, quanto mais papel entrar no sistema, mais será reciclado e quantificará pontos positivos. Diante disso não é encontrado uma conclusão sobre essa categoria. Uma possível sugestão é relacionada ao terceiro maior contribuinte, o etanol que é utilizado na limpeza das máquinas. A fim de diminuir a quantidade utilizada desse solvente, a empresa pode desenvolver novas validações de limpeza. As validações sendo aprovadas, comprovariam que menor quantidade de solvente é suficiente para limpar as máquinas envolvidas no sistema. Outra alternativa é avaliar o inventário de outros solventes que poderiam ser utilizados na limpeza, para optar pelo de menor dano ambiental.

Na categoria uso da água é possível fazer uma ligação direta entre cenário atual com o cenário proposto de nova embalagem. O maior contribuinte atual da categoria é a eletricidade, levando em consideração que utilizando a nova embalagem são economizados 642,6 KWh de energia, para a categoria uso de água a medida indicada é exatamente a mudança de embalagem. Esta questão está relacionada com a máquina de envase, para a embalagem atual a máquina utiliza-se de ar comprimido o qual possui alta potência (tabela 5), enquanto a nova embalagem utiliza outra máquina de envase com potência menor (tabela 18).

Relembrando o conceito do Ecodesign, vale destacar o trabalho dos autores, Pomponi, et. al. (2022), eles salientam a importância de um design eficiente, diante da necessidade imediata de sustentabilidade. Até que se torne possível a eliminação dos danos ambientais, as embalagens como a bag-in-box, demonstram sua importância na mitigação de impactos. Para os autores um design deve focar principalmente na redução de material, os resultados dos autores evidenciam uma redução de aproximadamente 1,9 Mt CO₂eq com 415.000 carros que seriam retirados das estradas. As mudanças nas caixas de leite sugerida por eles visa menos polímero a ser utilizado, assim como a bag-in-box sugerida nesse trabalho.

O novo cenário obteve o mesmo resultado que o cenário atual na contribuição individual para as categorias, exceto pelo consumo de água, já discutido no parágrafo anterior. Isso quer dizer que a empresa optando pela troca de embalagem e diminuindo os impactos relacionados com a eletricidade, todas as outras medidas citadas para o cenário atual ainda são válidas.

Essa informação também valida que a mudança de embalagem não modifica em si qual entrada ou saída está contribuindo mais no impacto, e sim influencia na quantidade de dano causado para o meio ambiente, já que a nova embalagem obteve melhor resultado em 17 das 18 categorias abordadas pelo método.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os dados, infere-se que a troca de embalagem acarretará em melhor desempenho ambiental para o produto final. Das 18 categorias abordadas pelo método Recipe 2006, a nova embalagem obteve melhor resultado em 17 delas. A categoria uso da terra, foi decidida a partir de pontos de compensação de danos, o que de acordo a PNRS não condiz com a realidade dos resíduos sólidos. Nessa categoria a nova embalagem não foi melhor em resultados, pois o cenário atual recicla maior número de resíduos, porém o cenário proposto evita esses mesmos resíduos. Sendo assim, evitar é sempre melhor do que tratar um impacto negativo, o que invalida o melhor desempenho ambiental do sistema atual. Considerando essas questões a nova embalagem é mais sustentável de forma integral.

O estudo demonstrou a possibilidade e a necessidade de estudos ambientais isolados dentro da empresa. Eles dizem respeito as matérias-primas, meios de transporte de distribuição, método de tratamento de resíduos e solventes, todos eles baseados nos resultados do que é mais impactante ambientalmente. Uma variedade de pesquisas e projetos ambientais podem ser desenvolvidos dentro da empresa o que também dá margem a estudos futuros no âmbito científico.

A partir dos resultados, foi possível identificar algumas limitações do uso de softwares de ACV. Com relação as bases de dados, existe a falta de alguns químicos e insumos específicos, como é o caso dos farmacêuticos veterinários, forçando a utilização de “input” gerais e médios. A maioria das entradas foram inseridas considerando médias globais ou resto do mundo, pois o número de inventários brasileiros ainda é baixo, somente 3 entradas são de médias brasileiras, o etanol, a eletricidade e a água. Outra limitação foi o uso do método de compensação de danos, que podem indicar um resultado diferente da realidade como o que aconteceu na categoria uso da terra, isto destaca a importância da etapa de interpretação o qual erros desses tipo podem ser encontrados.

Apesar das limitações da ACV com o uso do software em paralelo, ela se apresentou como uma metodologia capaz de comparar cenários com resultados bastante condizentes com a realidade. Além de demonstrar seu potencial no direcionamento de esforços e no auxílio de tomada de decisão da empresa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TR 14047**: Gestão ambiental-Avaliação do ciclo de vida- Exemplos ilustrativos de como aplicar a NBR ISO 14044 a situações de avaliação de impacto. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental-Avaliação do ciclo de vida-Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental — Avaliação do ciclo de vida — Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

ACV-Brasil. **Softwares**. Disponível em: <<https://acvbrasil.com.br/software>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2021.

ANDRADE, T. S.; BOIATI, F. R. . **Estratégia de mercado e perfil da indústria farmacêutica veterinária no brasil**, 2016.

AZEVEDO, L. D. de; GERALDI, M. S.; GHISI, E. **Avaliação do Ciclo de Vida de diferentes envoltórias para habitações de interesse social em Florianópolis**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 123-141, out./dez. 2020.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. p. 312 – 4. ed. Editora Saraiva. São Paulo, 2016.

BENTO, R. C. et al. Congresso brasileiro do concreto CBC2013 – IBRACON. 2013. São Carlos, SP. **Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento BINAGRI - SISLEGIS -

Instrução Normativa 4/2007. p. 17, 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos; Presidência da República - Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. 2010.

BRITANNICA ESCOLA. WEB, 2021. **Ciclo de vida**. Disponível em:

<<https://escola.britannica.com.br/artigo/ciclo-de-vida/483005>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

BOUTROS M.; SABA S.; MANNEH R. **Life cycle assessment of two packaging materials for carbonated beverages (polyethylene terephthalate vs. glass): Case study for the lebanese context and importance of the end-of-life cenarios**. Journal of Cleaner Production, 2021.

CAMARA DOS DEPUTADOS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 3. Ed.

Brasília: Centro de Documentação e Informação Edições Câmara, 2017.

CAMPOLINA, J. M.; SIGRIST, C. S. L.; MORIS, V. A. DA S. **A review of the literature on software used in studies life cycle assessment**. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET), v. 19, n. 2, p. 735–750, 2015.

CARVALHO, F. **Segurança das fontes radioativas**. Captar, v.2, n. 1, p. 1-8, 2010.

CNI. **Setor industrial é responsável por 20,4% do produto interno bruto**

brasileiro. Disponível em: < <https://www.gov.br/casacivil/pt->

[r/assuntos/noticias/2021/maio/setor-industrial-e-responsavel-por-20-4-do-produto-interno-bruto-brasileiro-segundo-cni](https://www.gov.br/casacivil/pt-r/assuntos/noticias/2021/maio/setor-industrial-e-responsavel-por-20-4-do-produto-interno-bruto-brasileiro-segundo-cni)>. Acesso em: 06 de abril de 2021.

CORREA, R.; RIBEIRO, H. C. M.; SANTOS, M. C. D. **Gestão de recursos naturais uma necessidade real** - da gestão ambiental a um sistema de gestão ambiental.

XXX - Encontro nacional de engenharia de produção. São Carlos-SP, 2010.

COSTA et. al. **Concretos ecoeficientes de escória de aciaria: uma alternativa para alcançar a econômica circular**. Ibracon. V.15, n.2. 2021.

DE LIMA, S. S. P.; ANGNES, J. S. **Logística Reversa De Embalagens De Medicamentos Veterinários: Um Nicho Inexplorado Pela Ecoinovação**. Revista Internacional de Ciências, v. 10, n. 3, p. 68–84, 2020.

DI, V. et al. **RANKVET : A new ranking method for comparing and prioritizing the environmental risk of veterinary pharmaceuticals**. Ecological Indicators, v. 52, p. 270–276, 2015.

DUTRA, A. N. A. C. **Impactos ambientais de uma unidade agropecuária estimados pela avaliação do ciclo de vida**. 2018.

ECOINVENT. **Databases**. Disponível em: <<https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>>. Acesso: Junho, 2021.

FABI et. al. **Uso da avaliação de ciclo de vida (acv) em embalagens de plástico e de vidro na indústria de bebidas no Brasil**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 1. 2005.

FABRÍCIO T. N. R.; NEPOMUCENO; A. C. SILVA; N. A.; SANTIAGO. **Avaliação do Ciclo de Vida do Gesso Utilizando o Software SimaPro**. Espacios, v. 38, n. 41, 2017.

FARIA, R. J. F. **Avaliação de ciclo de vida de um produto obtido por impressão**

3D a partir de monofilamento com origem em garrafas PET. Dissertação.

Mestrado em Engenharia do Ambiente; Universidade do Porto, 2018.

FERRARA, C.; DE FEO G. **Comparative life cycle assessment of alternative systems for wine packaging in Italy.** Cleaner Production. Itália, 2020.

GILENO, A. L.; TURCI, L. F. R. **Life cycle assessment for PET-bottle recycling in Brazil: B2B and B2F route.** Cleaner Environmental Systems; v.3; Poços de Caldas – MG. Universidade Federal de Alfenas, 2021.

IBCT. **Avaliação do ciclo de vida:** histórico da ACV. Disponível em:

<[https://acv.ibict.br/acv/historico-da-](https://acv.ibict.br/acv/historico-da-acv/#:~:text=Neste%20contexto%20%C3%A9%20que%20nasce,menos%20recursos%20em%20sua%20fabrica%C3%A7%C3%A3o.)

[acv/#:~:text=Neste%20contexto%20%C3%A9%20que%20nasce,menos%20recursos%20em%20sua%20fabrica%C3%A7%C3%A3o.](https://acv.ibict.br/acv/historico-da-acv/#:~:text=Neste%20contexto%20%C3%A9%20que%20nasce,menos%20recursos%20em%20sua%20fabrica%C3%A7%C3%A3o.)>. Acesso em: Janeiro, 2022.

IPCC. **Aquecimento Global de 1,5°C:** Sumário para Formuladores de Políticas. Ippc, p. 28, 2019.

IPCC. **Assessing the Knowledge Base for a 1.5°C Warmer World.** v. Cap. 1, p. 49–91, 2018.

JONES, R. S.; WEST, E. **Environmental sustainability in veterinary anaesthesia.** Veterinary Anaesthesia and Analgesia, v. 46, n. 4, p. 409–420, 2019.

KAISER, S. C.; FAGNANI, K. C. **Evolução da gestão ambiental nas empresas brasileiras.** v. 2, p. 64–77, 2018.

KEBREAB, E. et al. **Environmental impact of using specialty feed ingredients in swine and poultry production:** A life cycle assessment. Journal of Animal Science,

v. 94, n. 6, p. 2664–2681, 2016.

KOLAR, B.; FINIZIO, A. **Assessment of environmental risks to groundwater ecosystems related to use of veterinary medicinal products**. Regulatory Toxicology and Pharmacology, v. 88, p. 303–309, 2017.

LEONARD, Annie. **A história das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo o que consumimos**. Rio de Janeiro, 2011.

LOTFALIAN DEHKORDI, A.; FOROOTAN, M. **Estimation of energy flow and environmental impacts of quinoa cultivation through life cycle assessment methodology**. Environmental Science and Pollution Research, v. 27, n. 17, p. 21836–21846, 2020.

MACEDO C. F.; TAVARES L. H. S; **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: Consequências e recomendações**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, n. 36, v.2, p.149 – 163, 2010.

MANSILHA, M. B.; FARRET, F. A.; DA ROSA, L. C. **Avaliação do ciclo de vida do alumínio primário utilizando o software OpenLca**. Espacios, v. 38, n. 41, 2017.

MAPA. **O que você precisa saber sobre o uso da ivermectina em animais de produção**. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/produtos/documentos-orientativos/orientacoes-sobre-o-uso-de-ivermectina-em-animais-de-producao-1.pdf>>. Acesso em: Janeiro, 2021.

MAPA. **Produtos veterinários - Orientações para o uso responsável**. Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI, p. 24, 2008.

MATTILA, et. al. **Land use in life cycle assessment**. Environmental Protection. 2011.

MARTIN, E. J. P; et. al. **Life cycle comparative assessment of pet bottle waste management options: A case study for the city of Bauru, Brazil**. Waste Management, v.119, p.226–234. 2021.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M.; **Cradle to Cradle: Criar e recriar ilimitadamente**. Editora Gustavo Gili. 2014.

MEDEIROS, L. M. et al. **Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos**. Ambiente Construído, v. 18, n. 2, p. 365–385, 2018.

MONTFORTS, M. H. M. M. **Validation of the exposure assessment for veterinary medicinal products**. Science of the Total Environment, v. 358, n. 1–3, p. 121–136, 2006.

MUÑOZ, N. et al. **Sustainability Assessment of Product – Service Systems Using Flows between Systems Approach**. Sustainability, v. 12, p. 1–20, 2020.

OMETTO. **Avaliação do ciclo de vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, EXERGIA e EMERGIA**. Tese apresentada à escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2005.

ONU. **Alerta para a poluição causada pela queima de lixo plástico**. 2019.

Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/05/1671451>>. Acesso em: 10 de abril, 2022.

ONU. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. 2021. Disponível em:

<<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 03 de Agosto de 2020.

NASCIMENTO L.; MELNIK A.; **A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde**. Revista Mangaio Acadêmico, v. 1, n.1, jan/jun, 2016.

HINZ, R. T. P.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO A. C.; **Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida**. Estudos tecnológicos em engenharia. V. 2, n° 2, p. 91-98. 2006.

HUNT J. D.; FREITAS M. A. V; JÚNIOR, A. O. P. **Usinas hidrelétricas reversíveis sazonais no rio São Francisco: aumentando o armazenamento energético e diminuindo a evaporação**. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 7, n.3, p. 18-33, 2016.

PAES, M. X. **Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos: Integração De Indicadores Ambientais e Econômicos por meio da Avaliação do Ciclo de Vida**. 2018.

PEGORARO, L. A.; UGAYA C. M. L. **A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no contexto do gerenciamento de resíduos sólidos**. Cenários estratégicos de empreendedorismo. Cadernos INTEC 4, p. 52-60. 2014.

PIEKARSKI, C. M. et al. **Análise do perfil ambiental da produção de painéis mdf: Estudo em uma condição tecnológica Brasileira**. Cerne, v. 20, n. 3, p. 409–418, 2014.

PLATCHECK, R. E. **Metodologia de Ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Dissertação de mestrado profissional em engenharia

ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

POMPONI, F. et al. **Environmental benefits of material-efficient design: A hybrid life cycle assessment of a plastic milk bottle.** Sustainable Production and Consumption, v. 30, p.1044–1052. 2022.

PORTO, K. M. B. G. **Efeitos da radiação gama (cobalto-60) nas principais propriedades físicas e químicas de embalagens compostas por papel grau cirúrgico e filme plástico laminado, destinadas à esterilização de produtos para a saúde.** IPEN. Universidade de São Paulo, 2013.

PTDISTANCE. **Calculador de distâncias.** Disponível em: <<https://pt.distance.to/>>. Acesso em: Agosto 2021.

RODRIGUEZ, O. O. O.; VILLAMIZAR-GALLARDO, R. A.; GARCÍA, R. G. **Life cycle assessment of four potable water treatment plants in northeastern Colombia.** Revista Ambiente e Agua, v. 9, n. 3, p. 445–458, 2014.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. **Life cycle assessment of municipal construction and demolition waste management system of Campinas Metropolitan Region.** Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 24, n. 1, p. 71–82, 2019.

SEAROUTE. **Sea route e distance.** Disponível em:<<http://ports.com/sea-route/#/?a=0&b=2090&c=Port%20of%20Mundra&d=Port%20of%20Santos,%20Brazili>>. Acesso em: Agosto 2021.

SERRANO COLAVITE, A.; KONICHI, F. **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade . XII SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.** Resende -RJ. Seget, 2015.

SIDAN. **Relatório anual do mercado financeiro de saúde animal**. 2021.

Disponível em: < <https://www.sindan.org.br/mercado/>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2021.

SIMAPRO. **SimaPro database manual methods library**: Recipe 2016. Versão 4.16. 2021.

SLANA, M.; DOLENC, M. S. **Environmental Risk Assessment of antimicrobials applied in veterinary medicine-A field study and laboratory approach**.

Environmental Toxicology and Pharmacology, v. 35, n. 1, p. 131–141, 2013.

SOUSA, S. R. **Normalização de critérios ambientais aplicados à avaliação do ciclo de vida**. Dissertação de mestrado: 2008.

TAKIGUCHI, C. Y. **Diagnóstico ambiental em indústria de papel e celulose**.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. TCC - Superior de Engenharia Ambiental e Sanitária. 2020.

TEIXEIRA, W. P. **Análise do ciclo de vida de componentes de painel**

fotovoltaico: estudo do berço-ao-portão. 87fls. Universidade Metodista de Piracicaba – Programa de pós-graduação em engenharia de produção. Santa Bárbara do Oeste, 2021.

UNEP. **Life Cycle Management - A Business Guide to Sustainability**. p.1-52.

2007.

WILLERS, C. D.; RODRIGUES, L. B.; SILVA, C. A. DA. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais**.

Production, v. 23, n. 2, p. 436–447, 2012.

APÊNDICE A

Quadro 2 - Modelagem do inventário do ciclo de vida para a etapa Formulação

Tipo	INPUT	Unid	Qtde total (5000L)	Qtde/ m3 PRODUTO	Qtd/L PRODUTO	Fonte e Observações	Nome no Software
Insumo	MP1	Kg	SF	SF	SF	Dado primário	Pesticide, unspecified {RoW} production Cut-off, S
Insumo	MP2	Kg	SF	SF	SF	Dado primário	Pesticide, unspecified {RoW} production Cut-off, S
Insumo	MP3	Kg	SF	SF	SF	Dado primário	Pesticide, unspecified {RoW} production Cut-off, S
Insumo	MP4	Kg	100,0	20,00	0,02	Dado primário	Vegetable oil, refined {GLO} market for Cut-off, S
Insumo	MP5	Kg	100,0	20,00	0,02	Dado primário	Non-ionic surfactant {GLO} non-ionic surfactant production, ethylene oxide derivate Cut-off, S
Insumo	MP6	Kg	500,0	100,00	0,10	Dado primário	Paraffin {RoW} production Cut-off, S
Insumo	MP7	Kg	2121,7	424,34	0,42	Dado primário	Isopropanol {RoW} production Cut-off, S
Insumo	MP8	Kg	750,0	150,00	0,15	Dado primário	Vegetable oil, refined {GLO} production Cut-off, S
Insumo	Água dos banhos	Kg	5000,0	1000,00	1,00	Dado primário (Poço)	Water, unspecified natural origin, BR-SP
Insumo	Álcool de limpeza	Kg	60,0	12,00	0,01	Dado primário	Ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation {BR} market for ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation Cut-off, U
Insumo	Eletricidade	KWh	519,5	103,90	0,10	Calculado a partir de dados primários	Electricity, medium voltage {BR} market group for electricity, medium voltage Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP1 (Marítimo)	Kgkm	4685175,2	937035,04	937,04	Estimado e Calculado SeaRoute (A partir de dado primário) - 9532nm (17653,26 km) (porto de mundra até porto de santos)	Sea, container ship {GLO} transport, freight, sea, container ship Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP1 (Rodoviário)	kgKm	259561,2	51912,24	51,91	Estimado e Calculado google Maps (A partir de dado primário) - 280Km (Gurajat até porto Mundra) 209 km (porto até empresa)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP2 (Marítimo)	Kgkm	6691621,4	1338324,28	1338,32	Estimado e Calculado SeaRoute (A partir de dado primário) - 10045nm (18603,34 km) (porto de hazira até porto de santos)	Transport, freight, sea, container ship {GLO} transport, freight, sea, container ship Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP2 (Rodoviário)	Kgkm	221719,08	44343,82	44,34	Estimado e Calculado google Maps (A partir de dado primário) - 99,2 Km (baruch até porto); 209 km (porto até empresa)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S

Serviço	Transporte insumos MP3 (Marítimo)	Kgkm	6461589,0	1292317,79	1292,32	Estimado e Calculado SeaRoute (A partir de dado primário) - 13256nm (24550,11km) (porto de shanguai até santos)	Transport, freight, sea, container ship {GLO} transport, freight, sea, container ship Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP3 (Rodoviário)	Kgkm	110017,6	22003,52	22,00	Estimado e Calculado google Maps (A partir de dado primário) - 209 km (porto até empresa)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP4 (Rodoviário)	Kgkm	28600,0	5720,00	5,72	Estimado e Calculado google Maps (A partir de dado primário) - 143km (guarulhos até empresa)	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP4 (Aéreo)	Kgkm	975513,0	195102,60	195,10	Estimado e Calculado ptdistance (A partir de dado primário) - (Aéreo 9755,13Km - Ludwigshafen até guarulhos)	Transport, freight, aircraft, unspecified {GLO} market for transport, freight, aircraft, unspecified Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP5, MP6 e MP8	Kgkm	166050,0	33210,00	33,21	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte SL, perdas e resíduos	Kgkm	132076,8	26415,36	26,42	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte insumos MP7 e Álcool	Kgkm	401432,8	80286,56	80,29	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Tipo	OUTPUT	Unid	Qtde total (5000L)	Qtde/ m3 PRODUTO	Qtd/L PRODUTO	Fonte e Observações	Nome no Software
PD evitado	Coke de petroleo	MJ	0,20	0,04	0,00	Calculado a partir de dado primário (Coprocessoamento)	Coke {GLO} petroleum to generic market for Cut-off, S
Tratamento	Incineração (Álcool de limpeza e perdas)	Kg	83,21	16,64	0,02	Dado primário	Average incineration residue {GLO} market for Cut-off, S
Insumo	Produto formulado	Kg	4436,8	-	-	Dado primário	Segue no processo

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Nota: SF – Segredo de fórmula.

Quadro 3 - Modelagem do Inventário para a etapa de envase do cenário atual.

Tipo	INPUT	Unid	Qtde total (5000L)	Qtde/ m3 PRODUTO	Qtd/L PRODUTO	Fonte	Nome no Software
Insumo	Álcool de limpeza	Kg	60	12,00	0,01	Dado primário	ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation {BR} market for ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation Cut-off, U
Insumo	Produto formulado	Kg	4436,8	887,36	0,89	Dado primário	Entrada como processo anterior - formulação
Insumo	Eletricidade	KWh	693,4	138,68	0,14	Calculado	Electricity, medium voltage {BR} market group for electricity, medium voltage Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens EM1 e EM2	Kgkm	116943,5	23388,70	23,39	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens EM3	Kgkm	33480,0	6696,00	6,70	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens EM4, EM6, EM7 e EM8	Kgkm	86661,12	17332,22	17,33	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Insumo	Transporte Embalagens EM5	Kgkm	10	2,00	2,00E-03	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Insumo	EM1	Kg	383,27	76,65	0,08	Dado primário	Polyethylene, high density, granulate {RoW} production Cut-off, S
Insumo	EM2	Kg	37,39	7,48	7,48E-03	Dado primário	Polypropylene, granulate {RoW} production Cut-off, S
Insumo	EM3	Kg	180	36,00	0,04	Dado primário - Papelão	Corrugated board box {RoW} production Cut-off, S
Insumo	EM4	Kg	377,66	75,53	0,08	Dado primário - Papel cartão	Containerboard, linerboard {RoW} containerboard production, linerboard, kraftliner Cut-off, S
Insumo	EM5	Kg	0,5	0,10	1,00E-04	Dado primário - Plástico adesivo	Polypropylene, granulate {RoW} production Cut-off, S
Insumo	EM6	Kg	3,46	0,69	6,92E-04	Dado primário - Plástico adesivo	Polypropylene, granulate {RoW} production Cut-off, S
Insumo	EM7	Kg	3,46	0,69	6,92E-04	Dado primário - Plástico adesivo	Polypropylene, granulate {RoW} production Cut-off, S
Serviço	Transporte distribuição 1	KgKm	2388586,1	477717,23	477,72	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S

Serviço	Transporte distribuição 2	KgKm	3442374,1	688474,83	688,47	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte distribuição 3	KgKm	667399,1	133479,81	133,48	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens secundárias destinação	KgKm	16859,3	3371,86	3,37	Dado primário - >>Reciclagem	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte de perdas e SR	KgKm	60025,0	12005,00	12,00	Estimado Google maps - >>Incineração/Coprocessa	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Insumo	EM8	Kg	2,3	0,46	4,60E-04	Dado primário	Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, S
Tipo	OUTPUT	Unid	Qtde total (5000L)	Qtde/ m3 PRODUTO	Qtd/L PRODUTO	Fonte e Observações	Nome no Software
Insumo	PRODUTO FINAL	Kg	5268,94	1053,79	1,05	Dado primário	Produto
Insumo	Perdas do processo EM perdidas	Kg	13,20	2,64	2,64E-03	Dado primário >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Embalagens secundárias	Kg	159,05	31,81	3,18E-02	Dado primário >>RECICLAGEM	Paper (waste treatment) {GLO} recycling of paper APOS, U Waste polyethylene, for recycling, sorted {RoW} treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting APOS, U
Insumo	Ajuste de máquina teste	Kg	9,00	1,80	1,80E-03	Dado primário >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Ajuste de máquina atual	Kg	27,50	5,50	5,50E-03	Aproximado >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Over Fill	Kg	119,40	23,88	2,39E-02	Calculado com base na perda de EM1 >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Solvente de limpeza	Kg	60,00	12,00	1,20E-02	Dado primário >>INCINERAÇÃO/ Coprocessamento	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Produto evitado	Coke de petróleo	MJ	0,14	0,03	2,89E-05	Calculado	Coke {GLO} petroleum to generic market for Cut-off, S

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Quadro 4 - Modelagem do inventário para a etapa de envase nova embalagem.

Tipo	INPUT	Unid	Qtde total (5000L)	Qtde/ m3 PRODUTO	Qtd/L PRODUTO	Fonte e Observações	Observação
Insumo	Álcool de limpeza	Kg	60,0	12,00	0,01	Dado primário	Ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation {BR} market for ethanol, without water, in 95% solution state, from fermentation Cut-off, U
Insumo	Produto formulado	Kg	4436,8	887,36	0,89	-	Produto do processo anterior
Insumo	Eletricidade	KWh	50,8	10,16	0,01	Calculado	Electricity, medium voltage {BR} market group for electricity, medium voltage Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens EM1NV, EM2NV	Kgkm	15505,3	3101,06	3,10	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens EM3NV	Kgkm	54107,0	10821,40	10,82	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte Embalagens EM3	Kgkm	35340,0	7068,00	7,07	Estimado Google Maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Insumo	Transporte Embalagens EM5	Kgkm	10,0	2,00	2,00E-03	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Insumo	EM1NV	Kg	53,22	10,64	0,01	Dado primário	Linear low density polyethylene resin, at plant/RNA
Insumo	EM2NV	Kg	16	3,20	3,20E-03	Dado primário	Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, S
Insumo	EM3NV	Kg	221,75	44,35	0,04	Dado primário	Corrugated board box {RoW} production Cut-off, S
Insumo	EM3	Kg	190	38,00	0,04	Dado primário	Corrugated board box {RoW} production Cut-off, S

Insumo	EM5	Kg	0,5	0,10	1,00E-04	Dado primário	Polypropylene, granulate {RoW} production Cut-off, S
Serviço	Transporte distribuição 1	KgKm	2158941,1	431788,21	431,79	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte distribuição 2	KgKm	3111415,1	622283,01	622,28	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte distribuição 3	KgKm	603233,5	120646,71	120,65	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte de perdas	KgKm	57543,1	11508,61	11,51	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Serviço	Transporte de resíduos (embalagens 2ª)	KgKm	1526,4	305,28	0,31	Estimado Google maps	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro3 {RoW} market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO3 Cut-off, S
Tipo	OUTPUT	Unid	Qtde total (5000L)	Qtde/ m3 PRODUTO	Qtd/L PRODUTO	Fonte e Observações	Observação
PRODUTO FINAL	PRODUTO FINAL	Kg	4762,37	952,47	0,95	Dado primário - Distribuição e vendas	Produto
Insumo	Perdas do processo (embalagens)	Kg	3,73	0,75	7,46E-04	Dado primário >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Embalagens secundárias	Kg	14,40	2,88	2,88E-03	Dado primário >>RECICLAGEM	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Over fill	Kg	119,40	23,88	2,39E-02	Cálculo estimado >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Insumo	Ajuste de máquina de envase	Kg	36,50	7,30	7,30E-03	Cálculo estimado >>INCINERAÇÃO	Average incineration residue {RoW} treatment of, residual material landfill Cut-off, S

Insumo	Solvente de limpeza	Kg	60,00	12,00	1,20E-02	Dado primário - >>INCINERAÇÃO/ Coprocessoamento	Average incineration residue (RoW) treatment of, residual material landfill Cut-off, S
Produto evitado	Coke	MJ	0,14	0,03	2,89E-05	Cálculo estimado	Coke {GLO} petroleum to generic market for Cut-off, S

Fonte: Elaboração própria, 2022.