



Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho"  
Programa Interunidades



**DOCTORADO**

---

**ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ARIANE BRAGA OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE CENÁRIOS DE LOGÍSTICA  
REVERSA DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS NO BRASIL**

BAURU  
2019



**ARIANE BRAGA OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE CENÁRIOS DE LOGÍSTICA  
REVERSA DE EMBALAGENS DE AGROTÓXICOS NO BRASIL**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Área de Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Donnini Mancini

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Fernando Gianelli

Bauru  
2019



O48a Oliveira, Ariane Braga  
Avaliação do ciclo de vida de cenários de logística reversa de embalagens de agrotóxicos no Brasil / Ariane Braga Oliveira. -- Bauru, 2019  
162 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Bauru  
Orientador: Sandro Donnini Mancini  
Coorientador: Bruno Fernando Gianelli

1. Avaliação do ciclo de vida. 2. Logística reversa. 3. Embalagens vazias de agrotóxicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ARIANE BRAGA OLIVEIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 31 dias do mês de julho do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) ICTS - UNESP - Campus Sorocaba, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. SANDRO DONNINI MANCINI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba, Prof. Dr. DIOGO APARECIDO LOPES SILVA do(a) Engenharia de Produção / Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Câmpus Sorocaba, Prof. Dr. GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS do(a) Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba, Prof. Dr. RICARDO GABBAY DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia Ambiental / Câmpus de São José dos Campos, Prof. Dr. MICHEL XOCAIRA PAES do(a) Departamento de Gestão Pública (GEP) / Fundação Getulio Vargas (FGV) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo (EAESP), sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de ARIANE BRAGA OLIVEIRA, intitulada **A LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS: UM OLHAR POR MEIO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. SANDRO DONNINI MANCINI

Prof. Dr. DIOGO APARECIDO LOPES SILVA

Prof. Dr. GERSON ARAÚJO DE MEDEIROS

Prof. Dr. RICARDO GABBAY DE SOUZA

Prof. Dr. MICHEL XOCAIRA PAES





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Bauru

## PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DA ALUNA: ARIANE BRAGA OLIVEIRA

DE: "A LOGÍSTICA REVERSA DE EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS: UM OLHAR POR MEIO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)"

PARA:

Avaliação do Ciclo de Vida de Cenários de Logística Reversa de Embalagens de Agrotóxicos no Brasil.

---

Bauru, 31 de julho de 2019

Prof. Dr. Sandro Donnini Mancini  
Orientador



Faculdade de Engenharia de Bauru – Pós-graduação  
Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 17033-360 Bauru - SP  
tel. (14) 3103-6108 spg@feb.unesp.br www.feb.unesp.br



Para meu marido Matheus, com amor.



## AGRADECIMENTOS

Iniciar os agradecimentos é sempre difícil, pois é nesse momento que começa a nostalgia de olhar para trás e ver todo o caminho que me levou até aqui.

Então comecei agradecendo as instituições de ensino que me acolheram e deram suporte. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – campus Itapetininga – por conceder o afastamento que foi primordial para a minha maior dedicação ao doutorado. A Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus Sorocaba – por me dar a oportunidade de cursar essa tão desejada pós-graduação.

Para os administradores das centrais de recebimento de Capão do Leão, Ituverava, Piedade e Piracicaba e também ao inpEV, muito obrigada por fornecerem os dados e demais informações relevantes a este trabalho.

A minha eterna gratidão para meu valioso orientador Sandro Mancini que teve a generosidade de oferecer seu conhecimento, a paciência de me orientar neste trabalho e a dedicação de sempre estar presente quando eu precisei. Professor, muito e muito obrigada!

Meu muito obrigada ao meu querido colega e coorientador, professor Bruno Gianelli, que foi quem apostou em mim e me guiou nos primeiros passos para o doutorado, além de ter me auxiliado no trabalho com o software.

Também quero agradecer aos professores Alexandre Marco, Maria Lúcia Antunes e Ricardo Gabbay por todas as dicas e ensinamentos.

Obrigada para os professores Gerson Araújo e Diogo Lopes Silva que participaram da minha qualificação e fizeram contribuições primordiais que foram incluídas no trabalho.

Meus colegas do IFSP/Itapetininga muito obrigada pelo companheirismo e, principalmente, para os companheiros da Licenciatura em Física que aguentaram as pontas enquanto estive afastada.

Para Vagner, Martinha, Victor e Érica pela amizade e compreensão nestes momentos que fiquei distante para concluir este trabalho e minha amiga Fernanda por estar perto quando precisei.

Aos meus sogros, Wilma e José Carlos, que sempre me recebem tão bem quando vamos para Garça e me abraçaram como uma filha.

À memória de meu pai que me ensinou a magia dos números e me apresentou quando eu tinha meus cinco anos como calcular a hipotenusa. O conhecimento é uma dádiva e ele sabia que era o único bem mais valioso que ele poderia me dar.

Meu agradecimento também vai para as mulheres da minha vida, Biolange, Solange, Izadora e Luiza. Sempre quando estamos juntas me proporcionam momentos felizes e aquele sentimento de estar em casa novamente.

Para uma pessoa evoluir e conseguir alcançar objetivos precisa de um apoio e, minha mãe Mariland, sempre foi esse esteio para mim. Trabalhou muito para me sustentar enquanto eu estudava e sei que não foi fácil essa tarefa. Não tenho palavras para agradecer tudo que fez para me ajudar, mas aceite o meu eterno amor.

Para minhas crianças, Lino e Glória Maria, que me mostram todos os dias que o maior bem que temos é a presença daquele que amamos e que comer um biscoito é sempre muito bom.

Deixei por último essa pessoa porque é sempre mais difícil agradecer para ele sem as emoções se aflorarem. Meu querido marido Matheus, não sei qual seria a palavra que deferia a gratidão por tudo que fez por mim. Estamos neste caminho já algum tempo e desde que decidimos percorre-lo juntos muitas coisas se passaram. Sempre nos apoiamos e conseguimos atingir os objetivos que traçamos juntos. E esse trabalho é mais uma conquista que alcançamos. Obrigada por sempre oferecer a estrutura que me mantém forte. Você é tudo para mim. Te amo para sempre!

Para finalizar os agradecimentos gostaria de expressar que sempre acreditei que tudo que somos é uma somatória das pessoas e das situações que estão ao nosso redor. Ao final deste trabalho o que era uma crença se concretizou em uma certeza. Essa Tese é um pouco das pessoas que passaram pela minha vida e de suas contribuições que, de alguma forma, moldaram um pouco a pessoa que me tornei e me fez chegar até aqui. A todos que contribuíram direta ou indiretamente o meu muito obrigada!

## Resumo

Neste trabalho foi realizada a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do processo de logística reversa da destinação de embalagens vazias de agrotóxicos empregado atualmente no Brasil. Esse procedimento apresenta um fluxo que se inicia na entrega das embalagens, após o uso, em postos de recebimento que encaminham a unidade maiores, denominadas centrais que, por sua vez, remetem os invólucros a incineradoras e recicladoras associadas ao órgão que administra o processo. Para avaliar esse procedimento, inicialmente, foi realizada uma ACV da fronteira final do sistema. Para tal foram utilizados dados de quantidade de embalagens destinadas, por tipo, e quantidade de viagens realizadas entre centrais e destinadoras, nos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 de quatro unidades de recebimento, localizadas nas cidades de: Capão do Leão/RS, Ituverava/SP, Piedade/SP e Piracicaba/SP. O método utilizado foi o Midpoint (H)/World ReCiPe H/H (2016). Nesse primeiro momento foram simulados o cenário atual e outros cenários com tratamentos diferentes dispensados às embalagens. Os resultados mostraram que as distâncias percorridas entre centrais e destinadoras prejudicam substancialmente o objetivo inicial do processo de redução de impactos ambientais. Um cenário em que são utilizadas recicladoras e incineradoras mais próximas às centrais foi capaz de reduzir os impactos ambientais em todas as categorias estudadas, para todos os anos e unidades de recebimento, atingindo, por exemplo, na central de Capão do Leão - a mais distante das destinadoras atuais - valores de diminuição entre 15,9 a 42,5%. Com esse resultado, foi realizada a ACV do processo completo com vários cenários que continham, além da troca das destinadoras, três propostas adicionais: a introdução de prensas nos postos, a descentralização e a inserção de postos de recebimento em locais estratégicos. Todos os cenários propostos também foram capazes de diminuir os danos ao meio ambiente. A utilização da prensa é a proposta menos efetiva (com reduções máximas atingindo 6,7%), enquanto que as demais podem ser mais eficientes ou não, dependendo da central de recebimento. A união de mais de uma proposta, para as central de Capão do Leão foi capaz de diminuir os impactos ambientais em até 46,9%, enquanto que para a unidade de Piracicaba, em que os valores máximos foram inferiores, a redução máxima foi de 14,2%. Portanto, o processo atual pode ser aprimorado e a escolha das melhores estratégias para tal variam de uma unidade de recebimento para outra.

**Palavras-chave:** Avaliação do Ciclo de Vida; Logística Reversa; Embalagens Vazias de Agrotóxicos



## Abstract

In this thesis it was carried out the Life Cycle Assessment (LCA) of the reverse logistics processes for the destination of empty agrochemical containers currently employed in Brazil. This procedure was created to reduce environmental damage and the process flow starts from the delivery of packages, after use, at the receiving stations that send them to larger units, called plants. In turn, they send the casings to the incinerators and recyclers associated to the body that administers the process. In order to evaluate this procedure, initially a LCA of the final frontier of the system was performed. For this purpose, we used data on the number of packages destined, by type and number of trips made between central and destination, in 2014, 2015, 2016 and 2017 of four reception units located in the cities of: Capão do Leão / RS, Ituverava / SP, Piedade / SP and Piracicaba / SP. The method used was Midpoint (H) / World ReCiPe H / H (2016). In this first moment the current scenario and other scenarios with different treatments to the packages were simulated. The results showed that the distances traveled between centrals and destinations substantially undermine the initial objective of the process of reducing environmental impacts. A scenario with recyclers and incinerators closer to the plants, was able to reduce environmental impacts in all categories studied, considering all the years and receiving units, reaching, for example, the Capão do Leão plant - the farthest one among the current destinations - decreasing values between 15.9 and 42.5%. With this result, the LCA of the whole process was carried out with several scenarios that contained, in addition to the exchange of the destinations, three additional proposals: the introduction of presses in the stations, the decentralization and the insertion of reception posts in strategic places. All of the proposed scenarios were also able to reduce the damage to the environment. The use of the press is the least effective proposal (with maximum reductions reaching 6.7%), while the others may be more efficient or not, depending on the receiving center. The union of more than one proposal for the Capão do Leão plant was able to reduce environmental impacts by up to 46.9%, while for the Piracicaba unit, where the maximum values were lower, the maximum reduction was to 14.2%. Therefore, the current process can be improved and the choice of the best strategies can vary from one receiving unit to another.

**Key words:** Life Cycle Assessment; Reverse Logistics; Empty Agrochemical Containers.



## Índice de Figuras

Figura 1-1 - Logística do destino das embalagens de agroquímicos .....	3
Figura 3-1 - Embalagem triex produzida pela Campo Limpo Plásticos (adaptada inpEV) .....	23
Figura 3-2 - Definições do limite do sistema. ....	29
Figura 3-3 - Fases de uma ACV .....	34
Figura 3-4 - Limites do sistema e sua vizinhança .....	36
Figura 3-5 - Exemplo de conjunto de processos elementares de um sistema de produto ...	37
Figura 3-6 - Abordagem da Análise de Ciclo de Vida .....	38
Figura 3-7 - Sistema que geram mais de um produto (esquerda) e Sistema dividido em Subprodutos (direita) .....	40
Figura 3-8 - Alocação para reciclagem ciclo aberto à esquerda e ciclo fechado à direita...	42
Figura 3-9 - Procedimentos simplificados para análise do inventário.....	45
Figura 3-10 - Dados do inventário, indicadores de categoria e categorias de impacto .....	48
Figura 4-1 - Área abrangida pela central de Capão do Leão .....	55
Figura 4-2 - Área abrangida pela Central de Ituverava .....	56
Figura 4-3 - Área abrangida pela central de Piedade.....	58
Figura 4-4 - Área abrangida pela Central de Piracicaba.....	60
Figura 4-5 - Sistema de produto e fronteiras da logística reversa das embalagens vazias ..	63
Figura 4-6 - Unidade de processo: Posto de Recebimento .....	66
Figura 4-7 - Unidade de processo: Central de Recebimento .....	67
Figura 4-8 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Capão do Leão (2014 - 2017) .....	70
Figura 4-9 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Ituverava (2014 - 2017) .....	70
Figura 4-10 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Piedade (2014 - 2017) .....	71
Figura 4-11 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Piracicaba (2014 - 2017) .....	71
Figura 4-12 - Fronteira do sistema estudado. ....	72

Figura 5-1 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Capão do Leão .....	118
Figura 5-2 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Ituverava .....	121
Figura 5-3 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Piedade.....	126
Figura 5-4 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Piracicaba.....	130
Figura 9-1 - Lavagem Tríplice.....	161

## Índice de Tabelas

Tabela 3-1 - Leis e Decretos que dispõe sobre agrotóxico e suas embalagens no Brasil....	15
Tabela 3-2 - Responsabilidades de todos os participantes do elo de destinação das embalagens vazias de agrotóxicos.....	16
Tabela 3-3 - Normas e resoluções para procedimentos relativos a destinação das embalagens vazias. ....	17
Tabela 3-4 - Classificação dos resíduos sólidos .....	19
Tabela 3-5 - Exemplos de relações entre atividades humanas, aspectos ambientais e impacto ambiental.....	32
Tabela 3-6 - Exemplo de unidade funcional e fluxo de referência em uma avaliação do ciclo de vida.....	39
Tabela 3-7 - Exemplo de alocação utilizando critério físico .....	41
Tabela 3-8 - Dados do inventário e categorias de impacto correspondente .....	46
Tabela 3-9 - Categorias de impacto do método ReCiPe 2016 <i>Midpoint</i> .....	49
Tabela 3-10 - Categorias de impacto do método ReCiPe 2016 <i>Endpoint</i> .....	51
Tabela 4-1 - Caracterização dos municípios – Central de Capão do Leão/RS.....	55
Tabela 4-2 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Capão do Leão/RS .....	56
Tabela 4-3 - Caracterização dos municípios – Central de Ituverava/SP .....	57
Tabela 4-4 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Ituverava/SP.....	57
Tabela 4-5 - Caracterização dos municípios – Central de Piedade/SP.....	59
Tabela 4-6 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Piedade/SP .....	59
Tabela 4-7 - Caracterização dos municípios – Central de Piracicaba/SP.....	60
Tabela 4-8 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Piedade/SP .....	61
Tabela 4-9 - Unidade Funcional .....	62
Tabela 4-10 - Fluxo de Referência .....	63

Tabela 4-11 - Estimativas de carga e transporte.....	65
Tabela 4-12 - Quantidade média anual de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Capão do Leão no período de 2014 a 2017.....	65
Tabela 4-13 - Quantidade de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Ituverava no ano de 2017.....	65
Tabela 4-14 - Quantidade média anual de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Piedade no período de 2014 a 2017 .....	66
Tabela 4-15 - Quantidade média anual de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Capão do Leão no período de 2014 a 2017.....	66
Tabela 4-16 - Inventários de PEAD, PP, Papelão e Metais.....	69
Tabela 4-17 - Composição e Inventário do COEX.....	69
Tabela 4-18 - Composição e Inventário do Materiais Incinerados.....	69
Tabela 4-19 - Dados secundários do Ecoinvent para transporte .....	69
Tabela 4-20 - Tratamento das embalagens – C1 .....	73
Tabela 4-21 - Dados secundários do Ecoinvent – C1.....	73
Tabela 4-22 - Tratamento das embalagens – C2 .....	74
Tabela 4-23 - Dados secundários do Ecoinvent – C2.....	74
Tabela 4-24 - Localização entre os aterros e as distâncias para as centrais .....	74
Tabela 4-25 - Tratamento das embalagens – C3 .....	75
Tabela 4-26 - Equivalência de massa entre os materiais não contaminados e o carvão.....	75
Tabela 4-27 - Dados secundários do Ecoinvent – C3.....	76
Tabela 4-28 - Tratamento das embalagens – C4 .....	77
Tabela 4-29 - Dados secundários do Ecoinvent – C4.....	77
Tabela 4-30 - Recicladoras de plásticos associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais .....	78
Tabela 4-31 - Recicladoras de papelão associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais.....	78
Tabela 4-32 - Siderúrgicas associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais.	78
Tabela 4-33 - Incineradoras associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais	79
Tabela 4-34 - Locais das recicladoras de plásticos e papelão utilizadas no cenário 5 .....	79
Tabela 4-35 - Locais das siderúrgicas utilizadas no cenário 5 .....	79
Tabela 4-36 - Locais das incineradoras utilizadas no cenário 5 .....	79
Tabela 4-37 - Tabela resumo dos cenários da fronteira agricultor-destinação.....	81

Tabela 5-1 - Distâncias percorridas entre agricultores e unidades de recebimento – Central de Capão do Leão .....	84
Tabela 5-2 - Percentual aproximado do total de embalagens recebidos da central por posto – Central de Capão do Leão .....	84
Tabela 5-3 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Capão do Leão .....	84
Tabela 5-4 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras – Central de Capão do Leão .....	85
Tabela 5-5 - Distâncias percorridas entre agricultores + usinas e unidades de recebimento (cenários sem Morro Agudo) – Central de Ituverava .....	85
Tabela 5-6 - Distâncias percorridas entre agricultores + usinas e unidades de recebimento (cenários com Morro Agudo) – Central de Ituverava.....	86
Tabela 5-7 - Percentual aproximado do total de embalagens recebidas da central por posto (cenários sem Morro Agudo) – Central de Ituverava .....	86
Tabela 5-8 -Percentual aproximado do total de embalagens recebidas da central por posto (cenários com Morro Agudo) – Central de Ituverava.....	86
Tabela 5-9 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Ituverava .....	87
Tabela 5-10 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras – Central de Ituverava .....	87
Tabela 5-11 - Distâncias percorridas entre agricultores e unidades de recebimento – Central de Piedade.....	88
Tabela 5-12 - Percentual aproximado do total de embalagens recebidas da central por posto – Central de Piedade .....	88
Tabela 5-13 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Piedade .....	89
Tabela 5-14 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte I) – Central de Piedade .....	89
Tabela 5-15 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte II) – Central de Piedade .....	89
Tabela 5-16 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte III) – Central de Piedade.....	89
Tabela 5-17 - Distâncias percorridas entre agricultores e unidades de recebimento – Central de Piracicaba.....	90

Tabela 5-18 - Percentual do total de embalagens recebidas da central por posto – Central de Piracicaba.....	90
Tabela 5-19 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Piracicaba.....	90
Tabela 5-20 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte I) – Central de Piracicaba.....	91
Tabela 5-21 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte II) – Central de Piracicaba.....	91
Tabela 5-22 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Capão do Leão.....	92
Tabela 5-23 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Ituverava.....	93
Tabela 5-24 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Piedade.....	94
Tabela 5-25 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Piracicaba.....	95
Tabela 5-26 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Capão do Leão.....	96
Tabela 5-27 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Ituverava.....	97
Tabela 5-28 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Piedade.....	98
Tabela 5-29 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Piracicaba.....	99
Tabela 5-30 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2017.	100
Tabela 5-31 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Capão do Leão (2014 - 2017).....	101
Tabela 5-32 - Categorias de Impacto para a Central de Ituverava para o ano de 2017.....	104
Tabela 5-33 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Ituverava (2014 - 2017).....	105
Tabela 5-34 - Categorias de Impacto para a Central de Piedade para o ano de 2017.....	108
Tabela 5-35 - Comparação entre cenários propostos e atual - central de Piedade (2014 - 2017).....	109
Tabela 5-36 - Categorias de Impacto para a Central de Piracicaba para o ano de 2017 ..	112
Tabela 5-37 - Comparação entre cenários propostos e atual - central de Piracicaba (2014 - 2017).....	113
Tabela 5-38 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2017.	117
Tabela 5-39 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Capão do Leão (2014 - 2017).....	117
Tabela 5-40 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2017.....	120
Tabela 5-41 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Ituverava (2014 - 2017).....	122

Tabela 5-42 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2017 .....	124
Tabela 5-43 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Piedade (2014 - 2017) .....	125
Tabela 5-44 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2017 .....	127
Tabela 5-45 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Piracicaba (2014 - 2017).....	129
Tabela 8-1 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2014...	152
Tabela 8-2 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2015...	152
Tabela 8-3 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2016...	152
Tabela 8-4 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2014.....	153
Tabela 8-5 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2015.....	153
Tabela 8-6 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2016.....	153
Tabela 8-7 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2014 .....	153
Tabela 8-8 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2015 .....	154
Tabela 8-9 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2016 .....	154
Tabela 8-10 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2014 .....	154
Tabela 8-11 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2015 .....	154
Tabela 8-12 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2016 .....	155
Tabela 8-13 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2014.	155
Tabela 8-14 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2015.	155
Tabela 8-15 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2016.	156
Tabela 8-16 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2014.....	156
Tabela 8-17 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2015.....	156
Tabela 8-18 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2016.....	157
Tabela 8-19 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2014 .....	157
Tabela 8-20 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2015 .....	157
Tabela 8-21 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2016 .....	158
Tabela 8-22 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2014 .....	158
Tabela 8-23 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2015 .....	158
Tabela 8-24 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2016 .....	159



## Sumário

<b>RESUMO</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	5
2.1.1 <i>Objetivos Específicos</i> .....	5
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
3.1 REVISÃO DA LITERATURA SOBRE O TEMA .....	7
3.1.1 <i>Pesquisa com termo “Pesticide Containers”</i> .....	7
3.1.2 <i>Pesquisa com termo “Agrochemical Containers”</i> .....	11
3.1.3 <i>Pesquisa com termo “Agrochemical Packaging”</i> .....	11
3.1.4 <i>Pesquisa com termo “Pesticide Packaging”</i> .....	12
3.2 AS EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS .....	13
3.3 LEGISLAÇÃO E NORMAS COMPLEMENTARES RELACIONADAS AO TRATAMENTO DA DESTINAÇÃO DAS EMBALAGENS NO BRASIL .....	15
3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS EMBALAGENS VAZIAS .....	17
3.5 LAVAGEM TRÍPLICE OU SOB PRESSÃO .....	19
3.6 UNIDADES DE RECEBIMENTO.....	20
3.7 TRANSPORTE DAS EMBALAGENS .....	22
3.8 DESTINAÇÃO FINAL .....	22
3.9 O TRATAMENTO DAS EMBALAGENS NO BRASIL .....	23
3.10 LOGÍSTICA REVERSA .....	25
3.11 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV).....	28
3.11.1 <i>As Normas ISO 14000 e a ACV</i> .....	31
3.11.2 <i>Estrutura de uma ACV</i> .....	33

3.11.3	<i>Análise do Inventário</i> .....	44
	<i>Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)</i> .....	45
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>53</b>
4.1	COLETA DE DADOS.....	53
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS CENTRAIS DE RECEBIMENTO.....	54
4.2.1	<i>Capão do Leão/RS</i> .....	54
4.2.2	<i>Ituverava/SP</i> .....	56
4.2.3	<i>Piedade/SP</i> .....	58
4.2.4	<i>Piracicaba/SP</i> .....	60
4.3	AValiação DO CICLO DE VIDA.....	61
4.4	SOBRE MONTAGEM DO SISTEMA DE PRODUTO E OS DADOS UTILIZADOS.....	64
4.5	CENÁRIOS DA FRONTEIRA CENTRAL-DESTINAÇÃO.....	72
4.6	CENÁRIOS DA FRONTEIRA AGRICULTOR-DESTINAÇÃO.....	79
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>83</b>
<b>5.1</b>	<b>INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA</b> .....	<b>83</b>
5.2	ACV DA FRONTEIRA CENTRAL-DESTINAÇÃO.....	100
5.2.1	<i>Central de Capão do Leão</i> .....	100
5.2.2	<i>Central de Ituverava</i> .....	104
5.2.3	<i>Central de Piedade</i> .....	108
5.2.4	<i>Central de Piracicaba</i> .....	112
<b>5.3</b>	<b>ACV DA FRONTEIRA AGRICULTOR-DESTINAÇÃO</b> .....	<b>116</b>
5.3.1	<i>Central de Capão do Leão</i> .....	116
5.3.2	<i>Central de Ituverava</i> .....	120
5.3.3	<i>Central de Piedade</i> .....	124
5.3.4	<i>Central de Piracicaba</i> .....	127
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>131</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>135</b>
<b>8</b>	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>147</b>
8.1	HISTÓRICO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	147
8.2	RESULTADOS DAS ACV – DADOS ABSOLUTOS.....	152
8.2.1	<i>Cenários da fronteira central-destinação</i> .....	152
8.2.2	<i>Cenários da fronteira agricultor-destinação</i> .....	155
<b>9</b>	<b>ANEXO - LAVAGEM DAS EMBALAGENS</b> .....	<b>161</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Durante o século XX a agricultura se desenvolveu e se intensificou, principalmente pós Segunda Guerra Mundial. Esse crescimento, conhecido como Revolução Verde, foi baseado na disseminação de tecnologias, produtos químicos, pesquisas e maquinários que auxiliaram no aumento da produtividade agrícola e maximização dos lucros (CANDIOTTO, 2018).

A revolução verde chega no Brasil na década dos anos 60 através de políticas públicas que incentivavam o uso dos agrotóxicos. Em 1965 foi criado o Sistema Nacional de Crédito Rural, que fornecia crédito para atividades agrícolas, mas parte desse crédito deveria estar vinculado à compra de produtos fitossanitários pelos agricultores. Em 1975, foi instituído, dentro do Plano Nacional de Desenvolvimento, o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas que subsidiou a abertura de empresas nacionais fornecedoras de insumos agrícolas (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018; LONDRES, 2011).

Atualmente, ainda há incentivos à produção e comércio desses produtos, há, por exemplo, isenções oferecidas sobre o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e redução na contribuição em 60% do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Afins (ICMS) para as empresas fabricantes de agrotóxicos (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Com isso, foi gerada uma cultura do uso dos agrotóxicos que, no passar dos anos, tornou o Brasil um dos maiores consumidores mundiais desse produto. Um dos fatores que mostram o quanto essa cultura está instituída no país, é o valor gasto com a compra de produtos fitossanitários: o valor saltou de dois bilhões de dólares, em 2001, para sete bilhões, em 2008.

Em 2010, o Brasil detinha 19% do mercado internacional de defensivos, com um milhão de toneladas aplicados no campo. O que dá em média, 5,2kg de produtos químicos por pessoa/ano. Esse número é aproximadamente três vezes maior que a média por

habitante nos Estados Unidos que era de 1,8 kg (LONDRES, 2011; RAMOS, *et al.*, 2016; MILHORANCE, 2016).

Os agrotóxicos também trazem consigo um outro aspecto que pode afetar a saúde e o meio ambiente: o descarte de suas embalagens pós-uso. Por ser um resíduo sólido que pode possuir algum grau de contaminação, este recipiente não pode ocorrer juntamente com o sistema de coleta de embalagens de resíduos urbanos (BRASIL, 2010a).

Para regulamentar essa questão, o governo federal estabeleceu um conjunto de leis e normas, sendo a principal delas a de nº 9.974/2000, que versa, entre outros acertos, sobre o tratamento dos invólucros dos defensivos (BRASIL, 2000a).

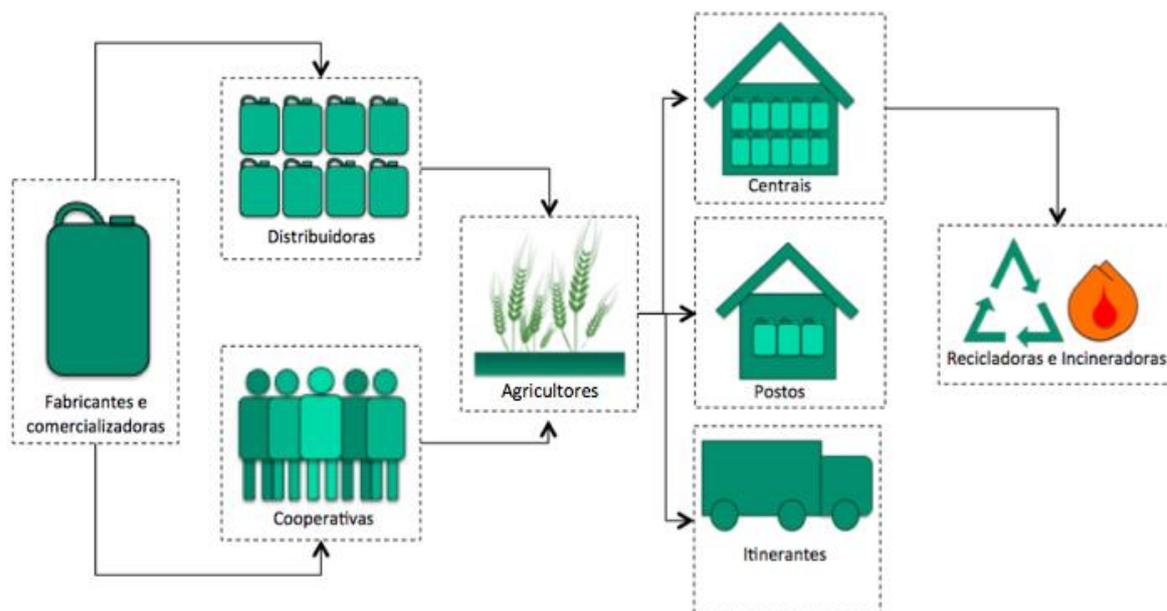
Essa lei discrimina as responsabilidades de todos os agentes atuantes no processo: os comerciantes precisam orientar os agricultores sobre o tratamento das embalagens, após o uso e indicar os pontos de descarte; os produtores rurais devem entregar as embalagens nos locais, conforme indicado pelos comerciantes; os fabricantes devem receber as embalagens e fazer a destinação de forma apropriada; os órgãos públicos devem fiscalizar o cumprimento da legislação vigente pelos outros elos (BRASIL, 2000a).

Para auxiliar no cumprimento dessas obrigações legais, produtores e fabricantes de agrotóxicos fundaram o inpEV – Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Trata-se de uma entidade sem fins lucrativos que tem por objetivo dar a destinação das embalagens vazias de agroquímicos em todo o território nacional. O inpEV faz a administração do processo por meio de logística reversa (Figura 1-1), recolhendo as embalagens dos postos/centrais de recebimento e enviando para reciclagem ou incineração (inpEV, 2016).

Antes da lei citada, as embalagens vazias eram descartadas junto aos resíduos domésticos, abandonadas em terrenos ou incineradas pelos próprios agricultores. Conforme o inpEV, a adoção da logística reversa realizada pelo instituto consegue tratar 93% das embalagens utilizadas no país (inpEV, 2019).

As embalagens devem ser entregues em postos de recolhimento ou em centrais (o que for mais conveniente para o agricultor). Cada local de recebimento tem seu papel determinado. Os postos possuem duas funções principais: receber do agricultor as embalagens e armazená-las até possuir um volume necessário para o envio à central. Já as centrais de recebimento devem separar as embalagens pelo tipo de material (plástico co-extrudado (COEX), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), papelão, metal e não-lavadas), prensá-las e armazená-las até atingir um volume suficiente para serem encaminhadas aos destinos de reciclagem ou incineração (inpEV, 2016).

Figura 1-1 - Logística do destino das embalagens de agroquímicos



Fonte: Elaborado pela autora (adaptado de inpEV, 2018)

Além de receber as embalagens em suas localidades, as centrais também fazem coletas itinerantes. O inpEV faz uma divulgação em um meio de comunicação e avisa para a comunidade que um caminhão credenciado vai recolher as embalagens vazias, contudo esse serviço é mais esporádico (inpEV, 2018).

O novo processo de destinação das embalagens, implementado atualmente, trouxe outros impactos ao meio ambiente como, por exemplo, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) gerados pelo transporte rodoviário utilizado para encaminhar os recipientes vazios entre os postos, centrais e pontos de destinação final (inpEV, 2018; IEA, 2018).

Uma das ferramentas utilizadas para estudar esses impactos é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Ao se fazer uma ACV, o pesquisador pode procurar maneiras de melhorar e gerenciar os impactos ambientais produzidos por determinada atividade, já que essa avaliação oferece uma visão mais ampla de todos os possíveis impactos ambientais, causados pelas fases de vida de um produto (ABNT, 2009a).

O presente trabalho faz uma análise inédita dos impactos ambientais associados ao processo de logística reversa das embalagens, que foi estabelecido no Brasil desde ano 2000, por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem o objetivo de realizar a avaliação do ciclo de vida (ACV) do processo de logística reversa empregado atualmente às embalagens vazias de agrotóxicos gerenciadas no país pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV). Especificamente nas centrais de recebimento de Capão do Leão/RS, Ituverava/SP, Piedade/SP e Piracicaba/SP, no período de 2014 a 2017.

#### 2.1.1 *Objetivos Específicos*

- Analisar cenários de logística reversa e estimar seus impactos ambientais por meio da ACV;
- Identificar os principais impactos ambientais causados pela logística reversa existente e apontar quais são os seus fatores causadores mais determinantes dentro deste sistema;
- Propor cenários alternativos ao processo vigente, com base nos procedimentos realizados dentro das unidades de recebimento e que possam ser adaptados às realidades locais;
- Simular esses cenários e avaliar as potencialidades destes cenários em reduzir os impactos ambientais para as centrais de recebimento;
- Sugerir um conjunto de alterações capazes de diminuir os impactos ambientais causados pela conjuntura atual.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Revisão da literatura sobre o tema

Para compreender a importância e ineditismo do tema estudado nessa tese, foi realizada uma procura no mecanismo de pesquisa do Scopus<sup>1</sup> utilizando as palavras que giram em torno de embalagens vazias de agrotóxico como: “pesticide containers”, “agrochemical containers”, “agrochemical packaging” e “pesticide packaging”. O período de artigos procurados será entre os anos de 1995 até 2019.

Nos artigos encontrados na busca anterior, foi realizada uma procura nos *abstracts* dos termos: “life cycle assessment”, “reverse logistics”, “logistics”, “life cycle”, “assessment” e expressões ou frases que levem ao entendimento de conceitos de logística reversa ou avaliação do ciclo de vida.

Com essa pesquisa foi possível observar a importância e o reverberação do tema no meio acadêmico.

##### 3.1.1. Pesquisa com termo “Pesticide Containers”

Foram encontrados setenta e cinco artigos. Somente dez trabalhos mencionaram a logística reversa e nenhum mencionou avaliação do ciclo de vida.

Abaixo segue um resumo breve de como a logística reversa foi mencionada nos artigos relacionados da pesquisa efetuada.

- MARNASIDIS, S., STAMATELATOU, K., VERIKOUKI, E., KAZANTZIS, K. Assessment of the generation of empty pesticide containers in agricultural áreas. **Journal of Environmental Management**, 224, 2018.

---

<sup>1</sup> <http://www.scopus.com>

Neste trabalho os pesquisadores tiveram como objetivo estimar os índices de geração de recipientes vazios de agrotóxicos. Este estudo foi realizado em Pella na Grécia e resultou em três propostas de logística reversa que são: (a) um sistema de gestão locais com pequenas estações para coleta de materiais, o agricultor responsável somente pela lavagem tríplice e o transporte para centro de reciclagem realizado pelas autoridades municipais locais; (b) um sistema com estações de coleta maior com coletores que fariam a logística do recolhimento das embalagens, com o município tendo apenas o papel de fiscalizador e (c) os municípios seriam responsáveis pela toda logística reversa das embalagens e isso demandaria pessoal especializado e qualificado.

- POUOKAM, G.B., ALBUM, W.L., NDIKONTAR, A.S., SIDATT, M.E.H. A pilot study in cameroon to understand safe uses of pesticides in agriculture, risk factors for farmers' exposure and management of accidental cases. **Toxics**, V. 5 (4). 2017.

O uso de agrotóxico em Camarões é bastante amplo e observou-se que há bastante casos de intoxicação com pesticidas. Foram visitados trinta e oito centros de saúde que indicaram cinquenta e seis casos de intoxicação por pesticidas entre os anos de 2011 e 2016. A pesquisa aponta que alguns fatores poderiam ter diminuído esse número como: regulamentar a entrada de pesticidas oriundos de países vizinhos e recuperar recipientes de pesticidas já usados pelos agricultores por meio de uma logística.

- IBRAHIM, U., MUKHTAR, A.A., IBRAHIM, F.B., LYOCKS, S.W.J. Assessment and management of used pesticide containers from farm lands in Kaduna State, Nigeria. **Journal of Solid Waste Technology and Management**, V. 42 (4), 2016.

O estudo foi realizado no estado da Kaduna na Nigéria e avaliou qual o comportamento da população que utiliza pesticidas com as embalagens pós-uso. Mais de 63% queimam as embalagens enquanto os restantes são utilizados para fins domésticos ou enterrados. A falta de legislação que apoie instalação de estações de descarte, a conscientização da população e a coleta e reciclagens formais destes recipientes levam a métodos como queima ser bastante utilizado. Os autores indicam a necessidade de programas que incentivem a devolução das embalagens vazias de agrotóxicos a agentes especializados.

- MWATAWALA, M.W., YEYEYE, G.E. Education, training and awareness of laws as determinants of compliance with plant protection law: The case of pesticide

use practices in Tanzania. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, V. 16 (1), 2016.

No estudo foram envolvidos agricultores da região de Morogoro na Tanzânia. Foram realizadas entrevistas que abordavam questões de uso e descarte de embalagens de agrotóxicos. Os pesquisadores verificaram que a falta de conscientização ambiental dos agricultores leva ao descarte inadequado de recipientes de pesticidas. Os resultados sugerem que seja estabelecido mecanismos de logísticas para reduzir o descarte inseguro de recipientes de pesticidas.

- DE MELO PEREIRA, R., DE ARAUJO, M.C., LABINAS, A.M. The farmer's knowledge in Arealva, Sp, Brazil about rules of agrochemicals use. **Revista Ambiente e Água**, V.11 (5), 2016.

Os produtores rurais entrevistados da cidade de Arealva/SP foram entrevistados sobre os procedimentos em relação ao uso do agrotóxico e o descarte da embalagem após o uso. Os pesquisadores constataram que apesar de compreenderem as regras gerais de uso geral dos agrotóxicos, eles ainda apresentam dificuldades em relação a logística da devolução das embalagens. O trabalho aponta a necessidade de maior frequência de coletas itinerantes e uma melhora no processo fiscal do recolhimento de embalagens através do sistema GEDAVE (Gestão de Defesa Animal e Vegetal), a ser implementado futuramente.

- JONES, K.A. The recycling of empty pesticide containers: An industry example of responsible waste management. **Outlooks on Pest Management**, V. 25 (2), 2014.

O artigo trata das implantações de sistemas de logística reversa realizada pela CropLife Internacional, empresas membro e rede de associações nacionais e regionais. A rede de recuperação das embalagens, essencialmente, está concentrada na reciclagem de embalagens descartáveis de polietileno de alta densidade e o gerenciamento desses invólucros para chegar ao destino correto.

- DENNY, R.L. Designing and implementing effective pesticide container stewardship programmes. **Outlooks on Pest Management**, V. 24 (6), 2013.

O autor apresenta em seu artigo as necessidades de implementação de logísticas para o benefício de produtores, usuários e o público em geral em relação a administração adequada das embalagens vazias. Uma vez definidos como serão os meandros da

devolução, o programa deve dar treinamento para os agricultores e coletores das embalagens.

- VEIGA, M.M. Flaws in Brazilian take-back program for pesticide containers in a small rural community. **Management Research News**, V. 32 (1), 2008.

O autor tenta identificar as dificuldades da devolução de embalagens vazias de agrotóxico implementada no Brasil através da logística reversa administrada pelo inpEV. O estudo limitou-se a um caso de uma pequena localidade rural. O autor observou que a deficiência de devolução de embalagens nessa pequena localidade rural é devido a despesas de entrega das embalagens em pontos de recepção, o que não ocorre em grandes localidades rurais que vivem em uma outra realidade econômica. Assim o trabalho ressalta a importância de estudar estratégias de logísticas reversa conforme as economias locais.

- HUYGHEBAERT, B., MOSTADE, O., PIGEON, O., GALOUX, M., OGER, R. Rinsing and management of pesticides' containers. Mededelingen (Rijksuniversiteit te Gent. **Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen**), V. 67 (2), 2002.

Os autores primeiramente ressaltam que na Bélgica existe uma logística reversa embalagem desde 1996 coordenada pela empresa Phytofar Recover criada pela Federação Belga de fabricantes de pesticidas. Depois de recolhidas, essas embalagens, consideradas de perigosas, são destinados para a incineração e o custo do tratamento é alto. A proposta do trabalho é economizar com o tratamento térmico transformando essas embalagens em não tóxicas através do enxague (que possibilita a diminuição do resíduo para menos de 1000 mg/kg). Assim as embalagens podem ser descartadas em lixo doméstico.

- VILLA, L., PIZZINI, L., VIGANO, G., FERIOLI, A., MARONI, M., RUGGERI, R., BARLASSINA, C., VANNINI, P., SALACRIST, L. Acute paraquat dermatitis occurring in a child after playing with a waste container. **Medicina del Lavoro**, V. 86 (6), pp. 563-568. 1995.

O trabalho apresenta ações realizadas com embalagens vazias de pesticidas depois de um acidente ocorrido em Lombardia na Itália com uma criança, após a mesma brincar com um recipiente abandonado contendo resíduo de paraquat. Após o incidente autoridades de saúde e comunidade colaboraram para implementação de um programa,

lançado pelo governo regional da Lombardia, para coletar adequadamente os recipientes vazios

### 3.1.2. Pesquisa com termo “Agrochemical Containers”

Foram encontrados nove artigos. Somente dois trabalhos mencionaram a logística reversa e nenhum mencionou avaliação do ciclo de vida.

Abaixo, para cada artigo, é apresentado um breve resumo.

- LABINAS, A.M., DE ARAUJO, M.C. Reverse logistics system and the role of government oversight for preservation of water and soil quality: The case of pesticide empty containers. **Revista Ambiente e Água**, V. 11 (4), 2016.

Este artigo discute a logística reversa de embalagens de agroquímicos vazios realizado no Estado de São Paulo e a participação da Agência de Defesa Agrícola como agente fiscalizador deste processo.

- RANDO, J.C.M. The campo limpo system reverse logistics for empty containers of crop protection products. **Outlooks on Pest Management**, V. 24 (6), 2013.

O artigo detalha a iniciativa do desenvolvimento da logística reversa de contêineres de agroquímicos no Brasil e sua situação atual.

### 3.1.3. Pesquisa com termo “Agrochemical Packaging”

Foram encontrados seis artigos. Somente dois trabalhos mencionaram a logística reversa e nenhum mencionou avaliação do ciclo de vida.

Segue abaixo uma breve descrição desses trabalhos.

- MACEDO, L.R., COLOMBELLI, G.L., PORTO, A., LORENZI JÚNIOR, D. Reverse Logistics of Agrochemical Packaging in the Association of Resellers Regional Pesticides of Rio Grande do Sul State Center (ARDEC). **Espacios**, V. 36 (18), 2015.

O trabalho descreveu o processo de logística reversa de embalagens de agrotóxicos realizados em Cachoeira do Sul/RS através de entrevistas e visitas in loco.

- DE OLIVEIRA, A.L.R., DE CAMARGO, S.G.C. Reverse logistics for empty agrochemical packages: Recognition of the determinants of success. **Interciencia**, V. 39 (11), 2014.

O artigo faz um levantamento da conjuntura atual do tratamento das embalagens vazias de agrotóxicos no Brasil através de levantamento de dados do IBGE e inpEV e aponta que a logística reversa implementada consegue diminuir drasticamente problemas devido a exposição de produtos químicos.

#### 3.1.4. Pesquisa com termo “Pesticide Packaging”

Utilizando o termo “Agrochemical Packaging” refinando os resultados no período de 1995-2019 foram encontrados dezesseis artigos. Somente três trabalhos mencionaram a logística reversa e nenhum mencionou avaliação do ciclo de vida.

Segue abaixo um breve resumo desses artigos.

- JUAN, L., FANG, L., ZICAN, L. Analysis on recycling mode of pesticide packaging waste at home and abroad-based on Chinese perspective. 21st IAPRI World Conference on Packaging 2018 - **Packaging: Driving a Sustainable Future**, 2019.

Neste artigo os autores apresentam a situação atual de logística das embalagens na China e dão sugestões para contribuir na recuperação e descarte destes invólucros. Também fornecem uma referência para que seja estabelecido um sistema eficaz de reciclagem dos invólucros vazios na China.

- LEITÃO, F.O., ALMEIDA, U.C.D. The cost of reverse logistics of agricultural pesticide packaging: A multihull study with the links responsible for the return of empty containers. **Custos e Agronegocio**, V. 15 (1), 2019.

Foi realizado o cálculo dos custos da logística reversa das embalagens vazias no Brasil a fim de promover indicadores dos elos que são mais dispendiosos. O resultado da pesquisa apontou que mais de 47% dos custos estão alocados na administração do sistema e que a tonelada da embalagem tratada custa R\$ 1.868,13. Com esse entendimento é possível fornecer aos tomadores de decisão um melhor direcionamento desta cadeia.

- VEIGA, M.M. Analysis of efficiency of waste reverse logistics for recycling. **Waste Management and Research**, V. 31, 2013.

O autor faz uma pesquisa exploratória sobre os dados oriundos do inpEV, sobre devolução da embalagem no país. Ele observou neste trabalho que não é possível usar a mesma estratégia logística em pequenas e grandes comunidades locais e que, apesar do

sucesso apontado pelo inPEV de retorno das embalagens descartadas, a eficiência em comunidades rurais é baixa. Outra conclusão do autor é que a reciclagem, apesar de ser a alternativa principal de gerenciamento de resíduos apontado pela PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos), talvez não seja a alternativa ideal para tratamento dessa embalagem.

O resultado desta breve pesquisa envolvendo as palavras chaves desse trabalho e seus objetivos, mostra que não há nenhum artigo – dentro das especificações observadas de período e base de dados bibliográfico – que trate do tema que será abordado na sequência e isso corrobora a importância de se estudar a logística reversa das embalagens vazias de agrotóxicos realizada no Brasil sob a perspectiva da avaliação do ciclo de vida.

### **3.2 As Embalagens Vazias de Agrotóxicos**

No livro “Primavera Silenciosa”, escrito por Rachel Carson em 1964, a autora trata do problema do uso excessivo de agroquímicos nos anos 1940 e 1950, mostrando que esse excesso causou problemas na biodiversidade dos Estados Unidos. Em um de seus parágrafos, a autora destaca o uso de defensivos agrícolas, por motivos banais: “Estes borrifos, estes pós, estes aerossóis são agora aplicados quase que universalmente em fazendas, em jardins, em florestas, em residências; são substâncias químicas não-seletivas que tem poder para matar toda espécie de insetos – tanto os bons como os maus; [...]. Tudo isto, de uma só vez, ainda que o objetivo desejado seja apenas a eliminação de umas poucas ervas, ou uns poucos insetos” (CARSON, 1964).

Assim, a preocupação com o uso indiscriminado desses componentes químicos já se fazia presente, desde o início da metade do século XX. De lá para cá, muitos pesticidas foram proibidos ou substituídos por outros considerados mais eficazes, e seu uso aumentado cada vez mais, principalmente em países que possuem uma geografia propícia para a agricultura (CARSON, 1964; PIGINATI *et al.*; 2017).

Os autores Lopes e Albuquerque (2018) apontam que as políticas públicas brasileiras fomentam o aumento do comércio de agrotóxicos por meio de cobrança de taxas ínfimas para o registro desses produtos e isenção de impostos em alguns estados.

Com o uso em larga escala dos agroquímicos, surgiu um problema ambiental importante: o que fazer com as embalagens desses produtos, após o consumo?

Atualmente no Brasil, o destino dessas embalagens é normatizado por uma série de leis e decretos que incumbem, a todos que estão ligados a esse produto, uma participação ativa no seu processo de destinação. Desde o início de suas atividades, o inpEV indica que já destinou mais de 500 mil toneladas de embalagens vazias e 93% das embalagens recebidas tornam-se matéria-prima deste ou de outros ciclos produtivos (inpEV, 2019a).

O tratamento comumente dispensado a esse tipo de embalagem, antes da legislação que está em vigor era: 15% dispostas no campo, 10% armazenadas ao relento, 25% queimadas a céu aberto e 50% doadas ou vendidas sem nenhuma fiscalização (ANDEF, 1999 apud inpEV, 2019b).

O abandono dessas embalagens em solo pode levar a contaminação de corpos d'água, devido à lixiviação ou percolação de águas que entraram em contato com o agroquímico. Alguns estudos comprovam que a água contaminada pode percorrer grandes distâncias e ser detectada em locais distintos de onde o defensivo foi aplicado (VEIGA *et al.*, 2006).

Os descartes das embalagens e dos resíduos, até o ano 2000, podiam ser realizados pelo próprio agricultor, conforme o artigo 45 do decreto nº 98.816/1990. Ele poderia incinerar, aterrar, e realizar outros procedimentos, desde que observasse as orientações contidas na bula do produto (BRASIL, 1990).

Atualmente os invólucros utilizados para transportar os pesticidas são compostos de plástico ou metal, mas, por muito tempo, usou-se o vidro como material na composição dessas embalagens, já que esse material não absorve umidade, é reciclável e não reativo, entre outras vantagens (ALENCAR *et al.*, 1998). Contudo, o problema do vidro está relacionado à sua fragilidade, o que estimulou a sua descontinuação (MACHADO NETO, 2016).

As embalagens plásticas são leves, não oxidáveis, mais baratas que os recipientes de vidro e resistentes a impactos. Por outro lado, algumas embalagens podem ser reativas, absorver umidade e o processo de reciclagem pode ser bastante complexo, devido à diversidade de polímeros existentes. Por esses motivos, as embalagens de agrotóxicos são limitadas a poucos tipos de plásticos em sua composição. (ZANIN; MANCINI, 2015).

O crescimento da quantidade de embalagens desse material usadas para esse fim provocou uma ação conjunta entre empresas produtoras de defensivos, órgãos públicos e

organizações sociais, no intuito de criar uma logística eficaz para a destinação adequada desses tipos de embalagens. Assim foram criadas diversas normas para que ocorresse uma destinação final adequada desses recipientes (inpEV, 2017).

### 3.3 Legislação e normas complementares relacionadas ao tratamento da destinação das embalagens no Brasil

A Tabela 3-1 apresenta as leis que tratam sobre as embalagens de defensivos agrícolas.

Tabela 3-1 - Leis e Decretos que dispõe sobre agrotóxico e suas embalagens no Brasil

<b>Legislação Básica que dispõe sobre embalagens de agrotóxicos</b>	
<b>Ato – Número – Data</b>	<b>Emendas</b>
<b>Lei Federal nº 7.802 de 11/07/1989</b>	Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.
<b>Lei Federal nº 9.974 de 06/06/2000</b>	Altera a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989 e dá outras providências.
<b>Decreto Federal nº 4.074 de 04/01/2002</b>	Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989 e dá outras providências.

Fonte: Brasil (1989), Brasil (2000) e Brasil (2002).

A Lei nº 9.974/2000, estabelece todos os elos que estão ligados diretamente ou indiretamente ao ciclo de vida do agroquímico, e atribui responsabilidades em relação ao tratamento dado as embalagens vazias. Os atores que compartilham as responsabilidades sobre o ciclo de vida das embalagens são: os distribuidores, os fabricantes, os agricultores e o Poder Público.

Conforme o artigo nº 6, parágrafo 2, dessa lei, a reponsabilidade do agricultor é: “[...]efetuar a devolução das embalagens vazias dos produtos aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, de acordo com as instruções previstas nas respectivas bulas, no prazo de até um ano, contado da data de compra, ou prazo superior, se autorizado pelo órgão registrante, podendo a devolução ser intermediada por postos ou centros de recolhimento, desde que autorizados e fiscalizados pelo órgão competente” (BRASIL, 2000).

Já os fabricantes e comerciantes de agroquímicos são, conforme o mesmo artigo, parágrafo 5: “[...] responsáveis pela destinação das embalagens vazias dos produtos por elas fabricados e comercializados, após a devolução pelos usuários, e pela dos produtos apreendidos pela ação fiscalizatória e dos impróprios para utilização ou em desuso, com vistas à sua reutilização, reciclagem ou inutilização, obedecidas as normas e instruções dos órgãos registrantes e sanitário-ambientais competentes” (BRASIL, 2000).

O artigo 12A, versa sobre o papel do Poder Público, enquanto: “I – da devolução e destinação adequada de embalagens vazias de agrotóxicos, seus componentes e afins, de produtos apreendidos pela ação fiscalizadora e daqueles impróprios para utilização ou em desuso” e “do armazenamento, transporte, reciclagem, reutilização e inutilização de embalagens vazias e produtos referidos no inciso I” (BRASIL, 2000).

O capítulo IV, seção II, do decreto nº 4.074/2002 acrescenta alguns outros procedimentos que deverão ser realizados com as embalagens vazias, como apresentado na Tabela 3-2.

Tabela 3-2 - Responsabilidades de todos os participantes do elo de destinação das embalagens vazias de agrotóxicos

Atores	Responsabilidades
<b>Agricultor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolver as embalagens aos estabelecimentos comerciais onde foram adquiridas ou em um lugar indicado pelo comerciante (posto ou central de devolução), no prazo máximo de um ano após a aquisição;</li> <li>• Manter o canhoto da entrega da embalagem para comprovar aos órgãos fiscalizadores a devolução;</li> <li>• Lavar as embalagens rígidas, conforme a lavagem tríplice ou de pressão, que contiverem formulações miscíveis em água.</li> </ul>
<b>Distribuidores ou Revendas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir lugar apropriado, conforme as normas vigentes, para acondicionar as embalagens recebidas de agricultores até o momento da coleta realizada pelos fabricantes;</li> <li>• Credenciar postos de recolhimento ou centros de recolhimento, devidamente licenciados e de fácil acesso, para indicar como local para entrega de embalagens aos usuários de agroquímicos;</li> <li>• Anotar na nota fiscal, entregue ao agricultor, o endereço para devolução da embalagem, caso alterar o local, os usuários devem ser formalmente comunicados;</li> <li>• Gerar comprovantes de entrega de embalagens e suas condições, além da data e do nome de quem efetuou a devolução.</li> </ul>
<b>Fabricantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar o recebimento, recolhimento e a destinação das embalagens vazias no prazo máximo de um ano, após a devolução feita pelos usuários;</li> <li>• Fomentar ações instrutivas, junto aos usuários, sobre a lavagem e a devolução de embalagens.</li> </ul>
<b>Poder Público</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiscalizar os elos para que realizem suas obrigações para com o destino das embalagens vazias;</li> </ul>

- Fornecer licenças para unidades de recebimento que estão em conformidade com a Resolução Conama nº 334 de 03/04/2003.
- Desenvolver ações para instrução, divulgação e esclarecimento sobre o uso e descarte dos defensivos e afins.

Fonte: Brasil (2002).

Para que todas essas responsabilidades possam ser cumpridas, foi necessário estabelecer algumas normas complementares, de diversos órgãos, em relação ao armazenamento, transporte, lavagem, separação por tipo de embalagem para tratamento correto, entre outros, que estão descritos na Tabela 3-3 (BRASIL, 2000).

Tabela 3-3 - Normas e resoluções para procedimentos relativos a destinação das embalagens vazias.

Normas	Ementa
<b>CONAMA nº 465, 05/12/2014</b>	Dispõe sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos.
<b>Portaria nº 204, 20/05/1997</b> <b>Ministérios dos Transportes</b> <b>ABNT NBR 10.004:2004</b>	Aprova as anexas Instruções Complementares aos Regulamentos dos Transportes Rodoviário e Ferroviário de Produtos Perigosos. Classifica os resíduos sólidos
<b>ABNT NBR 11.564:2002</b>	Apresenta requisitos e métodos de ensaios de embalagens de produtos perigosos – Classes 1, 3, 4, 5, 6, 8 e 9 –
<b>ABNT NBR 13.968:1997</b>	Apresenta procedimentos para a lavagem de embalagens rígidas vazias de agrotóxicos.
<b>ABNT NBR 14.935:2003</b>	Trata do procedimento para embalagem vazia de agrotóxico - Destinação final de embalagem não lavada.
<b>ABNT NBR 14.719:2001</b>	Trata do procedimento para embalagem vazia de agrotóxico – Destinação final de embalagem lavada.

Fonte: Conama (2014); Brasil (1997); ABNT (2004); ABNT (2002); ABNT (1997); ABNT (2003); ABNT (2001)

### 3.4 Classificação das Embalagens Vazias

O primeiro artigo do Decreto 4.074, no inciso IX, define o conceito de embalagem de agrotóxico: “ [...] um invólucro, recipiente ou qualquer forma de acondicionamento, removível ou não, destinado a conter, cobrir, empacotar, envasar, proteger ou manter os agrotóxicos, seus componentes e afins” (BRASIL, 2002).

As características, enquanto ao formato e ao material de que são feitas as embalagens, dependem muito da composição química e das características físicas do produto que será armazenado.

A indústria padronizou os materiais dos quais as embalagens podem ser confeccionadas, são eles: PEAD, PP, COEX, Metais (lâmina de aço ou alumínio) e papelão (inpEV, 2014).

Os recipientes, conforme a NBR 14.935 e o inpEV, podem ser classificados como:

- **Embalagem primária:** são os invólucros rígidos ou flexíveis que entram em contato direto com as formulações de agrotóxicos;
- **Embalagem secundária:** são os invólucros rígidos ou flexíveis que acondicionam embalagens primárias e, portanto, são consideradas não contaminadas e não perigosas;
- **Embalagem rígida:** são recipientes que foram confeccionados com material de baixa maleabilidade física;
- **Embalagem flexível:** são as embalagens com alta maleabilidade que, em geral são: sacos plásticos, de papel, metalizados ou mistos. Também podem ser caixas de papelão e embalagens termomoldáveis. (ABNT, 2003);
- **Embalagem lavável:** conforme o Decreto 4.074 “são embalagens rígidas, que contiverem formulações miscíveis ou dispersíveis em água, que deverão ser submetidas pelo usuário à operação de tríplice lavagem, ou tecnologia equivalente, conforme normas técnicas dos órgãos competentes [...]”.
- **Embalagem não lavável:** As embalagens não laváveis podem ser de dois tipos:
  - Embalagens não laváveis primárias: aquelas que entram em contato com formulações de agrotóxicos que não utilizam a água como parte da calda empregada no pulverizador (inpEV, 2013). Portanto deve-se ter cuidado ao manuseá-las e armazená-las, pois estão contaminadas, tornando-se assim embalagens perigosas;
  - Embalagens não laváveis secundárias: aquelas que não entram em contato direto com o agrotóxico. Geralmente são embalagens utilizadas para transporte, como caixas de papelão e plástico termomoldável;

- **Embalagem não lavada:** São embalagens que, embora poderiam ter passado pelo processo de lavagem (como descrito na NBR 13.968), já que os agrotóxicos contidos nelas são miscíveis ou dispersíveis em água, não foram tratadas adequadamente;

### 3.5 Lavagem Tríplice ou Sob pressão

Os resíduos sólidos são classificados conforme os processos e atividades que os originaram, além dos elementos que os constituem, já que, dependendo desses fatores, os resíduos podem causar algum impacto ao meio ambiente e à saúde (ABNT, 2004).

A ABNT elaborou a NBR 10.004:1987 com o intuito de fornecer critérios para classificar os tipos de resíduos sólidos, além de normatizar os códigos para identificação dos mesmos, quanto às suas características – essa norma foi substituída pela NBR 10.004:2004 que alterou a classificação dos resíduos sólidos em dois tipos (ABNT, 2004), como apresentado na Tabela 3-4.

Tabela 3-4 - Classificação dos resíduos sólidos

<p><b>Resíduos classe I – Perigosos</b></p>	<p><b>São aqueles que apresentam algum nível de periculosidade de acordo com as categorias de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.</b></p>
<p><b>Resíduos classe II – Não perigosos</b></p>	<p>A – Não Inertes: São resíduos que não se encaixam nem na classe I nem na classe IIB e possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água.</p> <p>B – Inertes: São aqueles que, após testes, seus constituintes não são solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.</p>

Fonte: ABNT (2004).

Conforme essa norma, as embalagens de agroquímicos devem ser classificadas como classe I. Lembrando que, conforme a Lei nº 7.802/1989, os agrotóxicos são produtos que possuem agentes químicos, físicos ou biológicos capazes alterar a composição da flora e da fauna para atingir na tentativa de preservá-las da ação de potenciais dados de seres vivos. Para conseguir esse objetivo, os agrotóxicos possuem algum grau de toxicidade que varia de pouco tóxico a extremamente tóxico conforme classificação da ANVISA (2018).

Essa norma impõe obstáculos tanto no transporte quanto no armazenamento dessas embalagens, por se tratarem de resíduos perigosos. Porém, se seguidos corretamente procedimentos de lavagem, esses obstáculos são reduzidos (ABNT, 2004).

Em relação à lavagem das embalagens, a regulamentação ocorreu anteriormente, através da norma NBR 13.968:1997. Esse documento orienta como devem ser os procedimentos para embalagens que podem ser lavadas, a fim de torná-las, pelo menos uma parte, rejeito comum (ABNT, 1997).

Contudo, as embalagens lavadas não se tornam “não-perigosas”. Segundo a NBR 11.564 (2002, p.3): “os recipientes vazios, mas não limpos, que contiveram substâncias perigosas, devem ser considerados como perigosos”, mas conforme o anexo II da portaria nº 204/1997 do Ministério dos Transportes, se a concentração da substância ativa estiver dentro dos parâmetros indicados para “Grupo de Embalagem III”, ela será considerada de risco baixo para finalidade de transporte (ABNT, 2002) (BRASIL, 1997).

Para atingir essa classificação estes recipientes devem passar por um processo conhecido como “lavagem triplíce (manual) ou sob pressão (mecânico)”, conforme orientado pela NBR 13.968:1997.

É importante ressaltar que a lavagem é um passo extremamente importante para o encaminhamento de uma destinação correta, pois além de evitar a contaminação e possibilitar que seja realizado um descarte mais seguro, também permite que essas embalagens sejam futuramente recicladas (CHIQUETTI, 2005).

### **3.6 Unidades de Recebimento**

Para receber as embalagens existem dois tipos de estabelecimento: postos de recebimento e centrais de recebimento. Conforme a NBR 14.935 esses estabelecimentos possuem as seguintes funções (ABNT, 2003):

- Postos de recebimento: São locais que se restringem ao recebimento, registro, classificação quanto ao tipo de embalagem e armazenamento temporário de embalagens vazias de agrotóxico e afins, que atendam aos usuários até a transferência das embalagens para uma central vinculadas ou não, ou diretamente para a classificação final adequada.
- Centrais de recebimento: São locais de recebimento, registro, classificação quanto ao tipo de embalagem e armazenamento de embalagens vazias de agrotóxicos e afins, que atendam aos usuários e postos de recebimento e

possuam equipamentos para a redução de volume para acondicionamento, até a retirada das embalagens para a destinação final adequada.

Essas unidades devem ser estabelecidas em municípios que tenham atividade agrícola que gerem uma quantidade considerável de embalagens para justificar o recebimento de uma unidade. Outra orientação é que a unidade implantada deve estar em uma zona rural ou industrial não urbanizada e de fácil acesso para veículos, através de rodovias transitáveis e pavimentadas, de preferência (ABNT, 2003).

Um funcionário da unidade fará a verificação das embalagens para conferir que somente as embalagens vazias de agrotóxico serão recolhidas. A unidade também receberá as embalagens que acondicionaram os recipientes de agrotóxico (ABNT, 2003).

Segunda a norma, no momento da inspeção, os recipientes serão separados nas seguintes categorias:

- Embalagem rígida contaminada, portadoras do pictograma de embalagem não lavável;
- Embalagem rígida secundária não contaminada;
- Embalagens rígidas primárias laváveis, mas não lavadas;
- Embalagens rígidas primárias laváveis, mal lavadas e com vestígio de resíduos de formulações agroquímicas;
- Embalagens rígidas primárias laváveis que passaram por lavagem tríplice ou mecânica;
- Embalagens flexíveis primárias;
- Embalagens flexíveis secundárias não contaminadas;
- Embalagens flexíveis secundárias contaminadas.

As embalagens laváveis que não foram lavadas ou mal lavadas devem estar descritas no termo de responsabilidade entregue ao agricultor. Essas embalagens serão recebidas, mas preparadas como embalagens contaminadas (ABNT, 2003).

As embalagens rígidas primárias que passaram por uma lavagem adequada serão separadas por tipo (PP, PEAD, COEX e Metal) e cor (natural, branco e colorido), prensadas, enfardadas e encaminhadas para a reciclagem (inpEV, 2013).

As embalagens flexíveis não contaminadas serão separadas por tipo (plástica ou papelão), prensadas, enfardadas e encaminhadas para a reciclagem (inpEV, 2013).

As embalagens contaminadas podem ou não ser prensadas, mas deverão ser acondicionadas em embalagens padronizadas com sinalização de produto perigoso (inpEV, 2013).

### **3.7 Transporte das embalagens**

O transporte de embalagens contaminadas deve ser realizado por caminhões com carroceria coberta por lona ou em baús, para protegê-las de adversidades climáticas, a fim de não causar contaminação durante o trajeto para o destino final (ABNT, 2003).

O veículo que faz o transporte de embalagens de agrotóxicos deve passar por uma descontaminação periódica, conforme as normas vigentes para o transporte terrestre, mesmo os veículos que carregam recipientes classificados como não contaminados (ABNT, 2003).

Os agricultores devem fazer o transporte dos recipientes separados de animais, pessoas e alimentos e em veículos do tipo utilitário, onde as embalagens estejam protegidas com uma cobertura impermeável (ABNT, 2003).

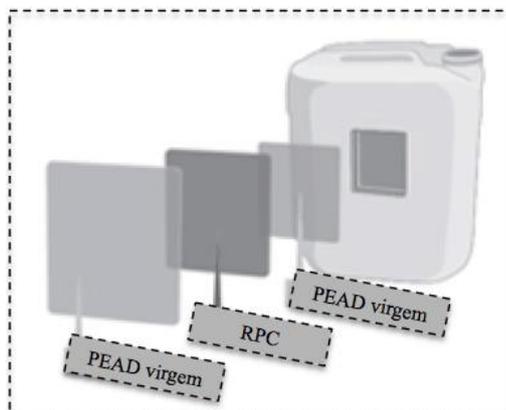
### **3.8 Destinação final**

A NBR 14.935, indica os três possíveis encaminhamento para as embalagens de agrotóxico que são: reciclagem, incineração industrial e fornalhas de instalações agroindustriais.

Todas as embalagens não contaminadas são encaminhadas para as recicladoras. A reciclagem de embalagens plásticas, majoritariamente, resulta em produtos para construção civil (conduíte, caixa de fiação elétrica, barrica plástica, entre outros). Já o PP (material das tampas) é o único que volta para o ciclo dos agrotóxicos integralmente, cumprindo o mesmo papel anterior (inpEV, 2017).

A recicladora Campo Limpo, que faz parte do grupo inpEV, fabrica embalagens do tipo bambona para a indústria agrícola e de combustíveis. Em uma parte dessas embalagens são utilizados os plásticos reciclados (resina pós consumo – RPC) oriundos dos recipientes de agrotóxicos. O RCP fica entre duas camadas de plástico virgem, como mostrado na Figura 3-1 e conforme o instituto, a produção de cada embalagem evita a emissão de 1,5 kg de CO<sub>2</sub>eq. (CAMPO LIMPO PLÁSTICOS, 2008; inpEV, 2019c).

Figura 3-1 - Embalagem triex produzida pela Campo Limpo Plásticos (adaptada inpEV)



Fonte: Campo Limpo Plásticos (2008).

As embalagens contaminadas de qualquer tipo ou natureza, contendo ou não a indicação de embalagem não lavável, devem ser destinadas a incineradoras industriais, que estejam devidamente licenciadas e seguindo os procedimentos da NBR 11.175:1990 (ABNT, 2003).

Algumas embalagens não contaminadas, como fibrolatas e embalagens secundárias, podem ser queimadas como combustível em fornalhas de instalações agroindustriais (ABNT, 2003).

### 3.9 O tratamento das embalagens no Brasil

Em 1993, foi concebido o projeto piloto de destinação de embalagens de produtos fitossanitários na cidade de Guariba/SP. Esse projeto pioneiro foi um esforço inicialmente realizado pela Associação de Engenheiros Agrônomos do Estado de São Paulo (AEASP), Cooperativa dos Plantadores de Cana (COPLANA), Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF), Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) e pelo Sindicato Nacional das Indústrias de Defensivos Agrícolas (Sindag) (CEPIS, 1998).

Em abril de 1994, a região de Guariba foi escolhida para receber embalagens lavadas (tríplice lavagem) de defensivos agrícolas. A escolha dessa região se deu pela quantidade de embalagens geradas pelos agricultores do entorno do município. Assim um galpão foi cedido pela secretaria de agricultura do estado de São Paulo, equipado com uma balança, prensa enfardadeira e triturador. As embalagens não-lavadas e as não laváveis não eram recebidas por esse projeto (CEPIS, 1998).

Os plásticos tratados eram enviados para a empresa DinoPlástico que coprocessava as embalagens transformando-as em conduítes. Já os metais eram encaminhados para a

Gerda, os vidros para a Cisper e o papelão para as usinas de açúcar da região (CEPIS, 1998).

Logo outros pontos de recebimento de embalagens tríplice lavadas surgiram – Piracicaba/SP, Dourados /MT, São Gabriel D'Oeste/MT, Pelotas/RS, Passo Fundo/RS, Santa Cruz do Sul/SP, Palotina/PR e Santa Terezinha do Itaipu/PR. Eles não faziam parte da mesma rede, mas funcionavam no mesmo modo que o posto de Guariba (CEPIS, 1998).

O trabalho realizado pelo projeto Guariba inspirou legisladores na elaboração de partes da Lei 9.974/2000 (inpEV, 2013).

Após a criação dessa lei, já descrita anteriormente, os fabricantes de agrotóxicos e entidades do setor agrícola perceberam que, para cumpri-la, era necessário a criação de uma empresa que fizesse a gestão desses resíduos. Então, em 2001, foi fundado o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV, 2013).

Durante a primeira década do século XXI, o instituto cresceu e foram abertos postos e centrais de coletas em quase todo território nacional (inpEV, 2013; inpEV, 2016).

O Superior Tribunal de Justiça determinou que, a partir de março de 2009, os fabricantes representados pelo inpEV são os únicos responsáveis pela destinação das embalagens de agrotóxicos no país (BRASIL, 2009). Assim todas as destinações de embalagens devem ser realizadas somente pelo instituto (inpEV, 2011).

O caminho que as embalagens devem percorrer para que seja realizada uma destinação adequada ocorre através de um processo de logística reversa, e segue os seguintes passos (inpEV, 2013):

- Os fabricantes dos defensivos vendem seus produtos para distribuidoras ou cooperativas;
- As cooperativas ou distribuidoras, ao vender os produtos para o agricultor, devem indicar onde ele deve entregar os recipientes, após o uso (anotando na nota fiscal);
- Após o uso do produto no campo, o agricultor deve fazer o processo da lavagem tríplice (nas embalagens laváveis), inutilizar essas embalagens e armazená-las em local próprio para esse fim. As embalagens lavadas e não lavadas devem estar separadas;
- O agricultor deve se dirigir ao local indicado na nota fiscal e entregar as embalagens para o responsável do posto ou da central e receber dele o comprovante de entrega;

- Se a entrega foi no posto de recebimento, essas embalagens devem ser encaminhadas para a central de recebimento que está associada;
- As embalagens lavadas recebidas na central por postos, coleta itinerante ou agricultor, serão separadas por tipo de material e prensadas em fardos a serem encaminhados às recicladoras conveniadas. As embalagens não lavadas são prensadas e colocadas em bags (própria para esse tipo de resíduo) e encaminhadas para uma incineradora.

### **3.10 Logística reversa**

As obrigações legais e o aumento da compreensão dos problemas ecológicos que os resíduos oriundos de atividades de pós-consumo ou pós-uso com destinação incorreta impulsionaram empresas, fabricantes e indústrias a procurar soluções mais adequadas para os materiais resultantes de suas atividades (COSTA, MENDONÇA E SOUZA, 2017).

Esses resíduos, no Brasil, são tratados pela política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) como resíduos sólidos provenientes de atividades humanas que devem estar nos estados sólidos ou semissólidos, gasosos designados em recipientes ou líquidos que sejam classificados como impróprios para descarte na rede de esgoto (BRASIL, 2010).

Antes de citar como esses materiais são tratados é importante ressaltar como eles alcançam o gerador do resíduo. Esse caminho se dá através de uma cadeia, ou melhor, um fluxo de procedimentos que inclui todos os passos necessários até que seja disponibilizado o bem ou o serviço ao utilizador. Todo esse conjunto de procedimentos é conhecido como logística empresarial direta.

A logística empresarial pode ser dividida em quatro áreas: logística de suprimentos (atividades que abastecem o fabricante de materiais necessários para produção de um bem ou serviço), logística de apoio a manufatura (controle de fluxos internos), logística de distribuição (organização de pedidos e despacho dos produtos) e logística reversa (responsável por todos os processos de retorno dos produtos pós-venda e pós-consumo) (LEITE, 2017).

As logísticas de suprimentos, de manufatura e de distribuição estão inseridas na logística direta, considerada por Leite (2017) como uma das atividades humanas mais antigas, diferentemente da logística reversa, considerada a mais nova entre as logísticas.

A logística direta foi melhor desenvolvida e evoluiu rapidamente, assim assumindo um papel relevante nas empresas. Para Rogers e Tibben-Lembke (1998), ela é definida como:

*“O processo de planejamento, implementação e controle eficiente e econômico do fluxo de matérias-primas, produtos em processo de fabricação, produtos finalizados e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o consumo para atender as necessidades do cliente”.*

Ainda para os autores, a logística reversa é análoga a direta, mas nesta o processo se inicia no consumo e o produto volta ao ponto de origem para que sejam realizados seus devidos tratamentos, seja para agregar valor ou para se fazer um descarte adequado.

No Brasil, a PNRS trata a logística reversa (Art. 3º, inciso XII) como um:

*“...instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;”*

Assim, a logística reversa é uma das soluções que empresas utilizam para tratar seus resíduos. O problema desta logística encontra-se, como apontado por Costa, Mendonça e Souza (2017), na quantidade de geradores de resíduos e no espalhamento geográfico destes. Na logística direta, até o momento anterior a distribuição, os produtos estão restritos à linha de produção e estoque, estando razoavelmente bem localizados e de fácil retorno ao ponto de origem. Na entrega o sistema é aberto e os bens começam a se propagar. Com a distribuição, o fabricante deixa de gerir o produto levando ao desconhecimento, em geral, da localização do bem pós-uso ou consumo.

O sucesso da logística reversa consiste em agregar os resíduos dispersos ao longo da cadeia de distribuição e conseguir dar uma destinação adequada a eles. Aparentemente é uma tarefa árdua, pois a gestão do resíduo pode estar sob responsabilidade de outros elos da cadeia e, assim, é necessário atribuir responsabilidades a cada um dos participantes do ciclo de vida do produto para que a logística reversa atinja seu objetivo, como ressalta a PNRS:

*“responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei” (BRASIL, 2010 - Lei nº 12.305/2010)*

Quando todos os elos conseguem desempenhar o seu papel, o resíduo passa pelo canal de distribuição reverso em que será direcionado para o melhor tratamento. Para

escolher o tratamento apropriado, primeiramente, deve-se compreender a origem do produto, se ele é de origem de pós-venda ou pós-consumo.

Entende-se como produtos pós-venda todos os materiais com pouca ou nenhuma utilização, geralmente por motivos como troca, pequenas avarias, insatisfação etc., que entraram no canal reverso e retornam ao ciclo produtivo inserindo-se no mercado primário ou secundário. Já os produtos pós-consumo têm como princípio serem materiais que não possuem a possibilidade de retorno imediato ao mercado após o uso. Uma parcela pode entrar no ciclo produtivo, quando destinados para etapas como reuso, reciclagem e remanufaturamento, e outra parte, sem possibilidade de retorno, é destinada a incineração ou aterramento (LEITE, 2017).

Em geral, os materiais oriundos do pós-venda possuem valor agregado e assim não representam prejuízos para o canal reverso. Já os materiais de pós-consumo são menos valorizados e passam por diversas fases, como triagem e tratamento, que possibilitam sua volta ao ciclo produtivo. Quanto mais processos mais se despende financeiramente com o produto e mais desvantagens se tem para manter essa logística.

A distribuição reversa pode custar nove vezes mais que a distribuição direta. Geralmente estes custos estão relacionados a especificidades ligadas ao transporte, manuseio e estoque dos resíduos. Além do problema financeiro há também na logística reversa dificuldades em relação a impossibilidade de gestão e tratamento apropriado do resíduo (incapacidade técnica) (STOCK; LAMBERT, 1987 apud POHELEN e FARRIS, 1992).

Apesar das dificuldades apontadas é sensível o crescimento de empresas que adotam logística reversa. Muitas oferecem esse meio como opção para tratar seus resíduos por basicamente três motivos: responsabilidade social, legal e econômica (BRITO e DEKKER, 2003).

Desses motivos, somente o referente à legislação tem como foco o compromisso com o desenvolvimento sustentável e com o meio ambiente. No Brasil a logística reversa é obrigatória, conforme PNRS, às seguintes categorias de produtos: pneus, pilhas e baterias, embalagens de agrotóxicos, produtos eletrônicos, óleo lubrificantes e lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista. Resíduos radioativos possuem uma lei específica em relação a sua destinação – Lei nº 10.308/2001.

Esses produtos foram incluídos na PNRS devido aos materiais resultantes de seu consumo apresentarem algum grau de impacto à saúde pública e ao meio ambiente, mas

nada impede que as fabricantes de outros bens geradores de algum resíduo de estruturar sua própria logística reversa.

Existem diversos modelos de logística reversa, eles se diferenciam de acordo com o material gerado pós-consumo. Por exemplo, existem produtos que, após o consumo, devem ser coletados e incinerados, como o lixo hospitalar. Outros, uma vez coletados, voltam às empresas e são remanufaturados, como as garrafas de vidro. Ainda há materiais que podem ser reciclados e se tornarem matéria-prima, como as embalagens plásticas (LEITE, 2017)

No caso das embalagens vazias de agrotóxico, o processo de logística reversa desenvolvida tem como objetivos tratar de maneira ambientalmente sustentável as embalagens descartadas, gerar promoção social e economia para manutenção do processo.

A conquista desta tríade, também almejada por empresas e consumidores, leva ao oferecimento de produtos sustentáveis, resultando em “uma melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica” (UNEP, 2011, p. 02).

### **3.11 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**

A conscientização da sociedade em relação ao uso desenfreado de recursos naturais e dos impactos ambientais associados ao consumo de produtos e serviços, provocaram o desejo de algumas empresas e indústrias de melhorarem o desempenho ambiental de suas cadeias de produção. Não importa de qual tipo de material ou produto seja confeccionado – plástico, madeira, vidro, etc. – ele provocará um impacto ambiental em algum ponto do seu ciclo de vida. Para observar em que pontos os impactos ocorrem quanti e qualitativamente, foi necessário desenvolver técnicas e ferramentas que forneçam, de forma confiável, um modo de melhorar e gerenciar os impactos ambientais produzidos por essas atividades.

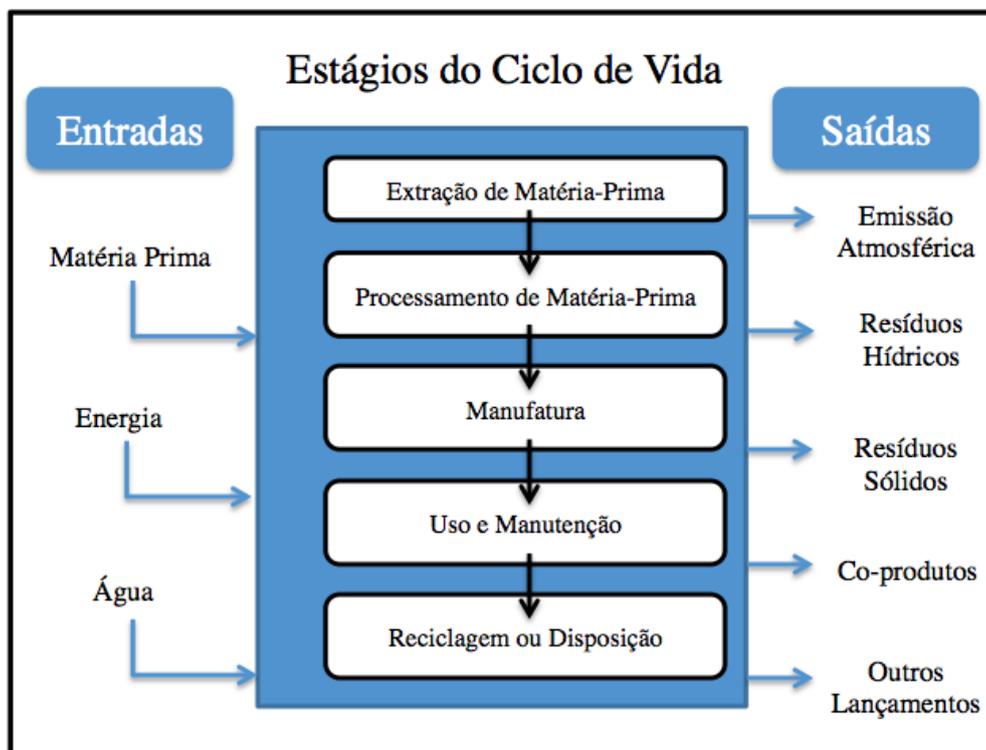
A ACV é uma dessas ferramentas, sendo utilizada para a gestão ambiental, e que oferece uma visão mais ampla de todos os encargos ambientais associados a uma atividade ou produto (HUNG *et al.*, 2018).

A ISO 14040 (International Organization for Standardization) define a ACV como uma avaliação das entradas, saídas e potenciais impactos ambientais de um sistema de produto, ao longo do seu ciclo de vida. O termo “sistema de produto” refere-se a todos os

processos elementares envolvidos no ciclo de vida de um produto. Conforme Guinée *et al.* (2001), a ACV é capaz de analisar as cargas ambientais dos produtos e todos os estágios do seu ciclo de vida que pode abranger desde a extração de recursos naturais, produção das peças para os produtos, produção do próprio produto, descarte, reutilização, reciclagem até a disposição final – do berço ao túmulo.

Para Curran (2013), uma ACV é um retrato instantâneo de um intervalo de tempo de entradas e saídas de dados de um sistema. Esse retrato pode servir para identificar impactos ambientais associados a um determinado produto ou serviço e avaliar as possibilidades de reduzir esses impactos. Então pode-se dizer que essa avaliação fornece uma visão holística sobre todos os processos envolvidos para a obtenção de um produto/serviço. A Figura 3-2 contempla os processos de um sistema de produto: extração e transformação da matéria prima, fabricação, utilização, reutilização, manutenção, reciclagem e disposição final. As entradas são os bens necessários para a fabricação do produto (matéria prima, energia e água) e as saídas são os rejeitos dispensados após a fabricação (emissão atmosférica, resíduos sólidos e hídricos e outros lançamentos).

Figura 3-2 - Definições do limite do sistema.



Fonte: adaptado de CURRAN (2013).

Cada uma das fases do ciclo de vida dos processos representados na figura pode possuir diversas entradas e saídas que devem ser consideradas no momento de utilizar a

ACV. Quando se trata do processo de “Extração de Matéria-Prima” são consideradas todas as atividades que envolvem a remoção de materiais da terra – bauxita, por exemplo. Já na fase de “Processamento de Matérias-Primas”, todos os processos transformam a matéria-prima em um material que será utilizado na próxima fase: a “Manufatura”, onde o material é transformado em produto final. Os tratamentos dados aos produtos depois dos pontos de vendas estão representados na fase “Uso e Manutenção”. A última etapa, “Reciclagem e Disposição”, avalia como o produto é eliminado incluindo a reciclagem (CRAWFORD, 2011).

Pode-se perceber que o transporte e a distribuição não aparecem como uma fase em separado, pois essas atividades estão presentes em todas as etapas do ciclo de vida de um produto, então as contribuições do transporte e distribuição devem ser contabilizadas em cada etapa.

As potencialidades da ACV em analisar os aspectos ambientais ao longo da vida de um produto, podem auxiliar, conforme a ISO 14040:2006:

- Na melhoria de alguns aspectos ambientais no ciclo de vida de um produto;
- Na estratégia e definições de prioridades de projetos e produtos por parte das indústrias e organizações governamentais e não governamentais;
- Na escolha de indicadores para desempenho ambiental e na estratégia de mercado para valorização de um produto ou serviço.

O uso mais frequente de ACV ocorre em análises de sistemas de produtos já existentes que identificam em qual fase (ou aspecto) do ciclo de vida de um produto, ou processo, pode ocorrer uma melhoria, em relação aos impactos ambientais gerados. Esse tipo de avaliação é conhecido como ACV convencional (CRAWFORD, 2011).

O resultado de uma ACV convencional pode ser o ponto de partida para identificar os pontos mais críticos em uma linha de produção, o que facilita as estratégias de melhoria no processo. Por exemplo, uma incineradora identifica que o ponto mais sensível de seu serviço está na quantidade de emissões gasosas de poluentes. A partir da identificação do problema, o responsável da incineradora pode tomar decisões, simulando a inserção de soluções para diminuir o impacto deste aspecto para o meio ambiente.

Um outro emprego da ACV é analisar a alteração do design de um produto ou sistema e verificar o desempenho dessa intervenção. Por exemplo, uma cidade decide

extinguir os aterros sanitários e inicia a reciclagem de todo o lixo produzido pela população. Certamente, as cargas ambientais atribuídas aos aterros sanitários serão zeradas e isso pode dar uma sensação de que a reciclagem de todo o lixo é positiva, em termos ambientais. Mas para a reciclagem de alguns materiais necessitam da utilização de alvejantes e outros produtos químicos que antes não eram utilizados, o que aumenta a carga ambiental em outro ponto do ciclo de vida desse processo, podendo talvez produzir um impacto ambiental total maior que a utilização do aterro sanitário. Então a ACV pode ser uma importante ferramenta para identificar possíveis mudanças do problema de uma para outra etapa da vida do produto.

Também há a ACV comparativa. Esse tipo de avaliação compara os impactos de dois ou mais processos ou serviços que executam o mesmo tipo de função. Quando pretende-se selecionar um produto que ofereça o menor impacto ambiental, a ACV comparativa pode ser uma ferramenta útil. Um exemplo de ACV comparativa foi realizada pelos autores Civancik-Uslu *et al.* (2019), que investigaram os impactos ambientais de quatro tipos de sacolas (PEAD, PP, papel e biodegradável) de uso único na Espanha.

A ACV apresenta muitas vantagens na avaliação de um produto ou serviço, em especial, destaca-se o seu olhar holístico sobre o sistema a ser estudado. Contudo, essa mesma vantagem, é a sua limitação, pois quando se utiliza um escopo muito amplo, a análise torna-se muito complexa, já que para se obter resultados confiáveis deve-se ter a disponibilidade de dados corretos e dados de todas as fases contempladas pelo escopo.

O desenvolvimento da ACV cresceu celeremente nas três últimas décadas, quando passou por diversas fases que vão desde a sua concepção inicial - em que era um método para analisar a energia de um processo ou serviço - até seu entendimento atual, em que faz análises em perspectivas sociais, ambientais e econômicas que visam a sustentabilidade durante o ciclo de vida de um produto ou serviço. Para compreender como a ACV alcançou este status tão importante nos momentos de decisão, os próximos parágrafos tratarão, de forma resumida, um pouco do desenvolvimento histórico dessa ferramenta.

### **3.11.1 As Normas ISO 14000 e a ACV**

Em 1993, baseadas em regulamentos de auditorias em gestão ambiental europeias e normas britânicas, começaram a surgir as primeiras normas da família ISO 14000. Trata-se de uma série de normas que versam sobre gestão ambiental, desempenho

ambiental, avaliação do ciclo de vida de produtos, rotulagem ambiental e integração de aspectos ambientais no desenho de produtos (SÁNCHEZ, 2013).

As normas, além de especificarem requisitos relativos a um sistema de gestão ambiental, também padronizam alguns termos utilizados frequentemente em textos da área, como aspecto ambiental: “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” (ABNT, 2004b) e impacto ambiental: “qualquer modificação do meio ambiente adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte dos aspectos ambientais da organização” (ABNT, 2004b).

Pode-se dizer que o aspecto ambiental é um mecanismo ocorrido através de uma ação humana que causa um impacto ambiental. É preciso esclarecer que há diferença entre esses dois termos, como nos exemplos apresentados na Tabela 3-5.

Tabela 3-5 - Exemplos de relações entre atividades humanas, aspectos ambientais e impacto ambiental

<b>Atividade Humana</b>	<b>Aspectos Ambientais</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
<b>Lavagem de Roupa</b>	Consumo de água	Redução da disponibilidade hídrica
<b>Armazenagem de combustível</b>	Vazamento	Contaminação do solo e de água subterrânea
<b>Pintura de uma peça metálica</b>	Emissão de compostos voláteis	Deterioração da qualidade do ar

Fonte: adaptado de Sanchez (2013)

Os termos “aspecto ambiental” e “impacto ambiental” estão intimamente ligados à ACV e essa, por sua vez, também recebeu uma atenção especial por essas normas.

A ISO 14040, em particular, trata exclusivamente dos aspectos ligados a ACV e tem como um dos requisitos gerais orientar na condução da ferramenta e estabelecer critérios éticos para divulgação dos resultados ao público.

As normas válidas atualmente são:

- ISO 14040:2006 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework;
- ISO 14044:2006 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines.

Também há outros documentos da ISO que tratam da ACV, são eles:

- ISO 14045:2012 – Environmental Management – Eco-efficiency assessment of product systems – principles requirements and guidelines;

- ISO/TR 14047:2012 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations;
- ISO/TS 14048:2002 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Data documentation format;
- ISO/TR 14049:2012 – Environmental Management – Life Cycle Assessment – Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.

No Brasil, as normas da ACV estão dispostas na ABNT NBR ISO 14040.

As normas e relatórios técnicos da série ISO 14040 sobre ciclo de vida, regentes no Brasil são:

- ABNT NBR ISO 14040:2009 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura;
- ABNT NBR ISO 14044:2009 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações;
- ABNT NBR ISO 14045:2014 – Gestão ambiental – Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produtos – Princípios, requisitos e orientações;
- ABNT ISO/TR 14047:2016 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 a situações de avaliação de impacto;
- ABNT ISO/TR 14049:2014 – Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 à definição de objetivo e escopo à análise de inventário.

Todas essas normas, especificações e relatórios técnicos levantados até o momento, têm como objetivo uniformizar metodologia, princípios e estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida. A seguir serão tratados alguns tópicos que tangem sobre esse assunto.

### **3.11.2 Estrutura de uma ACV**

Depois das padronizações propostas por instituições para a realização de uma ACV, espera-se que um estudo como esse seja composto por quatro fases (Figura 3-6), para que os resultados possam ser reconhecidos por outros pares que realizam esse mesmo tipo de trabalho. Antes de descrever todas as fases que estão envolvidas no processo, é importante enfatizar que este método tem uma abordagem iterativa, pois a cada progressão

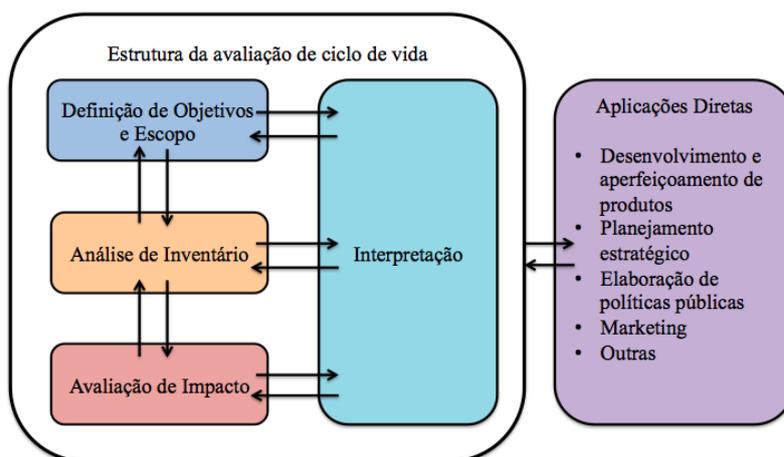
realizada no estudo abre-se a possibilidade de o pesquisador identificar uma lacuna referente a algum problema ignorado nas fases anteriores. Assim, a ferramenta possibilita a revisão de todos os passos dados e a verificação da confiabilidade do estudo durante a avaliação, conforme o seu andamento. O resultado de uma fase pode apontar que há um problema na fase anterior que não permite atingir os objetivos satisfatoriamente, deste modo, o pesquisador pode refazer ou complementar a pesquisa, assegurando que seu trabalho tenha resultados confiáveis.

O método de trabalho para se realizar uma ACV está estruturado em etapas. Essa estrutura é utilizada por vários pesquisadores e tida como a que melhor se aplica a esse tipo de estudo. Além disso, é a base das normas ISO 14040 e ISO 14044, sendo composta pelas etapas:

- Definição de objetivos e escopo;
- Análise de inventário;
- Avaliação de impactos;
- Interpretação.

Essas fases são fundamentais no encaminhamento para tomadas de decisões de condução e planejamento de uma ACV. Por esse motivo, cada uma delas será discutida, a seguir, mais profundamente.

Figura 3-3 - Fases de uma ACV



Fonte: ABNT (2009a)

### ***Definição de Objetivos e Escopo***

Em geral, o objetivo principal de uma ACV, em um primeiro momento, é orientar no desenvolvimento de um novo produto ou processo, ou escolher um produto ou processo que tenha menor impacto na saúde humana e no meio ambiente (CRAWFORD, 2011).

A definição do objetivo também deve conter o público-alvo do estudo. Ele pode ser direcionado para empresas, consumidores, órgãos públicos, marketing, etc.

Conforme a ABNT NBR ISO 14040:2009, o objetivo deve declarar:

- A aplicação pretendida;
- As razões para a execução do estudo;
- O público-alvo, e
- Se existe a intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas, a serem divulgadas publicamente.

O escopo define as principais características da ACV em termos de cobertura temporal, geográfica e tecnológica, o modo de análise empregado e o nível de sofisticação do estudo, em relação ao seu objetivo (GUINÉE *et al.*, 2011).

Segundo a ABNT NBR ISO 14040:2009, o escopo deve incluir:

- O sistema de produto a ser estudado;
- As funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- A unidade funcional;
- Procedimentos de alocação;
- Categorias de impacto selecionadas e metodologia para avaliação de impactos, bem como a interpretação subsequente de dados;
- Requisitos de dados;
- Pressupostos;
- Limitações;
- Requisitos iniciais quanto à qualidade dos dados;
- Tipo de análise crítica, se aplicável;
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

É importante ressaltar que tanto o escopo quanto o objetivo podem ser alterados durante o estudo, pois a medida que a ACV avança, algumas informações e detalhes podem surgir e assim pode ser necessário alguns ajustes.

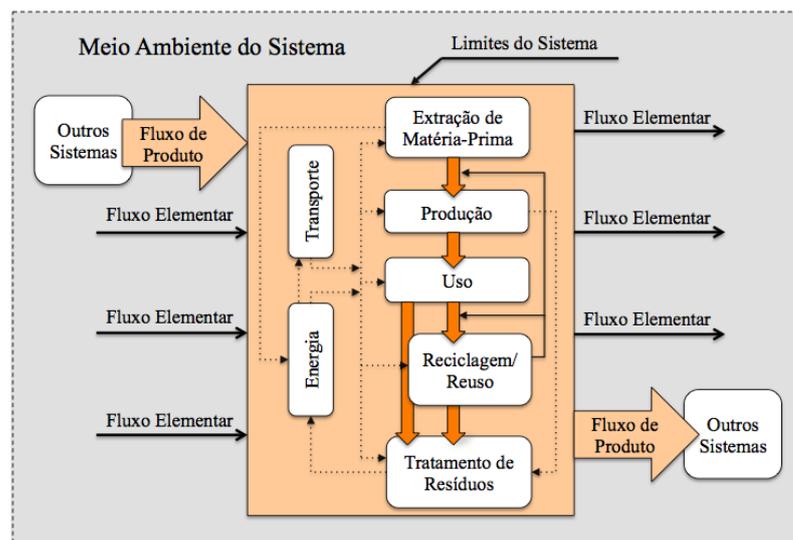
Alguns elementos que envolvem a composição de um escopo serão discutidos em mais detalhes nos próximos tópicos.vc

### *a* **Sistemas de Produto e Fronteiras do Sistema**

Conforme Silva (2016), um sistema de produto é um conjunto de processos elementares ou unidades de processo que representam uma ou mais funções definidas. Assim, o sistema é “... caracterizado pela sua função e não definido somente em termos dos produtos finais” (ABNT, 2009a). A vizinhança de um sistema de produto interage com ele fornecendo insumos e recebendo fluxos que saem do sistema (Figura 3-4).

Os processos elementares<sup>2</sup>, contidos em um sistema de produto, podem estar ligados a outros processos elementares por meio de fluxos intermediários (produtos intermediários e/ou resíduos para tratamento), também podem estar vinculados a outros sistemas de produtos por meio de fluxos de produtos e ao meio ambiente por intermédio de um fluxo elementar (ABNT, 2009a).

Figura 3-4 - Limites do sistema e sua vizinhança



Fonte: adaptado ABNT (2009a).

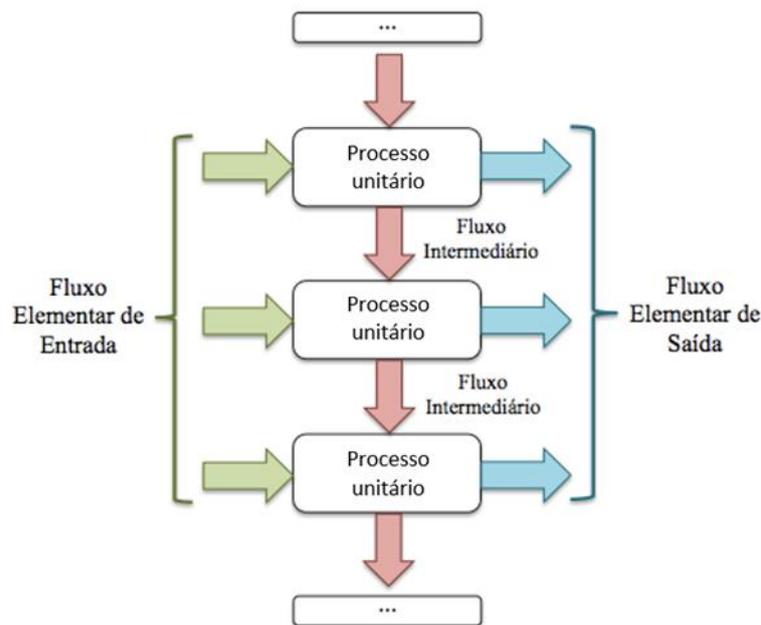
Com auxílio da Figura 3-5 (trecho de um sistema de produto qualquer), podemos definir:

- Fluxos elementares de entrada: são todos os fluxos necessários para a fabricação de um produto. Como por exemplo, energia elétrica, petróleo, madeira etc.

<sup>2</sup> Menor elemento considerado na análise de inventário do ciclo de vida para o qual dados de entrada e saída são quantificados (ABNT, 2009).

- Fluxos elementares de saída: são os elementos (emissões, resíduos ou rejeitos) que foram produzidos em alguma etapa do sistema de produto e não servem mais para aquele processo.
- Fluxos intermediários: são produtos, materiais ou energias que ocorrem entre as unidades do processo (ABNT, 2009a)

Figura 3-5 - Exemplo de conjunto de processos elementares de um sistema de produto



Fonte: adaptado ABNT (2009a)

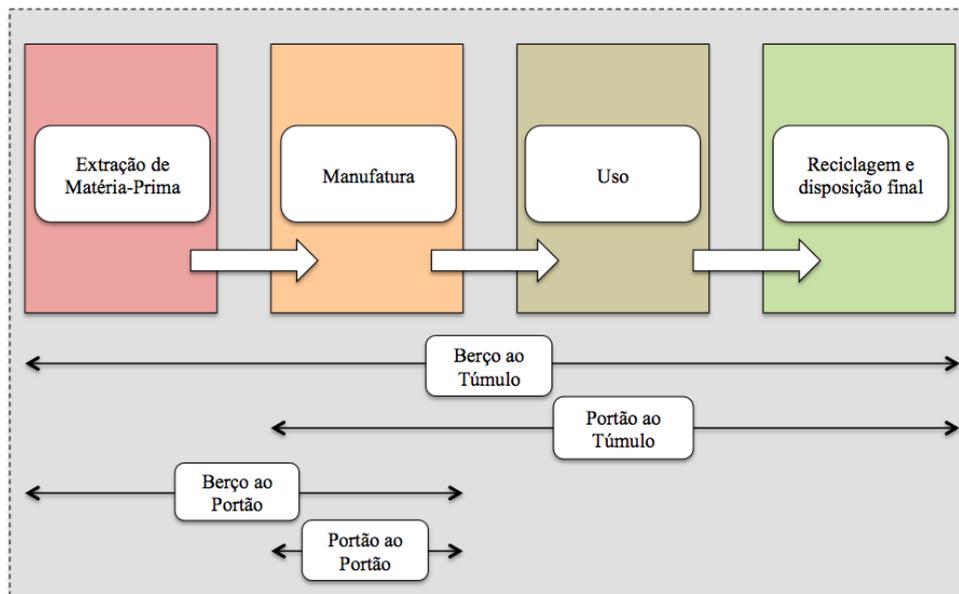
Para facilitar a quantificação e identificação das entradas e saídas de um sistema de produto é necessário dividi-lo em processos. Nem todas as entradas do sistema fazem parte diretamente da produção do produto final. As vezes um insumo é necessário para o funcionamento de um equipamento dentro de uma unidade de processo e assim esse fluxo de entrada tem uma participação indireta na produção do produto.

As fronteiras de um sistema de produto - interface entre um sistema e o meio ambiente ou outros sistemas (ABNT, 2004) que utilizam um conjunto de critérios, especificando quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto (ABNT, 2009a) - podem tornar a ACV de um produto muito complexa e isso pode depender da extensão do sistema escolhido.

A abrangência das fronteiras dos sistemas pode ser **em relação ao ciclo de vida do produto** e pode variar conforme a Figura 3-9 (BAUER, 2003; SILVA, 2016):

- “do berço ao túmulo” que compreende todos os processos envolvidos desde a extração da matéria-prima necessária para a fabricação do produto até sua disposição final;
- “do berço ao portão” que considera os elementos que vão da extração da matéria-prima até a manufatura;
- “do portão ao túmulo” que envolve os processos da manufatura até a disposição final;
- “do portão ao portão” quando a ACV tem como objetivo pesquisar apenas o processo de manufatura.

Figura 3-6 - Abordagem da Análise de Ciclo de Vida



Fonte: adaptado ABNT (2009a).

Também há uma variante da abordagem “do berço ao túmulo” que é quando o produto, após o uso, não segue o caminho da disposição final e volta ao ciclo produtivo, através da reciclagem e do reuso. Essa variante é conhecida como “do berço ao berço” (SILVA, 2016).

A fronteira pode ser limitada **em relação a interface de outros sistemas de produto**, evitando tornar o estudo demasiadamente extenso, também pode ser limitada em **relação às características geográficas** (definindo a localidade que torna o estudo adequado), **temporais** (escolhendo um intervalo de tempo válido), **tecnológicas**

(determinando o nível tecnológico apropriado) e de **bens de capital** (decidindo se serão incluídas as infraestruturas na fronteira como parte do processo).

A escolha do sistema de produto que será tratado em uma ACV depende do que está explicitado no escopo, em relação às fronteiras do sistema. Quanto maior o sistema trabalhado mais complexo será o estudo, principalmente em relação à coleta de dados de todas as etapas. Os autores Thorn, Kraus, Parker (2011) observam que as avaliações que incluem a fase de uso são as mais complicadas de prever, pois é difícil compreender o comportamento do consumidor em relação ao uso e descarte do produto. Assim, as avaliações que envolvem o berço e o portão possuem dados mais confiáveis e representativos, o que leva a uma ACV mais bem-sucedida.

### ***b Função do Sistema, Unidade Funcional e Fluxo de Referência***

Para a ABNT NBR ISO 14044:2009, a função de um sistema - finalidade do produto ou serviço que se pretende estudar - deve estar especificada no escopo da ACV.

A unidade que mensura a função do sistema é chamada de unidade funcional (UF) e ela será a referência para quantificar os dados de entrada e saída. Esses serão normalizados para que sejam mensuráveis. Se um sistema envolver mais de um produto, eles só serão comparáveis se desempenharem a mesma função, quantificada para uma mesma UF.

Depois de ter escolhido a unidade funcional do sistema, o fluxo de referência (FR) que é a quantidade de produto necessária para que o produto desempenhe a função na quantidade estabelecida pela unidade funcional pode ser definido (ABNT, 2009b).

A Tabela 3-6 apresenta um exemplo envolvendo unidade funcional e fluxo de referência de uma ACV comparativa entre telhas de cerâmica e de concreto, realizada por ANICER (2011). Nessa comparação, a função do sistema é a utilização das telhas para a proteção do interior de construções de eventos climáticos.

Tabela 3-6 - Exemplo de unidade funcional e fluxo de referência em uma avaliação do ciclo de vida

<b>Produto</b>	<b>Unidade Funcional</b>	<b>Relação produto/UR</b>	<b>Fluxo de Referência</b>
<b>Telha de Cerâmica</b>	Cobertura de 1m <sup>2</sup> de teto com telhas para uma duração de 20 anos.	16 telhas/m <sup>2</sup>	38,4 kg de cerâmica
<b>Telha de Concreto</b>	Cobertura de 1m <sup>2</sup> de teto com telhas para uma duração de 20 anos.	10,4 telhas/m <sup>2</sup>	46,8 kg de concreto

Fonte: Anicer (2011)

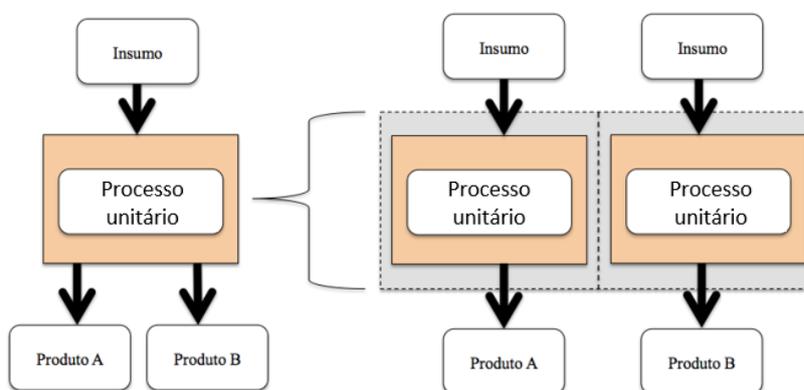
### *c* **Procedimentos de Alocação**

Quando se torna impossível distinguir nitidamente os aspectos ambientais, entre as unidades funcionais e os subprodutos do sistema, é preciso fazer uma divisão adequada desses aspectos através de procedimentos de alocação. Às vezes, quando se realiza uma ACV de um produto gerado em um sistema que produz outros produtos simultaneamente, não se pode atribuir todos os impactos somente ao produto estudado. Neste caso, é necessário encontrar uma forma de atribuir os impactos para cada um dos produtos de forma coerente (ABNT, 2009a).

A ABNT NBR ISO 14044:2009 indica que, sempre que possível, a alocação deve ser evitada, pois como é um método de distribuição de aspectos conforme um procedimento escolhido, pode acrescentar a ACV mais incertezas. Para evitar a alocação, a mesma norma apresenta duas soluções:

- Divisão dos processos elementares a serem alocados em dois ou mais subprocessos e coleta dos dados de entrada e saída relacionados a esses subprocessos;
- Expansão da fronteira do sistema, incluindo funções adicionais relacionadas aos coprodutos conforme critérios de corte (critérios utilizados para decidir quais entradas ou saídas farão parte da ACV).

Figura 3-7 - Sistema que geram mais de um produto (esquerda) e Sistema dividido em Subprodutos (direita)



Fonte: adaptado ABNT (2009a)

Se não for viável evitar o uso de alocação, a mesma norma aconselha outros dois possíveis passos:

- Distribuir as entradas e saídas do sistema entre os diferentes tipos de produtos ou funções, levando em conta a relação física entre eles, e relacionar as entradas e saídas de forma quantitativa com os produtos a elas arrolados;
- Se não for possível estabelecer relação física como procedimento de alocação, deve-se utilizar outra relação possível entre entradas e saídas com o produto, como, por exemplo, relacionar valores econômicos entre elas.

Um exemplo de alocação que utiliza o critério físico é a obtenção do cloro gerado pelo processo conhecido por célula de diafragma. Esse processo gera outros dois subprodutos – hidróxido de sódio e hidrogênio. Pode-se chegar à conclusão que, conforme fatores de alocação, 46,5%, 52,2% e 1,3% dos impactos são atribuídos ao cloro, hidróxido de sódio e hidrogênio, respectivamente, conforme a Tabela 3-7.

Tabela 3-7 - Exemplo de alocação utilizando critério físico

Produto	Massa (kg)	Fator de alocação (%)
Cloro	1,0	46,5
Hidróxido de Sódio	1,123	52,2
Hidrogênio	0,0287	1,3
<b>Total</b>	<b>2,1517</b>	<b>100,0</b>

Fonte: BORGES, 2004 apud RIBEIRO, 2009

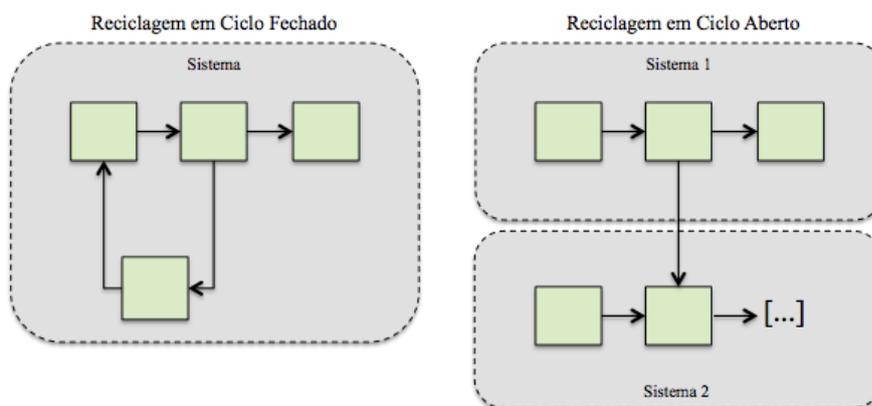
Para a alocação de reciclagem/reuso, deve-se ter os mesmos cuidados prestados como na alocação de sistemas com coprodutos. Lembrando que tanto o processo de reuso quanto o de reciclagem podem alterar as propriedades inertes de materiais no uso seguinte. Se esses materiais entrarem novamente no sistema ou em outro, deve-se ter cuidado com as entradas e saídas vinculadas a processos elementares de extração, manufatura e disposição final, a fim de dividi-las entre os sistemas (ABNT, 2009a).

A alocação para a reciclagem pode ser de duas formas:

- **Alocação em ciclo fechado:** acontece quando um material, recolhido de um sistema, ao ser reciclado, retornar ao mesmo sistema participando de processos elementares, ou quando o produto de um sistema retorna aos mesmo sistema (CHEHEBE, 1998).
- **Alocação em ciclo aberto:** quando o material de um sistema é transferido para a reciclagem em outros sistemas e sofre uma alteração em suas

propriedades inerentes. Conforme a NBR 14044, se na reciclagem do outro sistema não ocorrer mudanças nas propriedades inerentes ao material, a alocação pode ser evitada, expandindo o sistema (também pode, ao invés de expandir o sistema, tratar essa reciclagem como alocação de ciclo fechado).

Figura 3-8 - Alocação para reciclagem ciclo aberto à esquerda e ciclo fechado à direita



Fonte: CHEHEBE, 1998

#### ***d* Categorias de impacto selecionadas e metodologia para avaliação de impactos.**

O objetivo que se pretende alcançar com a ACV é o norteador, no momento da seleção da categoria de impacto (aquecimento global, ecotoxicidade, eutrofização, entre outros), e deve estar coerente com a escolha dos dados que serão levantados.

Na primeira etapa de uma ACV, pode ser escolhida a metodologia - conjunto dos métodos e das técnicas empregadas para atingir um objetivo que, no caso, é a avaliação dos impactos.

É necessário ter discernimento para escolher, tanto a metodologia para avaliação, quanto as categorias de impacto. Para escolher uma metodologia, é preciso conhecê-la e verificar, por exemplo, se ela abrange as categorias escolhidas para a ACV.

#### ***e* Requisitos de dados e de incipiência quanto à qualidade dos dados**

A coleta de dados é a fase mais exigente, pois é a qualidade deles que irá determinar o sucesso da ACV. Uma estratégia possível para determinar quais dados deverão ser listados, durante a fase de levantamento do inventário, é traçar um fluxograma

do processo. Neste momento será possível reconhecer quais serão os dados de entrada e saída dos processos unitários.

Nem sempre será possível levantar todos os dados necessários, principalmente daqueles que não estão ligados diretamente ao processo, porém os dados faltantes podem ser substituídos por outro pertencente a um banco de dados de um processo unitário semelhante ao requisitado. Este tipo de dado é conhecido como **secundário ou de fundo** (PRE, 2016).

Já os dados conhecidos como **primários ou de primeiro plano**, são dados coletados junto aos processos de estudo e que são colhidos diretamente com a empresa que trabalha com o sistema de produtos (PRE, 2016).

Sobre a qualidade dos dados, a NBR 14044 (ABNT, 2009b) dispõe que “[...] devem ser especificados para que o objeto e escopo da ACV possam ser alcançados” e, para isso, os dados devem possuir as seguintes características:

- Cobertura temporal: período e tempo de existência dos dados e intervalo de tempo da coleta;
- Cobertura geográfica: espaço geográfico de onde os dados devem ser coletados;
- Cobertura tecnológica: são dados que dependem dos tipos e formas de tecnologia (ou o conjunto delas);
- Precisão: trata da medida da variabilidade dos valores dos dados; a percentagem;
- Completeza: é a percentagem estimada ou medida dos dados;
- Representatividade: é o grau de relevância do dado em relação a população de interesse;
- Consistência: trata-se da uniformidade da metodologia durante a fase de coleta de dados;
- Reprodutibilidade: quando os dados permitem que outro pesquisador independente consiga reproduzir os mesmos resultados daquele que obteve os dados;
- Fonte dos dados: os dados podem ser advindos de fontes pontuais ou difusas.

- Incerteza da informação: quando alguma característica do processo não está totalmente clara, o que pode causar uma inconsistência do dado gerado.

### *f* **Pressupostos e Limitações**

As limitações são restrições que podem causar um impedimento na continuação de um estudo (falta de dados, divisão duvidosa de fluxos do sistema, etc.). Estas limitações podem levar a necessidade de gerar pressupostos com a finalidade de eliminar esses entraves, como, por exemplo, simulação de cenários. É importante que os pressupostos sejam baseados nas restrições do estudo (SILVA, 2016).

### **3.11.3 Análise do Inventário**

Nesta fase da ACV serão **coletados os dados** do inventário e eles devem passar por uma série de tratamentos, para verificar suas consistências com objetivo e escopo. Caso seja verificado incoerência com os dados, duas possibilidades podem ocorrer: a necessidade de revisar dados coletados ou inevitabilidade de modificar o objetivo e o escopo, a fim de se adequarem aos dados.

O próximo passo é referente aos **procedimentos de cálculos**. Serão realizados os tratamentos matemáticos necessários para uniformizar os fluxos de entrada e saída, com a mesma unidade, para que sejam relacionados posteriormente. Todos os cálculos devem estar declarados e justificados. (ABNT, 2009a)

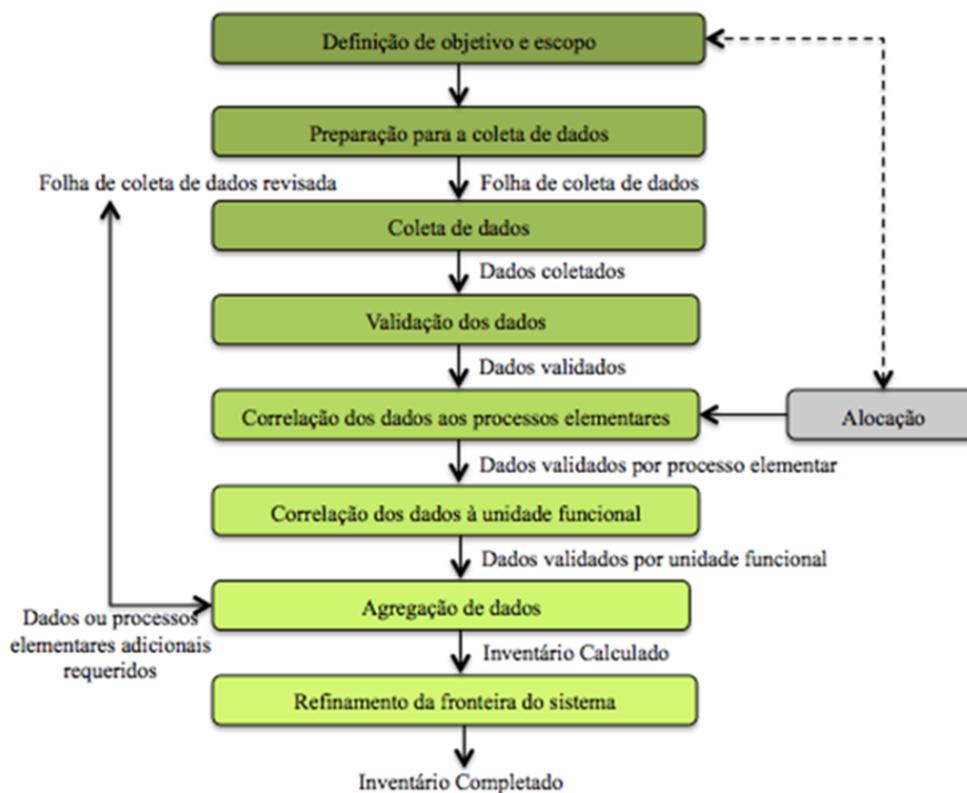
Com os cálculos prontos é o momento de **validar os dados**, isto é, verificar se não existem anomalias no processo elementar. Uma das formas possíveis de se fazer isso, é por meio de cálculos da conservação de massa e de energia.

A etapa seguinte é a **correlação de dados a processos elementares e à unidade funcional**. Nesta fase, deve-se verificar se todos os fluxos e todas as unidades de processo têm o mesmo fluxo de referência, sendo que, os dados devem estar expressos na mesma unidade funcional. No caso de estar prevista **alocação** na fase de objetivo e escopo, ela deve ser introduzida no momento de verificação dos dados nos processos elementares.

Na sequência, deve ser realizado o **refinamento da fronteira do sistema**, que é quando, mesmo após as fases anteriores, ainda persiste a necessidade de se incluir ou excluir processos elementares, ou entradas, ou saídas de fluxos.

A Figura 3-9 trata do fluxograma com todos os passos, simplificados, para uma análise de inventário (ABNT, 2009a).

Figura 3-9 - Procedimentos simplificados para análise do inventário



Fonte: adaptado de ABNT (2009a)

### Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

Nesta fase, é realizada a transposição dos resultados, obtidos na etapa anterior, para categorias de impacto, através de uma metodologia. Pode-se dizer que o objetivo dessa fase é avaliar a magnitude e o significado dos possíveis impactos ambientais de um sistema de produto, baseados nos resultados dos inventários. A quantidade de recursos (água, energia, resíduos, emissões, etc.) levantados no sistema serão traduzidas no impacto que essas cargas ambientais podem ocasionar (CRAWFORD, 2011).

As fases envolvidas em uma AICV seguem os seguintes passos (ABNT, 2009a e CRAWFORD,2011):

- **Seleção e definição das categorias de impacto:** São determinadas as categorias de impacto, conforme as cargas ambientais quantificadas no inventário. As categorias de impactos mais comuns são: aquecimento

global (aumento da temperatura média da Terra), depleção de minerais e combustíveis fósseis (consumo de recursos naturais e energias não renováveis), depleção do ozônio (diminuição da camada de ozônio), ecotoxicidade (emissão de substâncias orgânicas e químicas no solo, ar ou na água), acidificação, uso do solo.

- **Classificação:** É o processo de atribuir aos resultados, oriundos do inventário, as categorias de impactos selecionadas. Na Tabela 3-8 são apresentados exemplos da associação dos inventários aos impactos.

Tabela 3-8 - Dados do inventário e categorias de impacto correspondente

Dados do Inventário	Categoria de Impacto
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Aquecimento de Global
Metano (CH <sub>4</sub> )	
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	
Óxidos Sulfúricos (SO <sub>x</sub> )	
Óxidos de Nitrogênios (NO <sub>x</sub> )	Acidificação
Ácido Clorídrico (HCl)	
Amônia (NH <sub>4</sub> )	
Quantidade de resíduos depositados em aterros sanitários e outras modificações do uso da terra	Uso do solo

Fonte: CRAWFORD,2011

- **Caracterização:** Esse processo envolve o cálculo dos resultados dos indicadores de categoria. Os resultados do inventário são convertidos em unidades com base comum e são agregados dentro de uma mesma categoria de impacto. Para essa conversão, são utilizados fatores de caracterização. Uma opção frequentemente usada para o aquecimento global, por exemplo, é a conversão de todos os resultados dos gases de efeito estufa (GEE) em CO<sub>2</sub> equivalentes.
- **Normalização:** Para possibilitar a comparação direta entre as categorias de impactos, faz-se a normalização que é o cálculo que divide os resultados dos indicadores por um valor de referência. Assim, é possível compreender a magnitude relativa para cada resultado de indicador do sistema de produto.

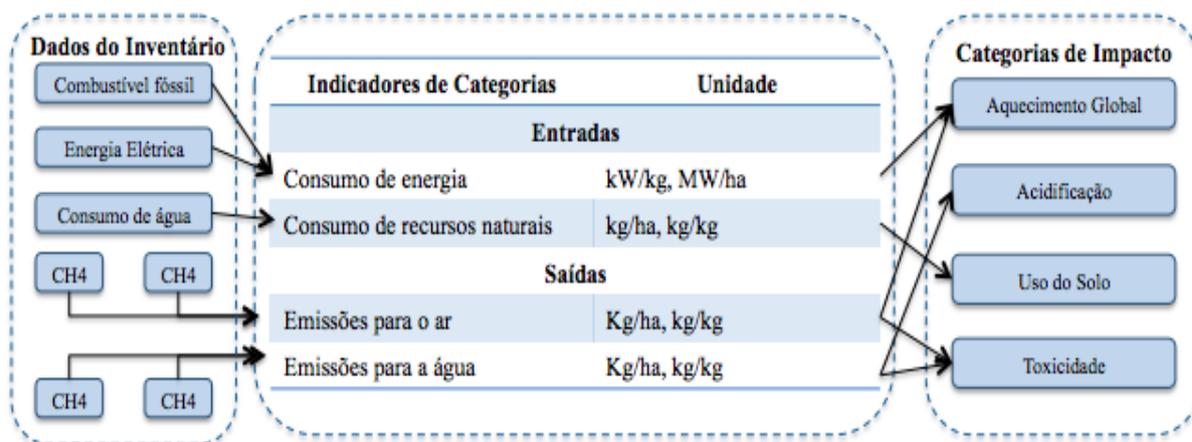
- **Agrupamento:** É uma aglomeração das categorias de impacto em um ou mais conjuntos, conforme definido no objetivo e escopo. Isso se faz seguindo atributos que esses conjuntos possuem em comum como: escala especial, recursos consumidos, emissões, entre outros.
- **Ponderação:** É a conversão de resultados de indicadores de diferentes categorias de impacto, utilizando fatores numéricos determinados por uma escolha de peso às categorias. Pode ocorrer de estudos, utilizando a mesma base nos resultados de indicadores, chegarem a resultados distintos nos resultados de ponderação, pois cada pesquisador pode ter uma percepção ou objetivos diferentes, enquanto a importância que deve ser dada a uma determinada categoria.
- **Análise da qualidade de dados:** As qualidades dos dados dependem diretamente da fonte e dos métodos de coleta. Se os dados não forem confiáveis podem levar a uma representação distorcida dos potenciais impactos ambientais. Algumas análises podem ser feitas para identificar se há resultados não significativos, verificar a presença de diferenças significativas, etc. Existem alguns métodos para se fazer essa verificação, como a “análise de contribuição”, a “análise de incerteza” e “a análise de sensibilidade”.

A análise de contribuição identifica quais indicadores são mais significativos, evitando estudar itens irrelevantes. A Análise de incerteza determina como as incertezas nos dados se propagaram nos cálculos e como afetam a confiabilidade nos resultados. A análise de sensibilidade verifica como a mudança de um dado ou metodologia afeta os resultados de um AICV.

Em uma AICV, nem todos os passos devem ou precisam ser seguidos. A normalização, o agrupamento, a ponderação e a análise da qualidade dos dados são elementos opcionais dentro da avaliação.

Sobre uma metodologia a ser seguida para AICV, a ABNT (2009a) diz que “não existem metodologias amplamente aceitas para correlacionar de forma consistente e acurada dados de inventário com impactos ambientais potenciais específicos. Modelos para categorias de impacto estão em fases diferentes de desenvolvimento”

Figura 3-10 - Dados do inventário, indicadores de categoria e categorias de impacto



Fonte: Elaborada pela autora

Alguns modelos para AICV apresentam características específicas e podem ser classificadas, conforme suas abordagens, em duas categorias: *Midpoint* ou *Endpoint*. A primeira abordagem converte extrações de recursos naturais e o envio de substância para o meio em categorias de impactos ambientais intermediárias (mudança climática, depleção fóssil, toxicidade, entre outros) que são aquelas que incidem antes de provocarem ou incorrerem um dano final (dano à saúde humana, dano ao meio ambiente, depleção de recursos naturais).

Já a abordagem *endpoint* converge os resultados das categorias de impacto ambientais – através de indicadores – em potenciais prejuízos finais que resultam da atividade avaliada pelo AICV. Como essa abordagem trata de um potencial dano – pois se trata de um modelo simplificado – ela carrega mais incertezas em suas respostas do que a abordagem *midpoint*, por outro lado oferece uma melhor informação das relevâncias ambientais facilitando assim a interpretação dos resultados para tomadas de decisões e avaliações de diversos cenários (UDO de HAES *et al.*, 2000; HAUSCHILD e HUIJBREGTS, 2015).

Diante das limitações e benefícios das abordagens, Bare *et al.* (2000) apresentam que o consenso entre especialistas é que o desejável seria que os resultados de uma AICV fossem apresentados em paralelo ou em camadas e, assim, oferecendo ao usuário comparativos no nível médio e final já que essas abordagens apresentam limitações complementares.

Alguns métodos de avaliação dos impactos já implementam um viés conjunto das duas abordagens, como o ReCiPe, que foi desenvolvida em colaboração entre grupos holandeses do RIVM (Ministério da Saúde e Meio Ambiente da Holanda), da universidade

de Radboud, do Instituto de Ciências Ambientais (CML) de universidade de Lieden e da PRÉ-Consultants (que forma o acrônimo do nome do método), que oferece um AICV que proporciona uma caracterização harmonizada do nível *midpoint* e *endpoint* (HUIJBREGTS *et al.*, 2017).

A estrutura do ReCiPe 2016 tem como objetivo tratar dos resultados oriundos do ICV a fim de associá-los a questões ambientais relevantes conhecidos como categorias de impacto (ABNT, 2009b).

As categorias *midpoint* (Tabela 3-9) definidas pelo ReCiPe são: mudança climática, depleção do ozônio estratosférico, radiação ionizante, formação de material particulado, formação do ozônio fotoquímico, acidificação terrestre, eutrofização da água doce, eutrofização da água marinha, toxicidade (não cancerígena e cancerígena), ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade da doce e marinha, uso da terra (urbana e agricultável), transformação de terra natura e esgotamento de recursos minerais e de água doce (HUIJBREGTS *et al.*, 2017).

As áreas de proteção que são as categorias da abordagem *endpoint* (Tabela 3-10) reconhecidamente importantes para a sociedade e implementadas no ReCiPe são danos à saúde humana, danos ao ecossistema e danos à disponibilidade de recursos (HUIJBREGTS *et al.*, 2017).

Tabela 3-9 - Categorias de impacto do método ReCiPe 2016 *Midpoint*

Categoria de Impacto	Unidade*	Descrição
Mudança Climática	kg CO <sub>2</sub>	A emissão de certos gases como CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O e outros classificados como gases de efeito estufa (GEE) absorvem parte da radiação oriunda da superfície terrestre induzindo o aumento da temperatura média global e outras alterações relacionadas a essas emissões antrópicas.
Depleção do Ozônio	kg CFC-11	Essa categoria está relacionada a degradação da camada de ozônio estratosférico promovida por emissões de substâncias que contenham átomos de cloro ou bromo.
Radiação Ionizante	kBq Co-60	Algumas substâncias emitidas para o meio ambiente podem conter materiais com radionuclídeos que, dependendo do tempo de exposição, podem ser

Formação de Matéria Particulada	kg PM 10	altamente danosos ao meio ambiente e a saúde humana  As emissões de materiais particulados são divididos em duas categorias – as partículas finas (< 2,5µm) e as partículas grossas (entre 2,5 - 10µm) – que são inaláveis ocasionando efeitos negativos à saúde humana.
Formação de foto-oxidantes	kg NO <sub>x</sub>	A formação de ozônio no nível do solo é devido a emissões de óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis quando expostos a radiação solar formando o <i>smog</i> de verão.
Acidificação Terrestre	kg SO <sub>2</sub>	Trata-se da alteração da acidez do solo devido a deposição de substâncias inorgânicas como sulfatos, fosfatos e nitratos que liberam íons de H <sup>+</sup> diminuindo o pH.
Eutrofização de água doce	kg P	A eutrofização da água ocorre quando este meio recebe uma quantidade significativa de nutrientes que influenciam no crescimento de algas e a consequência é a diminuição do oxigênio dissolvido na água alterando a composição de espécies locais.
Eutrofização da água marinha	kg N	As emissões realizadas por fontes antrópicas podem fornecer ao meio ambiente substâncias que podem ser ingeridas, inaladas ou absorvidas pelos seres humanos e dependendo do potencial de toxidade e da quantidade que se é exposto pode provocar reações adversas.
Toxicidade Humana	kg 1,4 DCB	Estas categorias são semelhante a toxicidade humana, mas estas se referem a quantificação dos efeitos que os potenciais de toxidade das substâncias podem influenciar no ecossistema e nos organismos que nela vivem.
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4 DCB	
Ecotoxicidade da água doce	kg 1,4 DCB	
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4 DCB	
Uso da Solo	m <sup>2</sup> × ano	Esta categoria relaciona-se ao uso da terra por ocupação e/ou transformação por atividades humanas como construções, minerações e atividades agrícolas.
Depleção fóssil	kg de petróleo	A redução de recursos naturais não-vivos e minerais realizados através da intervenção humana são contabilizados por estas categorias.
Depleção Mineral	kg de Cobre	
Depleção da água	m <sup>3</sup>	Os impactos ambientais causados pela redução da disponibilidade da água doce gerada pelo consumo

desproporcional são estabelecidos nesta categoria.

\*A unidade da categoria de impacto é referente aos resultados dos seus indicadores

Fontes: Adaptado de BARE, 2011; BARE *et al.*, 2000; SHARAAI, MAHMOOD, SULAIMAN, 2011; GOEDKOOOP *et al.*, 2009 e HUIJBREGTS *et al.*, 2017.

Tabela 3-10 - Categorias de impacto do método ReCiPe 2016 *Endpoint*

Categoria de Impacto	Unidade	Descrição das áreas de proteção
Dano a Saúde Humana	ano	Trata dos valores de vida ajustados por incapacidade devido a doenças incluído câncer, transmitidas por vetores e não transmissíveis que de alguma maneira foram influenciadas por emissões. Essa categoria é dada em DALY (Disability Adjusted Life Years).
Dano a diversidade do ecossistema	ano	O método utiliza a quantidade de espécies para classificar a qualidade de um ecossistema. Quanto menor a degradação de espécies por ano, menor é a perturbação das atividades humanas no ecossistema. A medida desta categoria é em espécies.ano (ano)
Danos à disponibilidade de recursos	custo	As consequências da extração de recursos naturais não vivos e não renováveis da natureza é quantificada nesta categoria que é expressa pelo custo por ano para extrair esses recursos.

Fontes: GOEDKOOOP *et al.*, 2009 e HUIJBREGTS *et al.*, 2017.

A nova atualização do ReCiPe (2016 versão 1.1) fornece fatores de caracterização representativos na escala global (a maioria das categorias tinham abrangência somente para a Europa).

Para lidar com as incertezas nas avaliações, o ReCiPe oferece três tipos de perspectivas que levam em consideração ações que podem evitar danos futuros. São elas: a individualista (I), a hierárquica (H) e igualitária (E). A do tipo individualista tem como base suposições que ações de curto prazo, otimismo tecnológico e os tipos impactos são tratados como pontos pacificados. Já na hierárquica o tempo é mais longo que o a individualista e os danos ainda podem ser evitados. Na perspectiva igualitária o tempo considerado é mais longo e os danos não podem ser evitados o que leva a ocorrências irreversíveis (HUIJBREGTS *et al.*, 2017).



## **4 Metodologia**

### **4.1 Coleta de dados**

O contato inicial para a coleta de dados foi com o inpEV que encaminhou os endereços eletrônicos de seus relatórios de sustentabilidade que contém informações gerais do instituto e das entregas estaduais de embalagens, além do balanço contábil do ano selecionado. Porém, informações mais pontuais como tipo de embalagens por região não são disponibilizadas nestes relatórios. Assim, optou-se por procurar individualmente algumas unidades a fim de cooptar dados representativos no âmbito das centrais.

Primeiramente é importante ressaltar que o gerenciamento das centrais e postos está sob responsabilidade de algum órgão ligado ao elo da logística de devolução da embalagem. Nas centrais estudadas, a de Piedade/SP é coordenada pela Associação dos Distribuidores de Insumos Agrícolas do Estado de São Paulo (ADIAESP), a unidade de Piracicaba/SP é conduzida pela Cooperativa dos Plantadores de Cana (Coplacana), já a da cidade do Capão do Leão/RS é controlada pela Associação de Revendedores de Defensivos Agrícolas da Região Sul (Aredesul) e diferentemente das outras centrais, a de Ituverava/SP é gerida dentro de uma Fundação Educacional, a Faculdade Dr. Francisco Maeda (FAFRAM).

Posteriormente a autorização dos entes que administram as centrais para visitação destas. Foi inicialmente visitado o posto de Itapetininga/SP em que foram reconhecidos as instalações e os procedimentos realizados com as embalagens. Na sequência, foram conhecidas as centrais de Piedade/SP e Piracicaba/SP. Onde foram explanadas as diferenças de procedimentos entre os postos e as centrais, além de uma explicação do funcionamento do Sistema Campo Limpo no contexto do gerenciamento da unidade e das

associadas. Nessas visitas, ambas centrais forneceram dados primários sobre o processo estudado.

Os dados disponibilizados são relativos a quantidade de embalagens, por tipo, destinadas e as empresas para o qual foram encaminhadas, relativos aos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017. Além disso, foram informados os totais de caminhões recebidos por mês oriundos dos postos e os valores de consumo mensal de energia elétrica e de água. Na sequência, por meio eletrônico, foram obtidas as mesmas informações das centrais de Capão do Leão/RS e Ituverava/SP.

A unidade de Ituverava também cedeu dados mais detalhados sobre a entrada das embalagens na central e o relatório interno sobre as atividades e índices de desempenho. É pertinente destacar que esta central recebe constantemente prêmios por seu engajamento e ações referentes ao tratamento dos invólucros e educação ambiental nas escolas do entorno.

Na sequência, são apresentadas maiores informações sobre essas centrais de recebimento.

## **4.2 Caracterização das centrais de recebimento**

### **4.2.1 *Capão do Leão/RS***

Capão do Leão é um município do extremo sul do Rio Grande do Sul localizado a 265 km de Porto Alegre. A produção agrícola da região tem como principais culturas os grãos, especialmente arroz e soja (IBGE, 2018).

A central de recebimento de embalagens de Capão do Leão possui quatro postos associados: Arroio Grande/RS, Camaquã/RS, Capivari do Sul/RS e Santa Vitória do Palmar/RS. A distância média entre os postos e a central é de 208,9 km.

A Tabela 4-1 abaixo apresenta as principais características desses municípios.

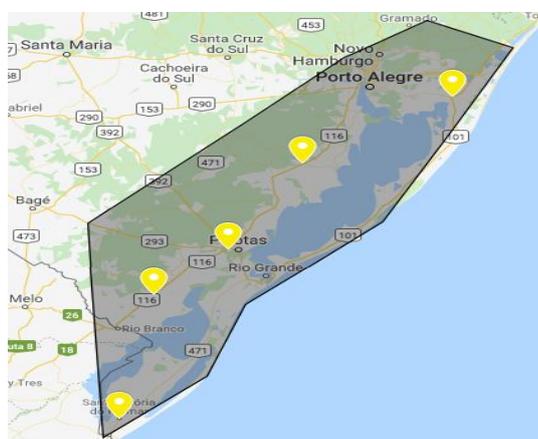
Tabela 4-1 - Caracterização dos municípios – Central de Capão do Leão/RS

<b>Cidade</b>	<b>População Total (habitantes)</b>	<b>População Rural (habitantes)</b>	<b>Área territorial (km<sup>2</sup>)</b>	<b>PIB per-capta (colocação no ranking nacional)</b>	<b>Distância aproximada à central (km)</b>
Arroio Grande	18.470	2.385	2513,6	1382°	90
Camaquã	62.764	13.408	1679,4	1242°	140
Capão do Leão	24.298	1.916	785,4	2155°	0
Capivari do Sul	3.890	660	412,8	291°	351
Santa Vitória	30.990	4.100	5244,4	1246°	254

Fonte: Adaptado de IBGE 2011 e Google Maps 2019.

A área coberta por essa central é de aproximadamente 70 mil km<sup>2</sup>, área próxima do território da Irlanda.

Figura 4-1 - Área abrangida pela central de Capão do Leão



Fonte: GoogleMyMaps, 2019

Essa central, dentre as estudadas nesse trabalho, é a que está mais distante das empresas destinadoras associadas ao inPEV e a que possui maior distância média entre postos e central. A Tabela 4-2 apresenta os valores médios aproximados das distâncias que os postos e a central estão das destinadoras mais utilizadas pela central.

Tabela 4-2 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inPEV – Central de Capão do Leão/RS

<b>Cidade</b>	<b>Distância às incineradoras (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de metal (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de plástico (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de papelão (km)</b>
Arroio Grande	1476	1598	1604	770
Camaquã	1261	1384	1389	555
Capão do Leão	1363	1466	1568	691
Capivari do Sul	1080	1202	1207	522
Santa Vitória	1633	1755	1761	927

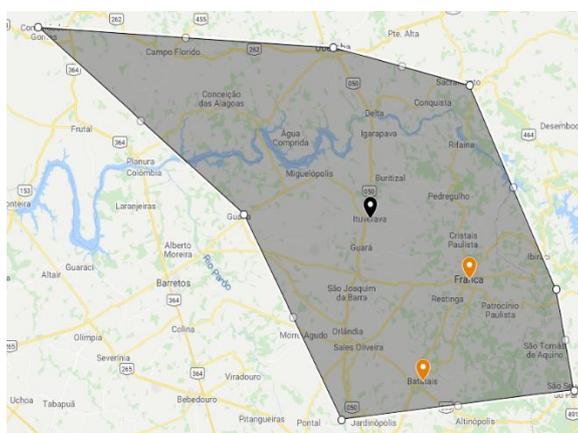
Fonte: Google Maps, 2019.

#### 4.2.2 *Ituverava/SP*

Ituverava é uma cidade localizada no norte do estado de São Paulo a uma distância de 413 km da capital paulista. A economia da região está centrada no cultivo da cana-de-açúcar, sendo que em 2017 foram produzidas mais de 4 milhões de toneladas desse ativo (IBGE, 2018).

A central de Ituverava tem como postos associados os das cidades de Batatais/SP e Franca/SP e possui uma área de cobertura de aproximadamente 17 mil km<sup>2</sup>, área próxima da ocupada pelo Kuwait. A distância média entre os postos e a central é de 80,6 km.

Figura 4-2 - Área abrangida pela Central de Ituverava



Fonte: Google MyMaps, 2019.

Na Tabela 4-3 estão apresentados os principais dados desses municípios.

Tabela 4-3 - Caracterização dos municípios – Central de Ituverava/SP

<b>Cidade</b>	<b>População Total (habitantes)</b>	<b>População Rural (habitantes)</b>	<b>Área territorial (km<sup>2</sup>)</b>	<b>PIB per-capta (colocação no ranking nacional)</b>	<b>Distância aproximada à central (km)</b>
Batatais	56.476	6.531	849,5	104°	87
Franca	318.640	5.594	605,7	1215°	74
Ituverava	38.695	2.265	705,2	1033°	0

Fonte: Adaptado de IBGE 2011 e Google Maps 2019.

Essa central tem uma peculiaridade em relação as demais aqui estudadas: as usinas açucareiras são responsáveis por grande parte das entregas de embalagens de agrotóxicos. Em 2017, por exemplo, segundos dados fornecidos pela própria central, 56,4% do total de embalagens recebidas pela unidade foi proveniente de usinas. São quatorze usinas que entregam invólucros de agrotóxicos e essa entrega é realizada diretamente na central, sem passar pelos postos.

As usinas estão localizadas nas cidades de Altinópolis/SP, Buritizal/SP, Cristais Paulista/SP, Guaira/SP, Igarapava/SP, Morro Agudo/SP, Pedregulho/SP, Restinga/SP, Santo Antônio da Alegria/SP, São Joaquim da Barra/SP, São Sebastião do Paraíso/MG e Serrana/SP. A distância média entre as usinas e a central é de aproximadamente 78 km.

As distâncias médias aproximadas que os postos e a central estão das destinadoras associadas ao inpEV mais utilizadas por essa unidade são apresentadas na Tabela 4-4.

Tabela 4-4 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Ituverava/SP

<b>Cidade</b>	<b>Distância às incineradoras (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de metal (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de plástico (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de papelão (km)</b>
Batatais	414	263	446	301
Franca	445	309	492	347
Ituverava	458	322	452	360

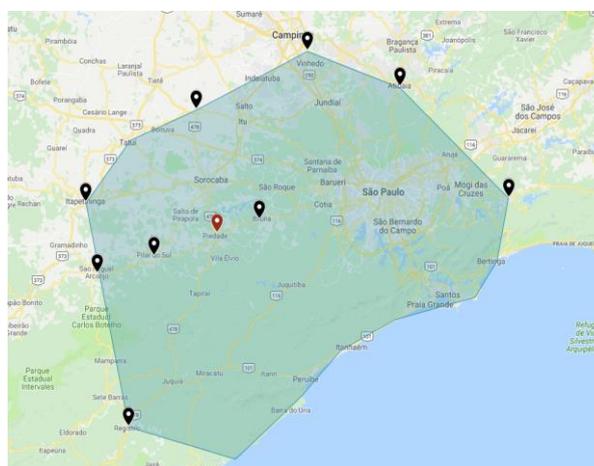
Fonte: Google Maps, 2019.

### 4.2.3 *Piedade/SP*

A central de Piedade está localizada a 134 km da capital de São Paulo e recebe embalagens de agricultores do entorno e também de caminhões que fazem coletas itinerantes. Os postos que encaminham recipientes vazios para esta central são os das cidades de Atibaia/SP, Biritiba-Mirim/SP, Ibiúna/SP, Itapetininga/SP, Pilar do Sul/SP, Porto Feliz/SP, Registro/SP, São Miguel Arcanjo/SP e Valinhos/SP. A distância média entre os postos e a central é de cerca de 109,6 km.

A área que esta central abrange é de aproximadamente 24 mil km<sup>2</sup> comparável ao tamanho da Macedônia do Norte, país localizado no sudeste da Europa que possui uma área é cerca de 25 mil km<sup>2</sup>.

Figura 4-3 - Área abrangida pela central de Piedade



Fonte: GoogleMyMaps, 2019

Apesar de atingir uma grande extensão territorial, alcançando possivelmente mais agricultores, a quantidade de embalagens coletadas é menor em relação as outras centrais localizadas no Estado e, por esse motivo, é classificada como central de pequeno porte.

Tabela 4-5 - Caracterização dos municípios – Central de Piedade/SP

<b>Cidade</b>	<b>População Total (habitantes)</b>	<b>População Rural (habitantes)</b>	<b>Área territorial (km<sup>2</sup>)</b>	<b>PIB per-capta (colocação no ranking nacional)</b>	<b>Distância aproximada à central (km)</b>
Atibaia	126.603	11.374	478,4	477°	191
Biritiba-Mirim	28.575	4.050	317,2	1109°	208
Ibiúna	71.217	46.284	1057,5	2044°	31
Itapetininga	144.377	13.327	1790,2	1107°	90
Piedade	52143	28.383	746,9	1951°	0
Pilar do Sul	26.406	5.658	681,1	2031°	43
Porto Feliz	48.893	7.797	557,1	962°	88
Registro	54.261	6.092	722,4	894°	134
São Miguel Arcanjo	31.450	9.948	930,3	2197°	75
Valinhos	106.793	5.167	148,1	504°	126

Fonte: Adaptado de IBGE 2011 e Google Maps 2019.

Uma das justificativas possíveis para a menor geração de embalagens vazias é que a agricultora da região é baseada no cultivo de verduras, legumes e algumas frutas que utilizam menos agrotóxicos que outras culturas, como é ressaltado por Pignati *et al.* (2017) que afirma em seu trabalho que as culturas que utilizam maior volume de agrotóxicos são as que predominam nas lavouras agrícolas em São Paulo: cana-de-açúcar, milho e soja.

Na Tabela 4-6 são apresentados os valores médios aproximados das distâncias que os postos e a central estão das destinadoras associadas ao inpEV mais utilizadas por essa central.

Tabela 4-6 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Piedade/SP

<b>Cidade</b>	<b>Distância às incineradoras (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de metal (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de plástico (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de papelão (km)</b>
Atibaia	93	138	43	169
Biritiba-Mirim	37	234	136	219
Ibiúna	147	149	104	118
Itapetininga	218	140	172	74
Piedade	178	143	132	122
Pilar do Sul	197	162	151	118
Porto Feliz	164	76	88	32
Registro	253	325	222	215
São Miguel Arcanjo	229	182	183	116
Valinhos	137	91	48	109

Fonte: Google Maps, 2019.



As distâncias aproximadas entre as destinadoras associadas ao inpEV mais utilizadas por essa unidade e os postos e central são apresentados na Tabela 4-8. Essa central e a de Piedade/SP são as que estão mais próximas das destinadoras, dentre as estudadas nesse trabalho.

Tabela 4-8 - Distâncias médias aproximadas dos postos e da central às destinadoras associadas ao inpEV – Central de Piedade/SP

<b>Cidade</b>	<b>Distância às incineradoras (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de metal (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de plástico (km)</b>	<b>Distância às recicladoras de papelão (km)</b>
Araras	215	58,3	266	117
Capivari	188	42,5	241	35
Cerquilha	231	74,1	279	6
Limeira	191	31,4	243	95
Mogi-Mirim	196	86,1	239	149
Piracicaba	202	13,0	256	51

Fonte: Google MyMaps, 2019.

### 4.3 Avaliação do Ciclo de Vida

Como apresentado anteriormente, a ACV pode ser uma ferramenta importante para auxiliar em um estudo que tenha como uma das finalidades conhecer os impactos gerados por um produto ou serviço e, como toda ferramenta, a ACV tem vários passos a serem seguidos como já normatizados pela ABNT NBR 14040:2009 e serão tratados a na sequência.

- **Objetivo**

Avaliar o sistema atualmente empregado nas regiões de Capão do Leão, Ituverava, Piedade e Piracicaba para a destinação de embalagens vazias de agrotóxicos. Esse estudo se destina aos usuários de ACV e àqueles que tem interesse em compreender os impactos gerados pela logística reversa das embalagens. As conclusões e considerações desta pesquisa podem auxiliar outras pesquisas acadêmicas e relatórios técnicos.

- **Escopo**

Os dados primários levantados serão do momento que as embalagens saem da propriedade rural até o portão da destinadora. Para as informações sobre fabricação da embalagem, fonte de combustível para transporte, geração de energia elétrica e tratamento da água e embalagens, serão utilizados os dados oriundos do banco Ecoinvent 1.0.

○ Unidade Funcional e Fluxo de Referência:

Como o estudo desta pesquisa leva em engloba a avaliação de quatro anos em quatro centrais distintas, as unidades funcionais de cada ACV são diferentes (Tabela 4-9) assim como o fluxo de referência (Tabela 4-10).

Tabela 4-9 - Unidade Funcional

Unidade Funcional		
ACV Capão do Leão	2014	Destinação final de <b>477.300 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2014
	2015	Destinação final de <b>528.347 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2015
	2016	Destinação final de <b>472.221 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2016
	2017	Destinação final de <b>555.363 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2017
ACV Ituverava	2014	Destinação final de <b>306.626 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2014
	2015	Destinação final de <b>270.249 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2015
	2016	Destinação final de <b>285.607 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2016
	2017	Destinação final de <b>328.589 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2017
ACV Piedade	2014	Destinação final de <b>302.498 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2014
	2015	Destinação final de <b>216.420 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2015
	2016	Destinação final de <b>215.550 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2016
	2017	Destinação final de <b>147.400 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2017

ACV Piracicaba	2014	Destinação final de <b>252.496 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2014
	2015	Destinação final de <b>261.940 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2015
	2016	Destinação final de <b>257.050 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2016
	2017	Destinação final de <b>305.320 kg</b> de embalagens vazias de agrotóxicos em 2017

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4-10 - Fluxo de Referência

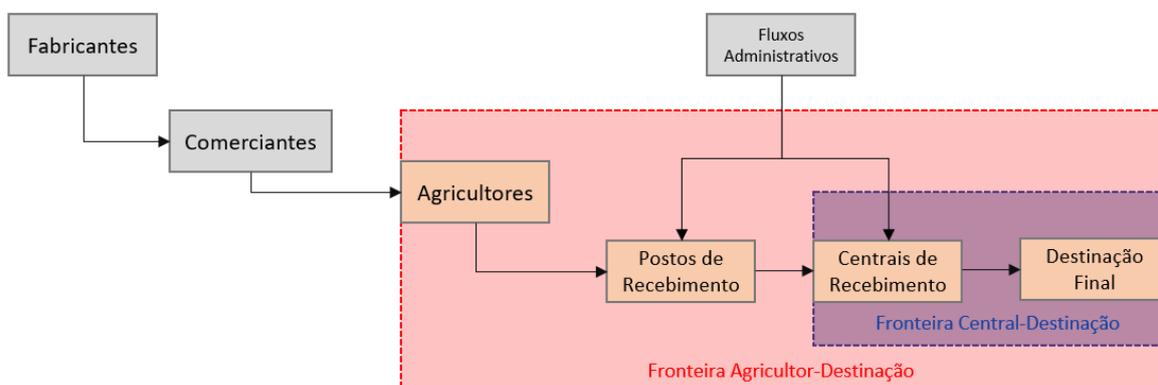
Fluxo de Referência	
Capão do Leão	70 mil km <sup>2</sup>
Ituverava	17 mil km <sup>2</sup>
Piedade	25 mil km <sup>2</sup>
Piracicaba	8,5 mil km <sup>2</sup>

Fonte: Elaborada pela autora

- Sistema de produto e Fronteiras do sistema:

O sistema de produto será composto por todas as unidades de processo ligadas a logística reversa das embalagens - postos e centrais de recebimento e a destinação final (pontos de reciclagem e incineração). Na Figura 4-5, pode-se observar um retângulo tracejado que é o limitante do sistema de produto (dentro do retângulo). As unidades de processo “fabricantes”, “comerciantes”, “agricultores” e “fluxos administrativos” estão fora da área tracejada, pois não serão incluídos neste estudo que se interessa só na abrangência entre os pós usos do agrotóxico e a destinação final das embalagens.

Figura 4-5 - Sistema de produto e fronteiras da logística reversa das embalagens vazias



Fonte: Elaborada pela autora

- Procedimentos de Alocação: não será utilizada alocação.
- Categorias de impacto e metodologia para avaliação de impactos:

O tratamento dos dados de uma ACV pode ser bastante complexo, principalmente para alguns ciclos de vida que possuem muitos dados de entrada e saída e diversos processos elementares para serem avaliados. A utilização de softwares pode proporcionar cálculos mais confiáveis e maior agilidade em gerar resultados.

No mercado existem diversos *softwares* com essa finalidade como GaBi, Umberto, SimaPRO®, openLCA, etc. Sendo que o último possui uma distribuição gratuita com alguns bancos de dados e métodos inclusos (exceto algumas bases de dados como a da Ecoinvent).

O *software* utilizado foi o SimaPRO® 7.0 v.7.3 (System for Integrated Environmental Assessment of Products), desenvolvido pela empresa PRé Consultants. O método utilizado foi o ReCiPe 2016 com abordagem *Midpoint* (H)/World ReCiPe H/H e base de dados da Ecoinvent System Processes.

A versão possui diversos bancos de dados de inventários, incluso o da Ecoinvent 1.0 e foi exportado para o software o AICV ReCiPe 2016 v 1.1. A escolha deste método se deu pelo fato dos AICV disponíveis serem compatíveis para a versão do software utilizado, por ser o mais recentemente atualizado e, além disso, muitos trabalhos empregam o método quando um dos aspectos a ser investigado é o transporte de cargas (SHANMUNGAM *et al.*, 2018; ABÍN *et al.*, 2018; MANZO *et al.* 2018).

As categorias de impactos analisadas serão as que são fornecidas pelo ReCiPe 2016 como já descritas no item 3.9.4 do Capítulo 3.

#### **4.4 Sobre montagem do sistema de produto e os dados utilizados**

- Dados Primários

Com o intuito de avaliar o processo de destinação final das embalagens, por meio da ACV, era preciso implementar os dados no software SimaPRO®. Para tal foi necessário, além das quantidades de embalagens destinadas por central em cada período e quantidade de caminhões recebidos de cada posto, os valores das cargas transportadas pelos

caminhões em cada trecho e também informações sobre os agricultores, como a quantidade de carga e a distância que eles percorrem para entregar as embalagens.

Com os dados primários fornecidos pelas centrais, foram feitas estimativas a essas medidas. Em especial, utilizando os dados mais completos que a unidade de Ituverava forneceu (Tabela 4-11).

Tabela 4-11 - Estimativas de carga e transporte

Informações	Dados
Carga transportada pelo caminhão entre posto e central	850 kg
Carga transportada pelo caminhão entre central e destinadoras	10000 kg
Quantidade de carga transportada pelos agricultores para entregar as embalagens na unidade de recebimento	200 kg
Distância média percorrida pelo agricultores para entregar as embalagens nas unidades de recebimento	35 km

Fonte: Elaborada pela autora

Os dados da Tabela 4-11 são utilizados em todas as centrais estudadas e em todos os cenários propostos. Com essas estimativas e com a quantidade de caminhões recebidos, em cada posto, foi possível calcular uma média anual de embalagens entregues por posto apresentadas nas Tabelas 4-12, 4-13, 4-14 e 4-15.

Tabela 4-12 - Quantidade média anual de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Capão do Leão no período de 2014 a 2017

Postos	Nº de Caminhões/ano	Média de embalagens (kg)
Arroio Grande	98	83300
Camaquã	66	55530
Capivari do Sul	33	27750
Santa Vitória do Palmar	98	83300

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4-13 - Quantidade de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Ituverava no ano de 2017

Postos	Nº de Caminhões/ano	Média de embalagens (kg)
Batatais	2	3280
Franca	25	52500

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4-14 - Quantidade média anual de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Piedade no período de 2014 a 2017

Postos	Nº de Caminhões/ano	Média de embalagens (kg)/ano
Atibaia	4	3000
Biritiba-Mirim	13	10300
Ibiúna	4	3000
Itapetininga	13	10300
Pilar do Sul	12	9600
Porto Feliz	13	10300
Registro	7	6000
São Miguel Arcanjo	14	11000
Valinhos	13	10300

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4-15 - Quantidade média anual de embalagens recebidas pelos postos associados a central de Capão do Leão no período de 2014 a 2017

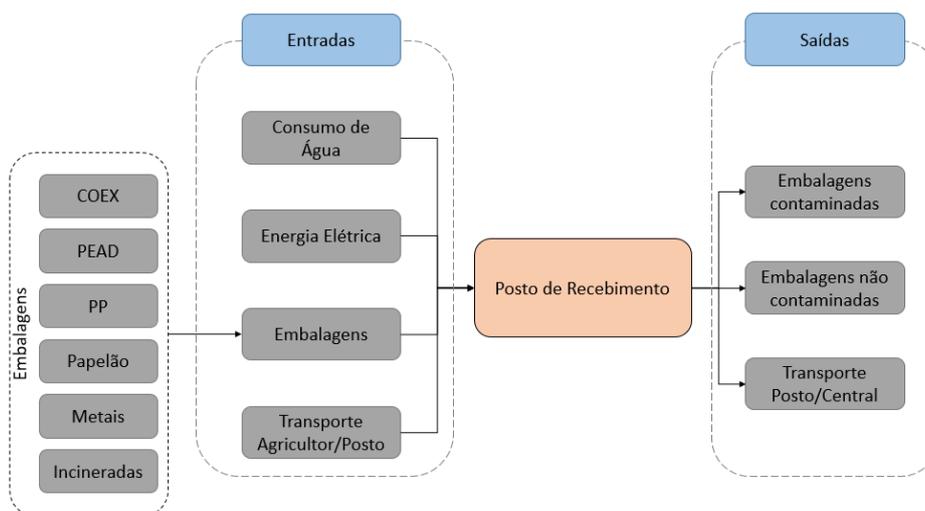
Postos	Nº de Caminhões/ano	Média de embalagens (kg)/ano
Araras	1	10200
Capivari	1	10200
Cerquilha	6	61200
Limeira	8	81600
Mogi-Mirim	2	20400

Fonte: Elaborada pela autora

○ Montagem do fluxo de entradas e saídas do posto

Os fluxos de entrada de um posto são as embalagens de agrotóxico, o transporte do agricultor, de sua localidade até a unidade de recebimento e também os dados de consumo de água e energia elétrica. Já os de saída são os transportes do posto (combustível utilizado) até a central e as embalagens (Figura 4-6).

Figura 4-6 - Unidade de processo: Posto de Recebimento



Fonte: Elaborada pela autora

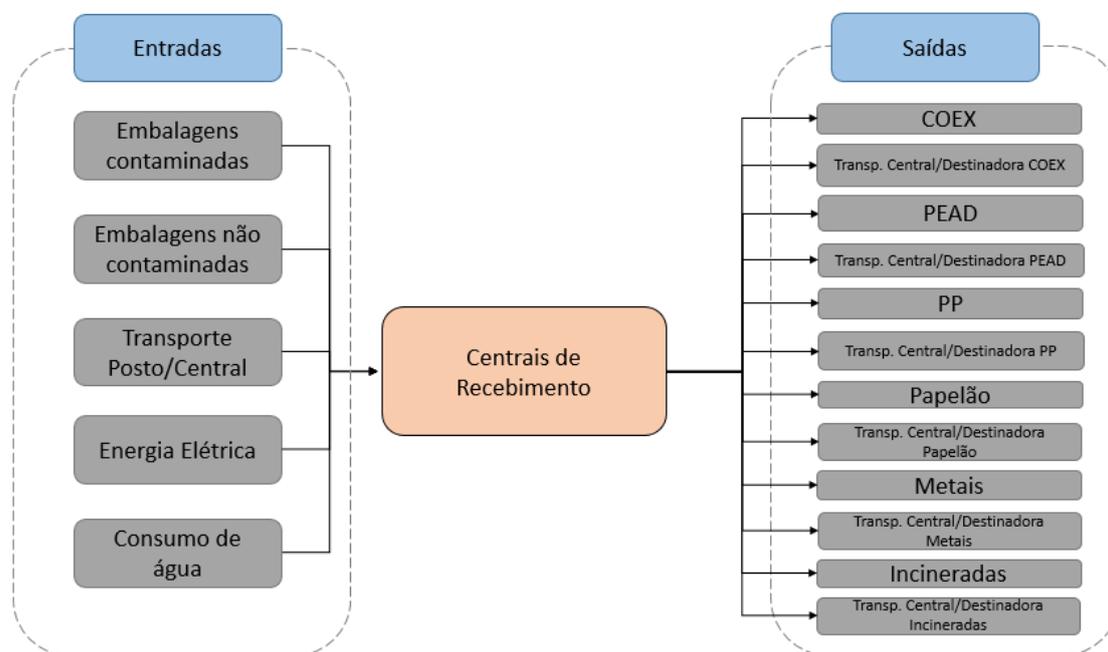
A entrega do agricultor é realizada sem a separação por tipo de material, ele pode transportar as embalagens juntas, exceto as contaminadas. O posto vai armazenar essas embalagens até que se tenha, em média, 850 kg para enviar à central, já que os postos não fazem o tratamento de redução de volume, esse é a carga máxima que o caminhão consegue alocar na carroceria devido ao volume significativo das embalagens sem a prensagem. As embalagens serão dispostas em bags com a separação de material contaminado e não contaminado, e serão enviadas todas no mesmo veículo.

O consumo de energia elétrica é para iluminação predial e uso do computador utilizado para inserir as entradas das embalagens no sistema e também cadastrar a entrega realizada pelo produtor rural.

- Montagem do fluxo de entradas e saídas da central

Os fluxos de entrada uma central são fluxos de saída dos postos associados a ela, entregas de recebimentos itinerantes e entrega de agricultores na região da central. Na central são realizadas a prensagem e o enfardamento.

Figura 4-7 - Unidade de processo: Central de Recebimento



Fonte: Elaborada pela autora

Cada tipo de embalagem é encaminhado para a destinação. Nos fluxos de saída da central estão as embalagens e o seu transporte respectivo. A média de massa que carrega

um caminhão para esse tipo de transporte é, conforme os relatórios do inpEV, de 10 a 13 toneladas (inpEV, 2013)

- Caracterização das embalagens tratadas

Os tipos de embalagens utilizados para envasilhar e transportar os agrotóxicos são variados, pois não é todos os materiais que são compatíveis com as substâncias químicas presentes nos agrotóxicos. O PEAD, em particular, devido a sua permeabilidade, não é utilizado para as embalagens de alguns defensivos que contenham cloro em sua composição (GAGNARD *et al.*, 2003).

Em razão disso, foi desenvolvido a tecnologia de coextrusão (COEX). Trata-se da produção de um polímero com várias camadas com propriedades e composições diferentes.

O vazamento de vapores tóxicos de embalagens de agrotóxico pode provocar riscos à saúde e à segurança das pessoas que tratam com esses produtos, e para evitar estes riscos os materiais de multicamadas podem ser uma solução, com relação a permeação (PACHECO; HEMAIS, 1999).

Parte das embalagens de agrotóxicos comercializadas no Brasil, são compostas de polímero de multicamadas - COEX - que utiliza EVOH ou PA-6 (poliamida-6) como barreira para os gases. O ideal seria que todas as embalagens desse tipo de produto, utilizassem um polímero de barreira, mas essa opção aumenta de 20 a 30% o valor da embalagem (PACHECO; HEMAIS, 1999; BENRABAH; THIBAUT; DIRADDO, 2006).

Baseado nas informações mencionadas anteriormente, as embalagens de COEX apresentadas neste trabalho, para efeitos de avaliação, terão a composição de: 94,7% PEAD, 5% PEBD (Polietileno de baixa densidade) e 0,3% PA.

O corpo das embalagens plásticas podem ser tanto de PEAD quanto de COEX, mas as tampas são fabricadas com PP. O interessante é que as tampas são recicladas e voltam para o ciclo dos agrotóxicos executando a mesma função, pois elas não entram em contato com o produto, já que, vêm com um selo na parte interna (inpEV, 2016).

Os inventários da base de dados utilizados na avaliação são apresentados nas tabelas 4-16, 4-17 e 4-18. Além do Ecoinvent 1.0, para a composição do COEX foi utilizada a base de dados IDEMAT 2001.

O metal pode ser de liga de aço ou alumínio. Esse material é totalmente reciclável, pois possui um ponto de fusão alto, capaz de eliminar qualquer agente químico ou biológico presentes no invólucro.

Tabela 4-16 - Inventários de PEAD, PP, Papelão e Metais

<b>Material</b>	<b>Inventário utilizado Ecoinvent</b>
PEAD	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER S
PP	Polypropylene, granulate, at plant/RER S
Papelão	Kraft paper, unbleached, at plant/RER S
Metais	Cast iron, at plant/RER S

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4-17 - Composição e Inventário do COEX

<b>Composição COEX</b>	<b>Constituição</b>	<b>Inventário utilizado Ecoinvent e IDEMAT 2001</b>
PEAD	94,7%	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER S
PEBD	5,0%	Polyethylene LDPE, granulate, at plant/RER S
PA	0,3%	PA 6 1 (IDEMAT 2001)

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4-18 - Composição e Inventário do Materiais Incinerados

<b>Composição Incineradas</b>	<b>Constituição</b>	<b>Inventário utilizado Ecoinvent e IDEMAT 2001</b>
PEAD	70,0%	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER S
COEX	30,0%	Polyethylene LDPE, granulate, at plant/RER S

Fonte: Elaborada pela autora

○ Transportes utilizados

Em relação ao inventário do transporte foi considerado que os veículos utilizados pelos agricultores na entrega dos invólucros são caminhões de pequeno porte ou utilitários. Enquanto que para o transporte das embalagens entre postos, centrais e destinadoras, são utilizados caminhões semipesados (Tabela 4-19).

Tabela 4-19 - Dados secundários do Ecoinvent para transporte

<b>Fase</b>	<b>Banco de Dados – Ecoinvent</b>
Agricultor/Posto	Transport, van < 3.5t Operation, van < 3.5t/RER S
Posto/Central Central/Destinadoras	Transport, Iorry 7.5-16t, EURO5/RER S Operation, Iorry 7.5-16t, EURO5/RER S

Fonte: Elaborada pela autora

○ Dados de eletricidade e de água

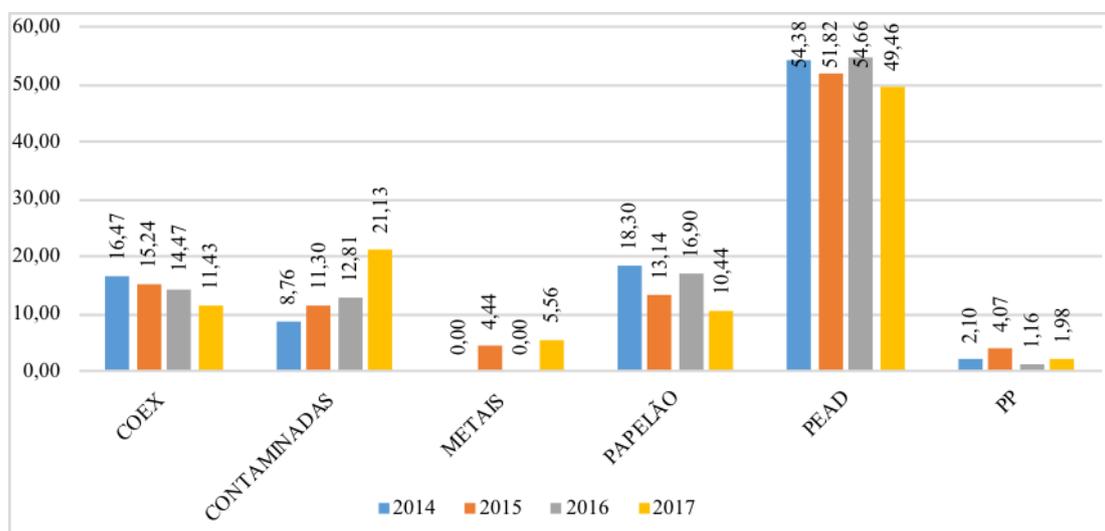
A quantidade de energia elétrica necessária para prensar e enfardar os recipientes por ano é em torno de 11 MWh. Esse será o consumo de energia considerado para as centrais. Para os postos o valor considerado será de 2,4 MWh por ano. Esses dados foram obtidos através de consulta aos registros de consumo fornecidos pela conta de energia elétrica das unidades. O inventário da energia elétrica utilizado foi o item “Electricity, low voltage, production BR, at grid/BR S”, da EcoInvent, que tem uma matriz de dados

brasileira. O valor utilizado para o consumo de água foi 120 m<sup>3</sup> por ano, e foi selecionado no inventário da EcoInvent o item “Tap Water, at user/CH S”.

- Pressupostos e Limitações

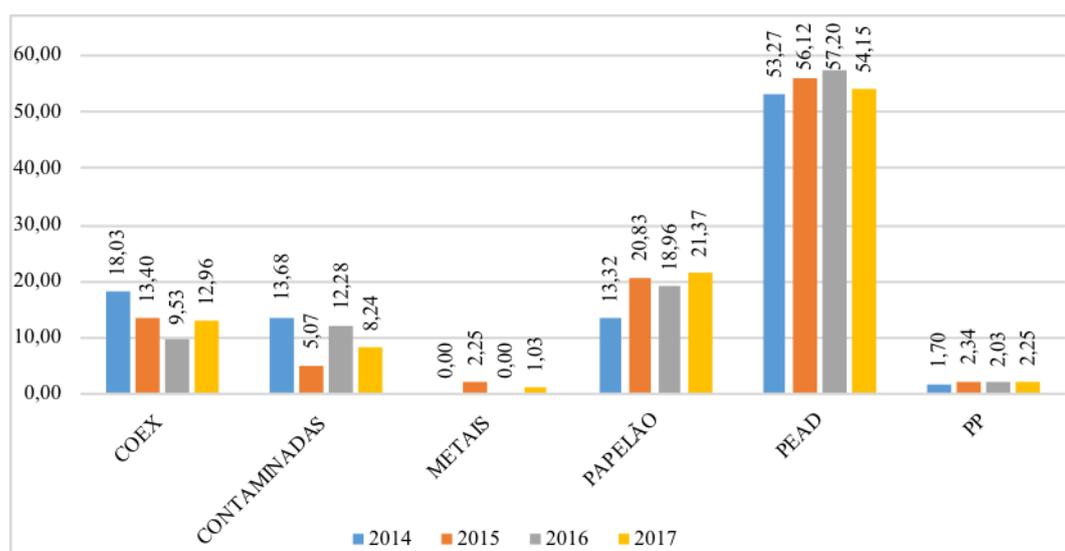
Os postos não separam as embalagens por tipo de material. A única separação que há é entre as embalagens contaminadas e não-contaminadas. Para fazer uma estimativa da quantidade de embalagens, de cada tipo de material que saí de cada posto, foi utilizada a porcentagem de cada material destinado. Estes valores estão nas Figuras 4-9, 4-10, 4-11 e 4-12.

Figura 4-8 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Capão do Leão (2014 - 2017)



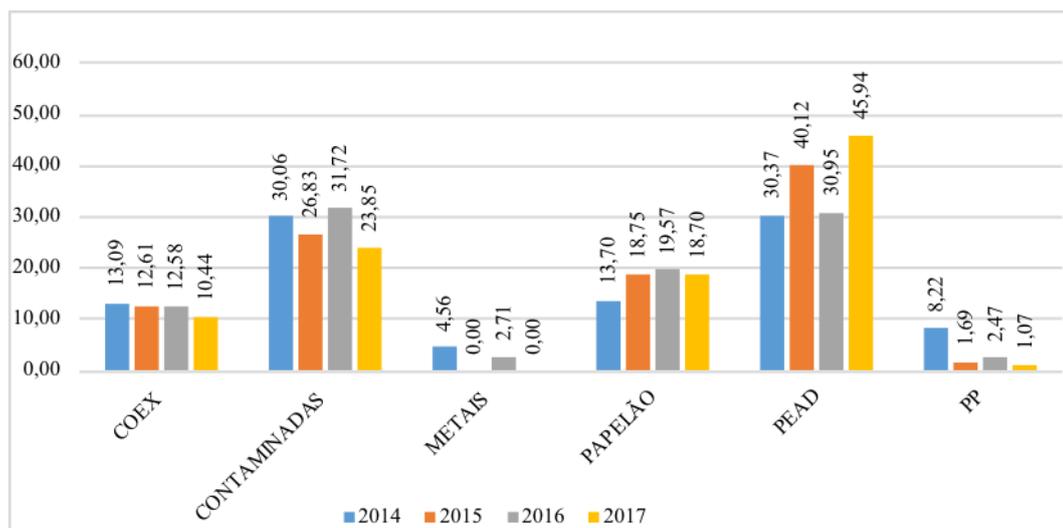
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 4-9 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Ituverava (2014 - 2017)



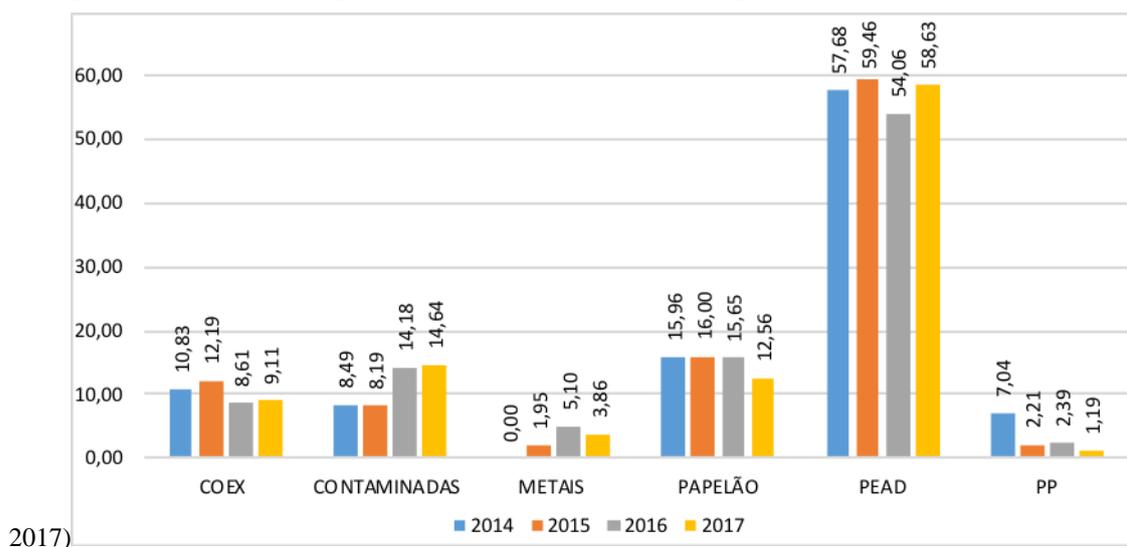
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 4-10 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Piedade (2014 - 2017)



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 4-11 - Distribuição percentual da embalagens destinadas pela Central de Piracicaba (2014 -



Fonte: Elaborada pela autora

Um outro problema enfrentado com na montagem do inventário é que as centrais, exceto Ituverava, disponibilizaram a quantidade de embalagens oriundas dos postos, assim eles foram calculados através da informação de quantos caminhões chegam dos postos para a entrega das embalagens, esses dados já foram apresentados anteriormente e estão nas Tabelas 4-12, 4-13, 4-14 e 4-15.

Há também uma limitação na montagem do cenário de destinação final “sem tratamento”. Nesse cenário, como será visto a seguir, uma porção das embalagens é abandonada em solo. Contudo, não há no banco de dados no software utilizado referência a

esse tipo de tratamento. Assim foi considerado o aterramento para simular o abandono em solo. Essa limitação faz com que os resultados desse cenário tenham seus impactos ambientais subestimados.

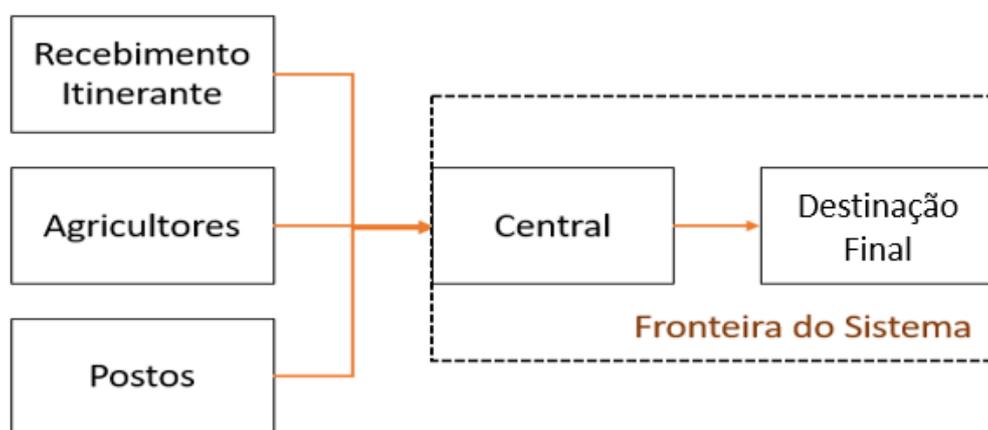
#### 4.5 Cenários da fronteira central-destinação

Para uma visão holística do tratamento que é dispensando às embalagens, segundo seu o ciclo de vida dentro da fronteira do sistema (Figura 4-12), foram realizadas Análises do Ciclos de Vida para as centrais de Capão do Leão/RS, Ituverava/SP, Piedade/SP e Piracicaba/SP para os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 para o processo de destinação final das embalagens de agrotóxicos.

A atuação do inpEV é um pouco mais ampla, mas os processos mais característicos estão presentes nessa fronteira do sistema e são o *impetus* para o surgimento desta LR.

Com os dados coletados junto às centrais foi possível avaliar a eficiência da destinação dada atualmente, comparando com alguns cenários propostos que focam em tratamentos alternativos como: aterramento majoritário, coprocessamento majoritário e sem tratamento. Esses cenários serão descritos mais detalhadamente a seguir.

Figura 4-12 - Fronteira do sistema estudado.



Fonte: Elaborada pela autora

Com os dados coletados junto às centrais foi possível avaliar a eficiência da destinação dada atualmente, comparando com alguns cenários propostos que focam em tratamentos alternativos como: aterramento majoritário, coprocessamento majoritário e sem tratamento. Esses cenários serão descritos mais detalhadamente a seguir.

- **Cenário Atual (C1)**

O cenário atual, como descrito detalhadamente no Capítulo 3 tem como padrão enviar as embalagens não contaminadas para reciclagem e as contaminadas para incineração, como mostra a Tabela 4-20.

Tabela 4-20 - Tratamento das embalagens – C1

<b>Embalagens</b>	<b>Disposições</b>
COEX (não contaminada)	100% Reciclados
PEAD (não contaminada)	100% Reciclados
Papelão (não contaminada)	100% Reciclados
PP (não contaminada)	100% Reciclados
Metais	100% Reciclados
Materiais Contaminados	100% Incinerados

Fonte: Elaborada pela autora

A reciclagem e a incineração dos materiais é realizada em empresas parceira do inPEV. O objetivo é que o material não contaminado seja reciclado para voltar ao ciclo produtivo.

Os dados secundários do Ecoinvent utilizados na ACV estão apresentados na tabela 4-21.

Tabela 4-21 - Dados secundários do Ecoinvent – C1

<b>Disposição</b>	<b>Banco de Dados – Ecoinvent</b>
Reciclagem	Recycling PE: Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER S
	Recycling PE: Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER S
	Recycling PP: Polypropylene, granulate, at plant/RER S
	Recycling iron: Cast iron, at plant/RER S
	Recycling iron: Cast iron, at plant/RER S
	Recycling Cardboard: Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant /RER S
Incinerados	Disposal, hazardous waste, 25% water, to hazardous waste incineration/CH S

Fonte: Elaborada pela autora

- **Cenário Aterramento (C2)**

Nesse cenário foi mantida a estrutura de postos e centrais do cenário atual. A proposta dessa conjuntura é cada central encaminhar o material plástico e papelão para o aterro em que a cidade, na qual a central está localizada, envia o seu resíduo doméstico. Conforme já tratado anteriormente, toda a embalagem que passa pela tríplice lavagem pode

ser tratada como resíduo comum e assim poderia ser encaminhada para o aterro. As embalagens de metais são enviadas na sua totalidade para reciclagem, uma vez que se trata de material com valor de mercado maior, sendo assim de fácil revenda e os materiais contaminados são incinerados em sua totalidade (Tabela 4-22). No cenário atual, muitas vezes são utilizadas mais de uma destinadora para cada tipo de embalagem. Nesse cenário, consideramos a mesma destinadora sempre e, dentre as utilizadas pela central a de menor distância.

Tabela 4-22 - Tratamento das embalagens – C2

<b>Embalagens</b>	<b>Disposições</b>
COEX, PEAD, Papelão e Tampas	100% Aterrados
Metais	100% Reciclados
Materiais Contaminados	100% Incinerados

Fonte: Elaborada pela autora

Os dados do Ecoinvent utilizados para este cenário são os listados na Tabela 4-23.

Tabela 4-23 - Dados secundários do Ecoinvent – C2

<b>Disposição</b>	<b>Banco de Dados – Ecoinvent</b>
Reciclagem	Recycling iron: Cast iron, at plant/RER S
Aterrados	Disposal, plastics, mixture, 15,3% water, to sanitary landfill/CH S
Incinerados	Disposal, hazardous waste, 25% water, to hazardous waste incineration/CH S

Fonte: Elaborada pela autora

A Tabela 4-24 lista os aterros para onde as cidades que se localizam as centrais enviam seu Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). As informações das cidades do Estado de São Paulo foram retiradas do inventário estadual de resíduos Sólidos Urbanos e para a cidade do Capão do Leão, foi consultado o Plano de Saneamento Básico (CETESB, 2018; CAPÃO DO LEÃO, 2015).

Na coluna “Condição” da tabela abaixo, a letra **(A)** designa que o aterro tem condição adequada, conforme requisitos da CETESB, **(AP)** são os aterros particulares, **(M)** são aterros municipais e **(SI)** sem informação.

Tabela 4-24 - Localização entre os aterros e as distâncias para as centrais

<b>Centrais</b>	<b>Local do Aterro</b>	<b>Condição</b>	<b>RSU</b>	<b>Distância</b>
Capão do Leão/RS	Candiota/RS	SI - AP	6,6 t/dia	137,6 km
Ituverava/SP	Guará/SP	A - AP	31,19 t/dia	13,7 km
Piedade/SP	Itapevi/SP	A - AP	20,08 t/dia	113,5 km
Piracicaba/SP	Mombuca/SP	A - AP	122,50 t/dia	28,6 km
Piracicaba/SP	Piracicaba/SP	A - M	227,40 t/dia	-

Fonte: Elaborada pela autora

- **Cenário Coprocessamento (C3)**

Neste cenário, novamente, os metais são todos reciclados e os materiais contaminados enviados a incineração em empresas com tratamento adequado para as emissões. Já os demais são enviados para fornalhas de clínquer para coprocessamento, já que o poder calorífico destes materiais – plástico (6.300 kcal/kg) e papelão (4.030 kcal/k) – viabilizam seu uso neste tipo de atividade (BRASIL, 2012).

Tabela 4-25 - Tratamento das embalagens – C3

<b>Embalagens</b>	<b>Disposições</b>
Não Contaminados	100% Fornalhas de Clínquer
Metais	100% Reciclados
Materiais Contaminados	100% Incinerados

Fonte: Elaborada pela autora

Com a utilização do material não contaminado ao invés da matéria-prima (carvão vegetal) em fornos industriais, é possível calcular o quanto de material é deixado de produzir ou retirar do meio ambiente. Utilizando as informações do poder calorífico do carvão betuminoso, do PEAD, do PP e do Papelão do banco de dados Phyllis<sup>3</sup> para biomassa e resíduos, calculou-se a equivalência de massa entre os materiais não contaminados e o carvão para ambos fornecerem a mesma quantidade de energia. A comparação foi realizada com um quilo de carvão betuminoso<sup>4</sup> que tem o poder calorífico inferior aproximadamente igual a 7104 kcal/kg.

Tabela 4-26 - Equivalência de massa entre os materiais não contaminados e o carvão

<b>Material Substituto</b>	<b>Poder Calorífico</b>	<b>Equivalência Carvão</b>
PEAD <sup>5</sup>	9535 kcal/kg	1 kg PEAD = 1,342 kg Carvão
COEX <sup>6</sup>	9535 kcal/kg	1 kg COEX = 1,342 kg Carvão
PP <sup>7</sup>	9633 kcal/kg	1 kg PP = 0,517 kg Carvão
Papelão <sup>8</sup>	3673 kcal/kg	1 kg Papelão = 1,342 kg Carvão

Fonte: Elaborada pela autora

<sup>3</sup> <https://phyllis.nl/>

<sup>4</sup> <https://phyllis.nl/Biomass/View/1145>

<sup>5</sup> <https://phyllis.nl/Biomass/View/776>

<sup>6</sup> <https://phyllis.nl/Biomass/View/776>

<sup>7</sup> <https://phyllis.nl/Biomass/View/1405>

<sup>8</sup> <https://phyllis.nl/Biomass/View/1506>

Esses cálculos serviram para alimentar as entradas de tratamento de resíduos no software, para que no fim seja levado em conta o ganho ambiental em não desperdiçar o material com uma incineração sem recuperação de energia. Os dados utilizados do Ecoinvent para esse cenário estão na Tabela 4-27.

Tabela 4-27 - Dados secundários do Ecoinvent – C3

<b>Disposição</b>	<b>Banco de Dados – Ecoinvent</b>
Reciclagem	Recycling iron: Cast iron, at plant/RER S
Incinerados	Disposal, hazardous waste, 25% water, to hazardous waste incineration/CH S

Fonte: Elaborada pela autora

- **Cenário Sem Tratamento (C4)**

O cenário sem tratamento é aquele em que as embalagens são tratadas como eram até 1999. Na época mencionada, a Lei nº 7.802/89 não dizia como lidar com as embalagens vazias, então o agricultor não tinha um procedimento legal a ser seguindo, ficando a cargo de alguns órgãos sugerir formas de destinação ambientalmente amigáveis.

O Manual de destinação final das embalagens vazias elaborado pela ANDEF, AEASP e MMA, em 1998, apontava que as embalagens que passavam pelo procedimento da tríplice lavagem poderiam ser encaminhadas para a reciclagem controlada, também poderiam ser encaminhadas para fornos de clínquer (inclusive as contaminadas) ou para fornalhas rurais (somente as não contaminadas). Caso houvesse a impossibilidade de realizar algumas das sugestões anteriores, as embalagens poderiam ser encaminhadas para aterros sanitários municipais, aterro na propriedade rural (fosso para lixo tóxico) ou queimadas em pequenas quantidades desde que não sejam plásticas e contaminadas (CEPIS, 1998).

Estudos anteriores a atualização da Lei nº 9.974, indicavam que a disposição das embalagens na lavoura ou a queima eram as opções de destinação mais corriqueiras, como é observado no estudo de Faria et. al. (2000) que assinala que 65% dos agricultores enterravam ou queimavam os invólucros e 18% abandonavam no campo. No trabalho de Darélla (2001), as respostas dos agricultores foram consonantes, adicionando uma outra modalidade: o descarte em corpos d'água.

Pesquisas mais recentes também sugerem a continuidade da queima como método de destinação das embalagens. Nogueira e Dantas (2013) apontam que dos agricultores de Boqueirão/PB, 53,1% queimam as embalagens, 37,5% devolvem as embalagens ao comércio e 9,4% jogam no meio ambiente.

Nota-se então que existe um padrão de descarte: queima, disposição a céu aberto e venda ou doação para terceiros.

Seguindo a tendência de trabalhos anteriores, será considerado nesse cenário sem tratamento o que foi exposto pela ANDEF, conforme descrito em (ANDEF, 1999 apud inpEV, 2019b). Este trabalho detalha que 25% dos invólucros eram abandonados no campo ou ao relento, 25% incinerados a céu aberto e 50% eram repassados para terceiros – em geral recicladores.

Os materiais plásticos serão divididos em destinos. Já os metais serão enviados na sua totalidade para reciclagem, uma vez que se trata de material com valor de mercado maior, sendo assim de fácil revenda. Os materiais contaminados, neste cenário, serão destinados para a queima, sendo que será utilizada apenas a destinadora mais próxima da central, entre aquelas que ela utiliza (Tabela 4-28).

Tabela 4-28 - Tratamento das embalagens – C4

<b>Embalagens</b>	<b>Disposições</b>
	50% Reciclados
COEX, PEAD, Papelão e Tampas	25% Incinerados a céu aberto
	25% Depositados no solo sem tratamento
Metais	100% Reciclados
Materiais Contaminados	100% Incinerados a céu aberto

Fonte: Elaborada pela autora

O banco de dados ofertado pela versão do software SimaPRO<sup>®</sup> utilizada não possui disposições com as características citadas acima e, limitando assim a avaliação. Desta forma, foram escolhidas disposições que fossem as mais próximas possíveis ao proposto pelo cenário, conforme a Tabela 4-29.

Tabela 4-29 - Dados secundários do Ecoinvent – C4

<b>Disposição</b>	<b>Banco de Dados – Ecoinvent</b>
Reciclagem	Recycling PE: Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER S Recycling PE: Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER S Recycling PP: Polypropylene, granulate, at plant/RER S Recycling iron: Cast iron, at plant/RER S Recycling iron: Cast iron, at plant/RER S Recycling Cardboard: Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant /RER S
Depositados no solo	Disposal, plastics, mixture, 15,3% water, to sanitary landfill/CH S
Incinerados a céu aberto	Disposal, hazardous waste, 25% water, to hazardous waste incineration/CH S

Fonte: Elaborada pela autora

- **Cenário Reciclagem (C5)**

Neste cenário a proposta é continuar com os mesmos procedimentos realizados no cenário atual modificando o lugar das entregas das embalagens para empresas recicladoras e incineradoras mais próximas das centrais escolhidas neste trabalho. Foram localizadas cidades próximas às centrais que possuem empresas que poderiam realizar o mesmo tratamento com as embalagens que as destinadoras atuais.

Nas Tabelas 4-30, 4-31, 4-32 e 4-33 são apresentadas as destinadoras associadas pelo inpEV utilizadas pelas centrais estudadas atualmente e suas respectivas distâncias.

Tabela 4-30 - Recicladoras de plásticos associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais

<b>Razão Social</b>	<b>Distância à Capão do Leão (km)</b>	<b>Distância à Ituverava (km)</b>	<b>Distância à Piedade (km)</b>	<b>Distância à Piracicaba (km)</b>
Vasitex Vasilhames LTDA	1.480	452	172	196
Dinoplast Indústria e Comércio de Plásticos LTDA	1.479	347	132	100
Campo Limpo Tampas e Resinas Plásticas LTDA	1.568	506	260	256
Campo Limpo Reciclagem e Transformações de Plástico S.A.	1.568	506	260	256
Novoflex Indústria e Comércio de Produtos Plásticos LTDA	1.420	371	133	115

Fonte: adaptado de inpEV (2019a) e Google Maps (2019)

Tabela 4-31 - Recicladoras de papelão associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais

<b>Razão Social</b>	<b>Distância à Capão do Leão (km)</b>	<b>Distância à Ituverava (km)</b>	<b>Distância à Piedade (km)</b>	<b>Distância à Piracicaba (km)</b>
Valpasa Indústria de Papel LTDA	691	1.147	696	891
Eco Paper Produtos em Papel LTDA	1.544	535	279	284
Tubolix Embalagens LTDA	1.445	360	122	51

Fonte: adaptado de inpEV (2019a) e Google Maps (2019)

Tabela 4-32 - Siderúrgicas associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais

<b>Razão Social</b>	<b>Distância à Capão do Leão (km)</b>	<b>Distância à Ituverava (km)</b>	<b>Distância à Piedade (km)</b>	<b>Distância à Piracicaba (km)</b>
Global Steel Transporte e Comércio de Ferro e Aço Eirelli	1.466	322	143	13

Fonte: adaptado de inpEV (2019a) e Google Maps (2019)

Tabela 4-33 - Incineradoras associadas ao inpEV e suas respectivas distâncias às centrais

<b>Razão Social</b>	<b>Distância à Capão do Leão (km)</b>	<b>Distância à Ituverava (km)</b>	<b>Distância à Piedade (km)</b>	<b>Distância à Piracicaba (km)</b>
Clariant S.A.	1.443	458	178	202
Essencis Soluções Ambientais S.A.	1.363	420	129	164

Fonte: adaptado de inpEV (2019a) e Google Maps (2019)

Nas tabelas 4-34, 4-35 e 4-36 são apresentadas as cidades e distâncias às centrais das empresas utilizadas nesse cenário.

Tabela 4-34 - Locais das recicladoras de plásticos e papelão utilizadas no cenário 5

<b>Central</b>	<b>Local da destinadora</b>	<b>Distância à central (km)</b>
Capão do Leão	Pelotas/RS	15
Ituverava	Ribeirão Preto/SP	106
Piedade	Sorocaba/SP	33
Piracicaba	Piracicaba/SP	10

Fonte: Google Maps (2019)

Tabela 4-35 - Locais das siderúrgicas utilizadas no cenário 5

<b>Central</b>	<b>Local da destinadora</b>	<b>Distância à central (km)</b>
Capão do Leão	Pelotas/RS	15
Ituverava	São Joaquim da Barra/SP	36
Piedade	Sorocaba/SP	33
Piracicaba	Piracicaba/SP	10

Fonte: Google Maps (2019)

Tabela 4-36 - Locais das incineradoras utilizadas no cenário 5

<b>Central</b>	<b>Local da destinadora</b>	<b>Distância à central (km)</b>
Capão do Leão	Cachoeirinha/RS	273
Ituverava	Taboão da Serra/SP	420
Piedade	Taboão da Serra/SP	129
Piracicaba	Taboão da Serra/SP	164

Fonte: Google Maps (2019)

## 4.6 Cenários da fronteira agricultor-destinação

Avaliando agora a fronteira agricultor-destinadoras, foram confeccionados e simulados vários cenários para compreender e tentar diminuir os impactos ambientais causados pelo processo. Para as centrais de Capão do Leão/RS, Piedade/SP e Piracicaba/SP

foram simulados seis cenários (A, B, C, D, E e F) para os anos de 2014, 2015, 2016 e 2017. Para a central de Ituverava/SP foram simulados dois cenários adicionais (G e H).

- Cenário A

Representa o processo utilizado atualmente para a destinação final das embalagens: com as estruturas de postos e centrais de recebimento, com invólucros sendo prensados apenas nas centrais e com as destinadoras associadas pelo inpEV.

- Cenário B

Nesse cenário, em relação ao A, foi modificada apenas a destinação final. Aqui as destinadoras são aquelas mais próximas a central, as mesmas do cenário de destinação C5.

- Cenário C

A destinação continua sendo a mesma do cenário A, mas agora existe prensas em todos os postos e centrais de recebimento. O intuito é diminuir as distâncias percorridas, uma vez que com a prensagem os caminhões semipesados são capazes de carregar entre 10 e 13 toneladas, enquanto que sem a prensagem essa capacidade é de apenas 850 kg (inpEV, 2016).

- Cenário D

O cenário também considera a existência de prensas nos postos de destinação, mas a destinação final ocorre nas empresas mais próximas da central, como no cenário B.

- Cenário E

Todos os postos de recebimento possuem prensas e encaminham diretamente suas embalagens às destinadoras associadas ao inpEV. Ou seja, nesse cenário postos e centrais tornam-se unidades de recebimento que realizam o mesmo tratamento e as mesmas tarefas. As usinas continuam entregando as embalagens não prensadas em Ituverava

- Cenário F

Esse cenário diferencia-se do E apenas na destinação final. Aqui, como nos cenários B e D, as destinadoras não são as associadas ao inpEV e sim aquelas mais próximas a cada unidade de recebimento.

- Cenário G

Esse cenário mantém a estrutura de postos e centrais do procedimento atual, porém prevê a criação de um novo posto para a central de Ituverava/SP, na cidade de Morro Agudo/SP. A localização desse posto se justifica pela proximidade que possui das usinas, responsáveis pela maior parte das entregas de embalagens para essa central. Aqui se considera que todos os postos possuem prensas e as destinadoras são apenas as associadas ao inpEV.

- Cenário H

Tem a mesma estrutura do cenário G, porém utiliza as destinadoras mais próximas da central de Ituverava/SP, como no cenário de destinação final C5.

Na Tabela 4.37 é apresentado um resumo dos cenários dessa fronteira.

Tabela 4-37 - Tabela resumo dos cenários da fronteira agricultor-destinação

<b>Cenário</b>	<b>Destinadoras inpEV</b>	<b>Destinadoras próximas</b>	<b>Prensa nos postos</b>	<b>Sem central</b>	<b>Posto Extra</b>
A	X				
B		X			
C	X		X		
D		X	X		
E	X		X	X	
F		X	X	X	
G	X		X		X
H		X	X		X

Fonte: Elaborada pela autora



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Inventário do Ciclo de Vida

Os inventários foram montados de acordo com os pressupostos já explanados no capítulo 4. Para cada posto foi estimado os valores de cada tipo de embalagem, por ano, proporcionalmente a quantidade média anual de viagens realizadas entre posto e central. Apenas a central de Ituverava forneceu informações precisas de viagens de cada posto por ano.

A partir daí, utilizando as premissas de cada cenário e as destinadoras atribuídas, foi calculada a distância total percorrida de cada tipo de material, entre posto e destinadora. Foram utilizadas as cargas de 850 kg nos transportes de embalagens não prensadas por caminhão e 10 toneladas para embalagens prensadas.

Para o transporte entre agricultores e postos foi utilizado o deslocamento médio de 35 km.

Para energia elétrica foi utilizado 11 MW h por ano para as centrais e 2,4 MW h para os postos. Para a água, 120 m<sup>3</sup> ano.

Foram também calculadas as distâncias entre os postos, centrais e destinadoras de acordo com os cenários propostos.

Essas informações são apresentadas nas Tabelas a seguir e foram utilizadas como entradas no *software* para a realização da ACV.

As Tabela 5-1, 5-2, 5-3 e 5-4 são referentes a central de Capão do Leão. Nelas são apresentados, respectivamente, as distâncias aproximadas percorridas entre os agricultores e os postos para a entrega das embalagens após a sua utilização, o percentual aproximado do total de embalagens recebido por cada posto, a distância de cada um desses à central e as distâncias aproximadas entre todas as unidades de recebimento e as destinadoras utilizadas nos cenários (atuais e mais próximas).

Tabela 5-1 - Distâncias percorridas entre agricultores e unidades de recebimento – Central de Capão do Leão

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Distância total percorrida (km)</b>
Arroio Grande – 2014	12.530
Arroio Grande – 2015	13.895
Arroio Grande – 2016	12.390
Arroio Grande – 2017	14.595
Camaquã – 2014	8.365
Camaquã – 2015	9.275
Camaquã – 2016	8.260
Camaquã – 2017	9.730
Capivari do Sul – 2014	12.530
Capivari do Sul – 2015	13.895
Capivari do Sul – 2016	12.390
Capivari do Sul – 2017	14.595
Capão do Leão – 2014	45.955
Capão do Leão – 2015	50.855
Capão do Leão – 2016	45.430
Capão do Leão – 2017	53.480
Santa Vitória do Palmar – 2014	4.200
Santa Vitória do Palmar – 2015	4.655
Santa Vitória do Palmar – 2016	4.130
Santa Vitória do Palmar – 2017	4.865

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-2 - Percentual aproximado do total de embalagens recebidos da central por posto – Central de Capão do Leão

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Percentual das embalagens</b>	<b>Distância aproximada a central (km)</b>
Arroio Grande	15%	90
Camaquã	10%	140
Capivari do Sul	15%	0
Capão do Leão	55%	351
Santa Vitória do Palmar	5%	254

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-3 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Capão do Leão

<b>Destinadora</b>	<b>Distância aproximada (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	691
Recicladoras de plástico atuais	1.389
Recicladoras de metal atuais	1.466
Incineradoras atuais	1.363
Recicladoras de papelão próximas	15
Recicladoras de plástico próximas	15
Recicladoras de metal próximas	15
Incineradoras próximas	268
Aterro	137,6
Coprocessadoras	137,6

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-4 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras – Central de Capão do Leão

	<b>Arroio Grande (km)</b>	<b>Camaquã (km)</b>	<b>Capivari do Sul (km)</b>	<b>Santa Vitória do Palmar (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	770	555	522	927
Recicladoras de plástico atuais	1.604	1.389	1.207	1.761
Recicladoras de metal atuais	1.598	1.384	1.202	1.202
Incineradoras atuais	1.476	1.261	1.080	1.633
Recicladoras de papelão próximas	94	139	96	251
Recicladoras de plástico próximas	94	139	96	251
Recicladoras de metal próximas	94	139	96	251
Incineradoras próximas	352	138	84	511

Fonte: Elaborada pela autora

As Tabela 5-5, 5-6, 5-7, 5-8, 5-9 e 5-10 exibem as mesmas informações das anteriores mas agora para a central de Ituverava: distâncias percorridas entre lavouras e postos, percentual de cada posto no total de embalagens, distância desses à Ituverava e distâncias aproximadas entre unidades de recebimento e destinadoras. Há também nesse caso os cálculos com a inclusão de um novo posto em Morro Agudo e sem essa unidade.

Tabela 5-5 - Distâncias percorridas entre agricultores + usinas e unidades de recebimento (cenários sem Morro Agudo) – Central de Ituverava

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Distância total percorrida (km)</b>
Batatais – 2014	21.490
Batatais – 2015	8.540
Batatais – 2016	6.020
Batatais – 2017	1.190
Franca – 2014	18.270
Franca – 2015	9.520
Franca – 2016	13.020
Franca – 2017	18.410
Ituverava – 2014	52.604
Ituverava – 2015	49.882
Ituverava – 2016	42.709
Ituverava – 2017	51.299

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-6 - Distâncias percorridas entre agricultores + usinas e unidades de recebimento (cenários com Morro Agudo) – Central de Ituverava

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Distância total percorrida (km)</b>
Batatais – 2014	13.423
Batatais – 2015	8.518
Batatais – 2016	5.005
Batatais – 2017	2.877
Franca – 2014	10.201
Franca – 2015	8.044
Franca – 2016	7.508
Franca – 2017	10.357
Ituverava – 2014	19.335
Ituverava – 2015	22.705
Ituverava – 2016	14.672
Ituverava – 2017	19.180
Morro Agudo – 2014	15.570
Morro Agudo – 2015	13.723
Morro Agudo – 2016	26.527
Morro Agudo – 2017	29.345

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-7 - Percentual aproximado do total de embalagens recebidas da central por posto (cenários sem Morro Agudo) – Central de Ituverava

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Percentual das embalagens 2014</b>	<b>Percentual das embalagens 2015</b>	<b>Percentual das embalagens 2016</b>	<b>Percentual das embalagens 2017</b>	<b>Distância aproximada a central (km)</b>
Batatais	20%	9%	6%	1%	87
Franca	17%	10%	13%	16%	74
Ituverava	63%	81%	81%	69%	0

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-8 -Percentual aproximado do total de embalagens recebidas da central por posto (cenários com Morro Agudo) – Central de Ituverava

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Percentual das embalagens 2014</b>	<b>Percentual das embalagens 2015</b>	<b>Percentual das embalagens 2016</b>	<b>Percentual das embalagens 2017</b>	<b>Distância aproximada a central (km)</b>
Batatais	25%	18%	10%	5%	87
Franca	19%	17%	15%	18%	74
Ituverava	27%	36%	22%	25%	0
Morro Agudo	29%	29%	53%	51%	49

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-9 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Ituverava

	Distância aproximada (km)
Recicladoras de papelão atuais	360
Recicladoras de plástico atuais	452
Recicladoras de metal atuais	322
Incineradoras atuais	458
Recicladoras de papelão próximas	102
Recicladoras de plástico próximas	102
Recicladoras de metal próximas	102
Incineradoras próximas	420
Aterro	13,7
Coprocessadoras	401

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-10 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras – Central de Ituverava

	Batatais (km)	Franca (km)	Morro Agudo (km)
Recicladoras de papelão atuais	301	347	327
Recicladoras de plástico atuais	446	492	407
Recicladoras de metal atuais	263	309	271
Incineradoras atuais	414	445	452
Recicladoras de papelão próximas	44	90	83
Recicladoras de plástico próximas	44	90	83
Recicladoras de metal próximas	44	90	83
Incineradoras próximas	328	374	391

Fonte: Elaborada pela autora

As mesmas informações das centrais anteriores são apresentadas nas Tabelas 5-11, 5-12, 5-13, 5-14, 5-15 e 5-16 para a central de Piedade e 5-17, 5-18, 5-19, 5-20 e 5-21 para a unidade de Piracicaba.

Tabela 5-11 - Distâncias percorridas entre agricultores e unidades de recebimento – Central de Piedade

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Distância total percorrida (km)</b>
Atibaia – 2014	2.170
Atibaia – 2015	1.540
Atibaia – 2016	1.540
Atibaia – 2017	1.050
Biritiba Mirim – 2014	7.420
Biritiba Mirim – 2015	5.320
Biritiba Mirim – 2016	5.320
Biritiba Mirim – 2017	3.640
Ibiuna – 2014	2.170
Ibiuna – 2015	1.540
Ibiuna – 2016	1.540
Ibiuna – 2017	1.050
Itapetininga – 2014	7.420
Itapetininga – 2015	5.320
Itapetininga – 2016	5.320
Itapetininga – 2017	3.640
Piedade – 2014	52.990
Piedade – 2015	37.940
Piedade – 2016	37.730
Piedade – 2017	25.830
Pilar do Sul – 2014	6.930
Pilar do Sul – 2015	4.970
Pilar do Sul – 2016	4.970
Pilar do Sul – 2017	3.360
Porto Feliz – 2014	7.420
Porto Feliz – 2015	5.320
Porto Feliz – 2016	5.320
Porto Feliz – 2017	3.640
Registro – 2014	4.270
Registro – 2015	3.080
Registro – 2016	3.080
Registro – 2017	2.100
São Miguel Arcanjo – 2014	7.980
São Miguel Arcanjo – 2015	5.740
São Miguel Arcanjo – 2016	5.670
São Miguel Arcanjo – 2017	3.920
Valinhos – 2014	7.420
Valinhos – 2015	5.320
Valinhos – 2016	5.320
Valinhos – 2017	3.640

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-12 - Percentual aproximado do total de embalagens recebidas da central por posto – Central de Piedade

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Percentual das embalagens</b>	<b>Distância aproximada a central (km)</b>
Atibaia	2%	191
Biritiba Mirim	7%	208
Ibiuna	2%	31
Itapetininga	7%	90
Piedade	50%	0
Pilar do Sul	6,5%	43
Porto Feliz	7%	88
Registro	4%	134
São Miguel Arcanjo	7,5%	75
Valinhos	7%	126

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-13 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Piedade

	<b>Distância aproximada (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	122
Recicladoras de plástico atuais	132
Recicladoras de metal atuais	143
Incineradoras atuais	178
Recicladoras de papelão próximas	37
Recicladoras de plástico próximas	37
Recicladoras de metal próximas	37
Incineradoras próximas	37
Aterro	114
Coprocessadoras	26

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-14 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte I) – Central de Piedade

	<b>Atibaia (km)</b>	<b>Biritiba Mirim (km)</b>	<b>Ibiuna (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	169	219	118
Recicladoras de plástico atuais	43	136	104
Recicladoras de metal atuais	138	234	149
Incineradoras atuais	93	37	147
Recicladoras de papelão próximas	79	83	58
Recicladoras de plástico próximas	43	83	58
Recicladoras de metal próximas	79	83	58
Incineradoras próximas	79	37	58

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-15 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte II) – Central de Piedade

	<b>Itapetininga (km)</b>	<b>Pilar do Sul (km)</b>	<b>Porto Feliz (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	74	118	32
Recicladoras de plástico atuais	172	151	88
Recicladoras de metal atuais	140	162	76
Incineradoras atuais	218	197	164
Recicladoras de papelão próximas	74	37	32
Recicladoras de plástico próximas	78	37	55
Recicladoras de metal próximas	78	37	55
Incineradoras próximas	78	37	55

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-16 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte III) – Central de Piedade

	<b>Registro (km)</b>	<b>SM Arcajo (km)</b>	<b>Valinhos (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	215	116	109
Recicladoras de plástico atuais	222	183	48
Recicladoras de metal atuais	325	182	91
Incineradoras atuais	253	229	137
Recicladoras de papelão próximas	171	86	13
Recicladoras de plástico próximas	171	86	13
Recicladoras de metal próximas	171	86	13
Incineradoras próximas	171	86	13

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-17 - Distâncias percorridas entre agricultores e unidades de recebimento – Central de Piracicaba

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Distância total percorrida (km)</b>
Araras – 2014	2.660
Araras – 2015	2.800
Araras – 2016	2.730
Araras – 2017	3.220
Capivari – 2014	2.660
Capivari – 2015	2.800
Capivari – 2016	2.730
Capivari – 2017	3.220
Cerquilha – 2014	17.710
Cerquilha – 2015	18.340
Cerquilha – 2016	18.060
Cerquilha – 2017	21.420
Limeira – 2014	23.870
Limeira – 2015	24.780
Limeira – 2016	24.360
Limeira – 2017	28.840
Mogi Mirim – 2014	6.230
Mogi Mirim – 2015	6.440
Mogi Mirim – 2016	6.300
Mogi Mirim – 2017	7.490
Piracicaba – 2014	35.350
Piracicaba – 2015	36.680
Piracicaba – 2016	36.050
Piracicaba – 2017	42.770

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-18 - Percentual do total de embalagens recebidas da central por posto – Central de Piracicaba

<b>Unidade de recebimento</b>	<b>Percentual das embalagens</b>	<b>Distância aproximada a central (km)</b>
Araras	3%	61
Capivari	3%	36
Cerquilha	20%	55
Limeira	27%	37
Piracicaba	40%	92
Mogi Mirim	7%	0

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-19 - Distância aproximada entre a central e as destinadoras – Central de Piracicaba

	<b>Distância aproximada (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	51
Recicladoras de plástico atuais	256
Recicladoras de metal atuais	13
Incineradoras atuais	202
Recicladoras de papelão próximas	20
Recicladoras de plástico próximas	10
Recicladoras de metal próximas	13
Incineradoras próximas	10
Aterro	10
Coprocessadoras	109

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-20 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte I) – Central de Piracicaba

	<b>Araras (km)</b>	<b>Capivari (km)</b>	<b>Cerquillo (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	117	35	6
Recicladoras de plástico atuais	266	241	279
Recicladoras de metal atuais	58	43	74
Incineradoras atuais	215	188	231
Recicladoras de papelão próximas	60	35	6
Recicladoras de plástico próximas	60	40	54
Recicladoras de metal próximas	58	40	54
Incineradoras próximas	60	40	54

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-21 - Distância aproximada entre os postos e as destinadoras (parte II) – Central de Piracicaba

	<b>Limeira (km)</b>	<b>Mogi Mirim (km)</b>
Recicladoras de papelão atuais	95	149
Recicladoras de plástico atuais	243	239
Recicladoras de metal atuais	31	86
Incineradoras atuais	191	196
Recicladoras de papelão próximas	39	20
Recicladoras de plástico próximas	39	20
Recicladoras de metal próximas	31	20
Incineradoras próximas	39	20

Fonte: Elaborada pela autora

As Tabelas 5-22, 5-23, 5-24 e 5-25 apresentam estimativas dos totais de embalagens recebidas, por tipo e para as distâncias percorridas entre centrais e destinadoras por cenários, para cada uma das centrais nos quatro anos estudados. As Tabelas 5-26, 5-27, 5-28 e 5-29 apresentam as mesmas informações mas para o ciclo todo. Nesse caso as distâncias percorridas estimadas incluem a fronteira entre postos e destinadoras.

Tabela 5-22 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Capão do Leão

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Capão do Leão 2014 (kg)	78.600	41.800	0	87.359	259.541	10.000	477.300
Distância percorrida (km) - C1	15.425	11.053	0	8.298	41.084	7.338	83.199
Distância percorrida (km) - C2	1.838	10.891	0	2.043	6.069	234	21.075
Distância percorrida (km) - C3	1.262	10.891	0	1.403	4.167	161	17.883
Distância percorrida (km) - C4	11.348	0	0	6.915	36.881	3.028	58.172
Distância percorrida (km) - C5	240	2.184	0	270	780	30	3.504
Capão do Leão 2015 (kg)	80.504	59.700	23.480	69.400	273.763	21.500	528.347
Distância percorrida (km) - C1	15.425	13.937	6.072	13.206	35.861	12.111	96.612
Distância percorrida (km) - C2	2.181	13.937	6.072	1.880	7.417	582	34.468
Distância percorrida (km) - C3	1.564	13.937	6.072	1.348	5.318	418	31.056
Distância percorrida (km) - C4	11.348	0	6.072	4.149	36.881	3.028	61.477
Distância percorrida (km) - C5	240	3.276	60	210	810	60	4.656
Capão do Leão 2016 (kg)	68.311	60.500	0	79.782	258.128	5.500	472.221
Distância percorrida (km) - C1	12.914	13.775	0	10.321	45.590	3.669	86.270
Distância percorrida (km) - C2	1.868	13.775	0	2.181	7.057	150	25.031
Distância percorrida (km) - C3	1.282	13.775	0	1.498	4.845	103	21.503
Distância percorrida (km) - C4	11.348	0	0	5.532	36.881	3.028	56.789
Distância percorrida (km) - C5	210	3.276	0	240	780	30	4.536
Capão do Leão 2017 (kg)	63.491	117.326	30.873	57.973	274.700	11.000	555.363
Distância percorrida (km) - C1	2.870	22.751	9.107	5.532	18.167	6.056	64.483
Distância percorrida (km) - C2	1.713	22.751	9.107	1.564	7.413	297	42.845
Distância percorrida (km) - C3	1.176	22.751	9.107	1.074	5.090	204	39.402
Distância percorrida (km) - C4	8.511	0	9.107	4.149	39.718	3.028	64.513
Distância percorrida (km) - C5	180	6.552	90	180	810	30	7.842

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-23 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Ituverava

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Ituverava 2014 (kg)	55.270	41.959	0	40.850	163.328	5.220	306.626
Distância percorrida (km) - C1	3.095	8.336	0	2.510	10.869	1.653	26.463
Distância percorrida (km) - C2	138	3.360	0	99	407	13	4.198
Distância percorrida (km) - C3	1.954	3.360	0	1.440	5.775	184	13.054
Distância percorrida (km) - C4	2.082	0	0	1.440	5.552	1.012	10.072
Distância percorrida (km) - C5	1.272	3.360	0	848	3.392	212	9.250
Ituverava 2015 (kg)	36.218	13.690	6.080	56.290	151.651	6.320	270.249
Distância percorrida (km) - C1	3.279	1.681	604	2.873	10.808	1.011	20.257
Distância percorrida (km) - C2	92	840	604	143	384	16	2.080
Distância percorrida (km) - C3	1.301	840	604	2.023	5.449	227	10.445
Distância percorrida (km) - C4	1.389	0	604	2.161	5.555	0	9.709
Distância percorrida (km) - C5	848	840	72	1.272	3.180	212	6.424
Ituverava 2016 (kg)	27.232	35.060	0	54.160	163.355	5.800	285.607
Distância percorrida (km) - C1	2.023	2.597	0	3.223	11.503	1.011	20.356
Distância percorrida (km) - C2	69	2.946	0	138	415	15	3.583
Distância percorrida (km) - C3	980	2.946	0	1.950	5.881	209	11.966
Distância percorrida (km) - C4	945	0	0	1.950	5.672	1.011	9.579
Distância percorrida (km) - C5	636	2.946	0	1.060	3.392	212	8.246
Ituverava 2017 (kg)	42.585	27.079	3.384	70.220	177.917	7.405	328.589
Distância percorrida (km) - C1	2.400	2.597	1.208	3.940	13.209	2.023	25.377
Distância percorrida (km) - C2	108	2.520	604	178	452	19	3.237
Distância percorrida (km) - C3	1.533	2.520	604	2.528	6.405	267	13.612
Distância percorrida (km) - C4	1.479	0	604	2.529	6.177	1.011	11.800
Distância percorrida (km) - C5	848	2.520	72	1.484	3.816	212	8.708

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-24 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Piedade

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Piedade 2014 (kg)	39.600	90.940	13.800	41.428	91.870	24.860	302.498
Distância percorrida (km) - C1	777	7.220	265	1.386	2.584	3.470	15.702
Distância percorrida (km) - C2	785	2.272	265	821	1.821	493	6.457
Distância percorrida (km) - C3	176	2.272	265	184	409	111	3.417
Distância percorrida (km) - C4	522	0	265	450	1.305	514	3.056
Distância percorrida (km) - C5	320	2.272	80	320	720	160	3.872
Piedade 2015 (kg)	27.300	58.060	0	40.580	86.830	3.650	216.420
Distância percorrida (km) - C1	1.507	1.407	0	674	3.347	514	6.204
Distância percorrida (km) - C2	541	1.514	0	804	1.719	72	4.650
Distância percorrida (km) - C3	121	1.514	0	180	386	16	2.218
Distância percorrida (km) - C4	261	0	0	450	1.044	530	1.755
Distância percorrida (km) - C5	240	1.514	0	320	720	80	2.794
Piedade 2016 (kg)	27.126	68.370	5.838	42.176	66.710	5.330	215.550
Distância percorrida (km) - C1	522	2.164	265	674	2.065	514	6.205
Distância percorrida (km) - C2	527	1.778	265	819	1.295	103	4.776
Distância percorrida (km) - C3	118	1.778	265	184	291	23	2.648
Distância percorrida (km) - C4	261	0	265	450	783	530	1.759
Distância percorrida (km) - C5	240	1.778	80	320	560	80	3.047
Piedade 2017 (kg)	15.390	35.160	0	27.570	67.710	1.570	147.400
Distância percorrida (km) - C1	516	757	0	450	1.555	514	3.793
Distância percorrida (km) - C2	296	757	0	530	1.301	30	3.166
Distância percorrida (km) - C3	66	757	0	119	292	7	1.494
Distância percorrida (km) - C4	261	0	0	225	783	514	1.909
Distância percorrida (km) - C5	160	757	0	240	400	80	1.970

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-25 - ACV fronteira central-destinação por embalagens – Piracicaba

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Piracicaba 2014 (kg)	27.340	21.440	0	40.300	145.637	17.779	252.496
Distância percorrida (km) - C1	385	966	0	330	4.824	2.342	8.847
Distância percorrida (km) - C2	109	643	0	160	580	71	1.563
Distância percorrida (km) - C3	980	643	0	1.444	5.219	637	8.923
Distância percorrida (km) - C4	223	0	0	215	1.561	530	2.529
Distância percorrida (km) - C5	60	643	0	80	300	40	1.123
Piracicaba 2015	31.920	21.460	5.100	41.900	155.760	5.800	261.940
Distância percorrida (km) - C1	669	794	13	323	5.100	530	7.429
Distância percorrida (km) - C2	130	643	13	171	635	24	1.616
Distância percorrida (km) - C3	1.172	643	13	1.538	5.717	213	9.296
Distância percorrida (km) - C4	446	0	13	215	1.784	530	2.988
Distância percorrida (km) - C5	60	643	13	80	320	20	1.136
Piracicaba 2016	22.140	36.460	13.100	40.240	138.970	6.140	257.050
Distância percorrida (km) - C1	416	1.115	13	803	3.336	530	6.213
Distância percorrida (km) - C2	90	1.286	13	163	563	25	2.139
Distância percorrida (km) - C3	807	1.286	13	1.466	5.063	224	8.859
Distância percorrida (km) - C4	223	0	13	215	1.561	530	2.542
Distância percorrida (km) - C5	40	1.286	13	80	280	20	1.719
Piracicaba 2017	27.800	44.680	11.780	38.320	178.900	3.640	305.120
Distância percorrida (km) - C1	385	1.361	13	1.880	4.895	530	9.064
Distância percorrida (km) - C2	112	1.286	13	154	719	15	2.299
Distância percorrida (km) - C3	1.006	1.286	13	1.387	6.475	132	10.299
Distância percorrida (km) - C4	223	0	13	215	2.007	530	2.988
Distância percorrida (km) - C5	60	1.286	13	80	360	20	1.799

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-26 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Capão do Leão

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Capão do Leão 2014 (kg)	78.600	41.800	0	87.359	259.541	10.000	477.300
Distância percorrida (km) - A	26.904	17.157	0	21.056	78.987	8.798	152.903
Distância percorrida (km) - B	11.719	8.288	0	13.028	38.683	1.490	73.209
Distância percorrida (km) - C	16.826	12.044	0	9.855	45.707	7.516	91.948
Distância percorrida (km) - D	1.641	3.175	0	1.827	5.403	208	12.254
Distância percorrida (km) - E	32.550	17.310	0	36.177	107.480	4.141	197.658
Distância percorrida (km) - F	961	1.964	0	1.068	3.172	122	7.287
Capão do Leão 2015 (kg)	80.504	59.700	23.480	69.400	273.763	21.500	528.347
Distância percorrida (km) - A	27.166	22.644	9.496	23.328	75.789	15.247	173.670
Distância percorrida (km) - B	11.981	11.983	3.484	10.332	40.738	3.196	81.714
Distância percorrida (km) - C	16.973	15.085	6.524	14.541	41.125	12.524	106.772
Distância percorrida (km) - D	1.788	4.424	512	1.545	6.074	473	14.816
Distância percorrida (km) - E	34.093	25.283	9.944	29.391	115.937	9.105	223.753
Distância percorrida (km) - F	1.037	2.871	303	894	3.527	277	8.909
Capão do Leão 2016 (kg)	68.311	60.500	0	79.782	258.128	5.500	472.221
Distância percorrida (km) - A	22.842	22.567	0	21.916	83.104	4.468	154.897
Distância percorrida (km) - B	10.138	12.068	0	11.835	38.294	829	73.164
Distância percorrida (km) - C	14.180	14.896	0	11.799	50.373	3.771	95.019
Distância percorrida (km) - D	1.476	4.397	0	1.718	5.563	132	13.286
Distância percorrida (km) - E	28.623	25.350	0	33.430	108.159	2.095	197.657
Distância percorrida (km) - F	845	2.876	0	987	3.192	62	7.962
Capão do Leão 2017 (kg)	63.491	117.326	30.873	57.973	274.700	11.000	555.363
Distância percorrida (km) - A	12.117	39.838	13.603	13.975	58.174	7.658	145.366
Distância percorrida (km) - B	9.427	23.639	4.586	8.623	40.817	1.632	88.725
Distância percorrida (km) - C	4.063	24.956	9.687	6.622	23.330	6.263	74.921
Distância percorrida (km) - D	1.373	8.757	670	1.270	5.973	237	18.280
Distância percorrida (km) - E	26.965	26.965	26.965	26.965	26.965	26.965	161.790
Distância percorrida (km) - F	817	5.652	397	746	3.534	141	11.287

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-27 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Ituverava

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Ituverava 2014 (kg)	55.270	41.959	0	40.850	163.328	5.220	306.627
Distância percorrida (km) - A	8.150	12.173	0	6.246	25.806	2.130	54.505
Distância percorrida (km) - B	6.327	7.363	0	4.584	18.329	689	37.292
Distância percorrida (km) - C	7.342	12.988	0	5.406	22.449	2.089	50.273
Distância percorrida (km) - D	5.519	8.178	0	3.744	14.972	648	33.060
Distância percorrida (km) - E	7.818	7.777	0	5.672	22.221	948	44.435
Distância percorrida (km) - F	4.908	7.777	0	3.407	13.622	495	30.208
Distância percorrida (km) - G	4.643	10.031	0	3.565	15.089	1.812	35.141
Distância percorrida (km) - H	2.820	5.221	0	1.903	7.612	371	17.928
Ituverava 2015 (kg)	36.218	13.690	6.080	56.290	151.651	6.320	270.249
Distância percorrida (km) - A	6.267	2.810	1.106	7.516	23.317	1.532	42.548
Distância percorrida (km) - B	3.836	1.969	574	5.915	15.689	733	28.716
Distância percorrida (km) - C	5.802	2.635	1.028	6.795	21.373	1.451	39.084
Distância percorrida (km) - D	3.371	1.794	496	5.194	13.745	652	25.252
Distância percorrida (km) - E	5.033	2.097	786	7.979	21.074	1.094	38.063
Distância percorrida (km) - F	3.131	2.097	526	4.865	13.107	547	24.273
Distância percorrida (km) - G	4.499	2.142	809	4.769	15.916	1.224	29.358
Distância percorrida (km) - H	2.068	1.301	277	3.168	8.288	425	15.526
Ituverava 2016 (kg)	27.232	35.060	0	54.160	163.355	5.800	285.607
Distância percorrida (km) - A	3.630	4.666	0	6.420	21.144	1.353	37.214
Distância percorrida (km) - B	2.243	5.015	0	4.257	13.033	554	25.103
Distância percorrida (km) - C	3.322	4.269	0	5.806	19.292	1.288	33.976
Distância percorrida (km) - D	1.935	4.618	0	3.643	11.181	489	21.865
Distância percorrida (km) - E	3.162	4.559	0	6.436	18.966	866	33.990
Distância percorrida (km) - F	1.761	4.559	0	3.502	10.565	374	20.762
Distância percorrida (km) - G	2.722	3.497	0	4.614	15.698	1.160	27.692
Distância percorrida (km) - H	1.335	3.846	0	2.451	7.587	361	15.581
Ituverava 2017 (kg)	42.585	27.079	3.384	70.220	177.917	7.405	328.589
Distância percorrida (km) - A	5.391	4.499	1.446	8.872	25.704	2.543	48.454
Distância percorrida (km) - B	3.839	4.178	310	6.416	16.311	732	31.785
Distância percorrida (km) - C	5.004	4.253	1.415	8.233	24.087	2.476	45.468
Distância percorrida (km) - D	3.452	3.932	279	5.777	14.694	665	28.799
Distância percorrida (km) - E	5.668	3.999	417	9.548	23.682	1.244	44.558
Distância percorrida (km) - F	3.384	3.999	269	4.221	14.139	589	26.601
Distância percorrida (km) - G	3.627	3.377	1.305	5.962	18.333	2.236	34.841
Distância percorrida (km) - H	2.075	3.056	169	3.506	8.940	425	18.172

Tabela 5-28 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Piedade

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Piedade 2014 (kg)	39.600	90.940	13.800	41.428	91.870	24.860	302.498
Distância percorrida (km) - A	9.902	28.175	3.445	10.932	23.754	9.199	85.407
Distância percorrida (km) - B	9.445	23.227	3.260	9.866	21.890	5.889	73.577
Distância percorrida (km) - C	1.900	9.982	653	2.559	5.187	4.170	24.452
Distância percorrida (km) - D	1.443	5.034	468	1.493	3.323	860	12.622
Distância percorrida (km) - E	1.026	2.362	389	1.039	2.381	1.215	8.412
Distância percorrida (km) - F	399	922	142	423	925	256	3.067
Piedade 2015 (kg)	27.300	58.060	0	40.580	86.830	3.650	216.420
Distância percorrida (km) - A	9.981	22.080	0	15.123	34.263	1.814	83.261
Distância percorrida (km) - B	9.960	22.187	0	14.769	31.636	1.300	79.852
Distância percorrida (km) - C	1.543	4.133	0	2.579	7.423	685	16.363
Distância percorrida (km) - D	1.522	4.240	0	2.225	4.796	171	12.954
Distância percorrida (km) - E	817	1.738	0	1.196	2.597	205	6.553
Distância percorrida (km) - F	342	727	0	508	1.087	46	2.710
Piedade 2016 (kg)	27.126	68.370	5.838	42.176	66.710	5.330	215.550
Distância percorrida (km) - A	9.159	23.932	2.124	14.102	23.304	2.211	74.832
Distância percorrida (km) - B	8.877	23.535	1.939	13.748	21.799	1.777	71.675
Distância percorrida (km) - C	1.623	4.939	502	2.386	4.773	730	14.954
Distância percorrida (km) - D	1.341	4.542	317	2.032	3.268	296	11.797
Distância percorrida (km) - E	815	2.055	193	1.248	2.003	300	6.614
Distância percorrida (km) - F	341	859	73	530	838	67	2.708
Piedade 2017 (kg)	15.390	35.160	0	27.570	67.710	1.570	147.400
Distância percorrida (km) - A	8.961	20.050	0	15.579	38.710	1.376	84.675
Distância percorrida (km) - B	8.605	20.303	0	15.369	37.715	862	82.853
Distância percorrida (km) - C	1.606	3.247	0	2.402	6.350	625	14.230
Distância percorrida (km) - D	1.250	3.500	0	2.192	5.355	111	12.408
Distância percorrida (km) - E	435	988	0	784	1.914	83	4.204
Distância percorrida (km) - F	191	436	0	342	840	20	1.829

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5-29 - ACV fronteira agricultor-destinação por embalagens – Piracicaba

	<b>COEX</b>	<b>CONTAMINADAS</b>	<b>METAIS</b>	<b>PAPELÃO</b>	<b>PEAD</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Piracicaba 2014 (kg)	27.340	21.440	0	40.300	145.637	17.779	252.496
Distância percorrida (km) - A	2.382	2.532	0	3.274	15.462	3.641	27.291
Distância percorrida (km) - B	2.057	2.209	0	3.024	10.938	1.339	19.567
Distância percorrida (km) - C	576	1.165	0	602	5.808	2.462	10.613
Distância percorrida (km) - D	251	842	0	352	1.284	160	2.889
Distância percorrida (km) - E	590	738	0	614	3.142	1.015	6.099
Distância percorrida (km) - F	238	738	0	352	1.270	155	2.753
Piracicaba 2015 (kg)	31.920	21.460	5.100	41.900	155.760	5.800	261.940
Distância percorrida (km) - A	3.018	2.373	388	3.406	16.562	957	26.705
Distância percorrida (km) - B	2.409	2.222	388	3.163	11.782	447	20.412
Distância percorrida (km) - C	893	945	49	617	6.193	571	9.267
Distância percorrida (km) - D	284	794	49	374	1.413	61	2.974
Distância percorrida (km) - E	684	740	38	645	3.335	330	5.772
Distância percorrida (km) - F	278	740	38	365	1.356	51	2.828
Piracicaba 2016 (kg)	22.140	36.460	13.100	40.240	138.970	6.140	257.050
Distância percorrida (km) - A	2.054	3.812	982	3.779	13.615	984	25.225
Distância percorrida (km) - B	1.678	3.812	982	3.056	10.559	474	20.560
Distância percorrida (km) - C	568	1.365	103	1.079	4.288	572	7.973
Distância percorrida (km) - D	192	1.365	103	356	1.232	62	3.308
Distância percorrida (km) - E	469	1.232	96	602	2.945	344	5.688
Distância percorrida (km) - F	190	1.233	112	345	1.191	53	3.124
Piracicaba 2017 (kg)	27.800	44.680	11.780	38.320	178.900	3.640	328.589
Distância percorrida (km) - A	2.272	4.394	813	4.481	17.038	777	29.775
Distância percorrida (km) - B	1.947	4.319	813	2.681	12.503	267	22.530
Distância percorrida (km) - C	572	1.661	92	2.137	6.097	554	11.114
Distância percorrida (km) - D	247	1.586	92	337	1.562	44	3.869
Distância percorrida (km) - E	599	1.536	91	604	3.856	208	6.894
Distância percorrida (km) - F	247	1.538	92	337	1.562	33	3.809

Fonte: Elaborada pela autora

## 5.2 ACV da Fronteira Central-Destinação

Serão apresentados preliminarmente os resultados da ACV da fronteira final do sistema, entre Centrais e destinadoras. A exposição será realizada por unidade de recebimento, por cenário de destinação.

### 5.2.1 Central de Capão do Leão

Para a central de Capão do Leão observa-se que as categorias que possuem maior ordem de grandeza são respectivamente: mudança climática ( $10^6$ ) e toxicidade humana ( $10^4$ ). Esses dados são apresentados na Tabela 5-30 referentes aos valores absolutos dos danos ambientais desta central para o ano de 2017, a informação dos outros períodos encontra-se nos Apêndices.

Tabela 5-30 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2017

Categorias de Impacto	Unidade	C1	C2	C3	C4	C5
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,88E+06	1,45E+06	1,84E+06	1,41E+06	1,72E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	4,93E+03	3,69E+03	4,81E+03	3,57E+03	4,45E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	9,26E+04	8,01E+04	9,23E+04	7,97E+04	8,67E+04
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	7,12E+03	5,24E+03	6,95E+03	5,07E+03	6,39E+03
For. de matéria particulada	kg PM10	1,95E+03	1,41E+03	1,90E+03	1,36E+03	1,74E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	3,74E+02	2,86E+02	3,73E+02	2,86E+02	3,29E+02

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

A Tabela 5-31 apresenta as comparações percentuais entre os cenários C2, C3, C4 e C5 e o processo atual de destinação de embalagens de agrotóxicos (C1). Valores negativos representam reduções percentuais nos índices de impactos ambientes, enquanto que os positivos representam aumentos percentuais.

Tabela 5-31 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Capão do Leão (2014 - 2017)

	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
Mudança Climática	C2	-13,5	-17,6	-7,0	-13,4
	C3	13,0	11,3	15,9	12,2
	C4	-0,7	-3,6	1,1	-3,7
	C5	-28,3	-29,4	-25,1	-25,4
Acidificação Terrestre	C2	-22,9	-25,2	-16,1	-20,3
	C3	3,1	2,0	6,4	4,5
	C4	0,0	-2,9	1,9	-3,2
	C5	-28,2	-29,4	-25,3	-26,2
Toxicidade Humana	C2	168,5	36,7	167,4	12,3
	C3	-26,1	-15,6	-21,4	-10,8
	C4	-7,5	-6,5	-5,2	-5,8
	C5	-34,5	-20,2	-30,5	-15,9
Formação de foto-oxidante	C2	-23,5	-25,2	-16,4	-20,1
	C3	12,9	11,1	16,4	12,9
	C4	-1,3	-4,1	0,8	-4,4
	C5	-30,1	-31,6	-27,2	-28,5
Formação de matéria particulada	C2	-26,7	-32,0	-18,8	-27,4
	C3	-31,9	-29,5	-27,4	-22,6
	C4	-3,6	-6,4	-1,4	-6,4
	C5	-32,9	-32,8	-29,8	-29,1
Depleção fóssil	C2	-35,2	-64,5	-25,0	-62,4
	C3	-2847,7	-1629,3	-2802,4	-1262,2
	C4	-13,2	-10,7	-10,3	-9,7
	C5	-42,8	-27,0	-38,6	-21,6

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

### **a Cenário C2 – Aterramento**

Para esse cenário apenas a categoria de toxicidade humana não sofreu reduções percentuais, em relação ao cenário atual (C1). As demais comportam-se de modo similar nos quatro períodos estudados.

A categoria mudança climática apresentou diminuições variando de 7 a 13,5%. Pode-se inferir que esses resultados estão relacionados com as substantivas diminuições nos valores de distâncias percorridas por este cenário em relação a C1, uma vez que a redução do transporte leva a diminuição de emissões de GEE. É importante ressaltar que essa central é a que está mais distante das destinadoras associadas ao inpEV, sendo que a

empresa mais próxima está a 691 km, enquanto que o aterro utilizado no cenário está a 137,6 km da central.

Outras categorias também podem ter essas reduções relacionadas com a diminuição do transporte deste cenário são: acidificação terrestre, formação de foto-oxidantes, formação de matéria particulada e depleção fóssil.

A redução substancial do transporte em C2, comparando com C1, leva a diminuição de emissões de amônia e dióxido de enxofre. Desta forma a um menor depósito dessas substâncias no solo, interferindo no quesito acidez terrestre, que apresentou valores de redução entre 16,1 e 25,2%. Também são reduzidas as emissões de óxidos de nitrogênio e material particulado, minorando os impactos dos quesitos formação de foto-oxidantes (cujas diminuições ficaram entre 16,4 a 25,2%) e de matéria particulada (reduções entre 18,8 e 27,3%), respectivamente (IBAMA, 2011).

As diminuições em depleção fóssil que atingiram, em 2017, 64,5% nas reduções dos danos ao meio ambiente estão relacionadas com a menor utilização de combustíveis fósseis, também diretamente associada ao processo de transporte.

A categoria toxicidade humana atingiu aumento nos danos ao meio ambiente nos quatro anos estudados: 168,5% em 2014, 36,7% em 2015, 167,4% em 2016 e 12,3% em 2017.

Conforme o inventário de disposição em aterro sanitário do Ecoinvent, a disposição do PEAD, COEX, PP e papelão depositam metais pesados, como bário, manganês e mercúrio, no solo e esses são os possíveis responsáveis pelos valores relativos ao aumento percentual dessa categoria (HUIJBREGTS *et al.*, 2017).

As diferenças de resultados entre os anos de 2014 e 2016, em comparação com 2015 e 2017 está relacionada com a soma dos percentuais desses materiais, esse montante foi maior em 2014 e 2016. Outro fator importante é que esses anos foram os que apresentaram as maiores quantidades de papelão. Assim, nesses períodos os danos ao meio ambiente aumentaram com maior importância.

### ***b Cenário C3 - Coprocessamento***

Esse cenário apresentou melhoras, do ponto de vista da redução dos impactos ambientais, nas categorias: toxicidade humana (com reduções entre 10,8 e 26,1%), formação de matéria particulada (quedas entre 22,6 e 31,9%) e depleção fóssil (com economias de até 2847,7%).

A redução em toxicidade humana está diretamente ligada com a drástica redução na distância percorrida desse cenário. Como a combustão do diesel resulta no envio de diversas substâncias como dióxidos de enxofre, dióxidos de nitrogênio, monóxidos de carbono (CETESB, 2017) e como todas essas substâncias são tóxicas, a diminuição do transporte explica a redução nessa categoria.

A redução em depleção fóssil explica-se pelo fato da utilização do plástico nos fornos de clínquer reduzir a necessidade de extração de coque de petróleo, geralmente utilizado nesse processo. Essas diminuições foram mais acentuadas nos anos de 2014 e 2016 quando ocorreu também maiores reduções percentuais entre as distâncias percorridas entre esse cenário e C1.

A economia na geração de coque de petróleo e a ausência de sua queima também explica a redução em formação de matéria particulada.

As categorias que sofreram os maiores aumentos nos danos ao meio ambiente nesse cenário foram: mudança climática e formação de foto-oxidantes.

Esses quesitos estão diretamente relacionados com os gases emitidos na atmosfera com a queima dos materiais plásticos. Esse processo lança no ar GEE como dióxidos de carbono e metano, causando aumentos na categoria mudanças climáticas - que para essa central variou de 11,3 a 15,9%; óxidos de enxofre e nitrogênio - que pode explicar os aumentos de 11,1 a 16,4% em formação de foto-oxidantes - ácido clorídrico e fluorídrico.

### ***c Cenário C4 - Sem Tratamento***

Esse cenário foi o que apresentou, para essa central, as menores diferenças em relação a C1.

As categorias a serem destacadas são: toxicidade humana, formação de matéria particulada e depleção fóssil.

Os quesitos que apresentaram as maiores reduções de danos ambientais foram: toxicidade humana - reduções entre 5,2 e 7,5%, formação de matéria particulada - quedas de 1,4 a 6,4% e depleção fóssil - diminuições entre 9,7 e 13,2%. Todas essas diferenças podem ser explicadas com a diminuição das distâncias percorridas nesse cenário, em comparação com o procedimento atual.

Vale ressaltar que os resultados desse cenário, devido a limitações na simulação, estão subestimados.

#### **d Cenário C5 – Reciclagem**

Esse cenário é o único que apresenta redução em todas as categorias, em todos os anos. Como a única diferença entre ele e C1 são as distâncias percorridas, uma vez que o tratamento dispensado às embalagens é idêntico ao processo atual, todas essas reduções estão relacionadas com a diminuição das distâncias percorridas.

Apenas na categoria de depleção fóssil é que esse cenário não apresenta as maiores reduções, uma vez que a economia de materiais fósseis em C3 é mais significativa para as reduções nos danos ao meio ambiente que as diminuições dos processos de transporte.

Em mudanças climáticas as reduções foram de 25,1 a 28,3%; em acidificação terrestre de 25,3 a 28,2%; em toxicidade humana de 15,9 a 34,5%; em formação de foto-oxidantes de 27,2 a 31,6%; em formação de matéria condensada de 29,1 a 32,1% e em depleção fóssil de 21,6 a 42,8%.

Desta forma, para esta central, esse cenário é o mais indicado para que haja reduções de impactos ambientais, nas categorias estudadas.

#### **5.2.2 Central de Ituverava**

Para essa unidade de recebimento, a categoria de mudanças climáticas também é a que apresenta a maior ordem de grandeza ( $10^5$ ), como mostra a Tabela 5-32 relativa aos dados absolutos dos impactos ambientais dessa central para o ano de 2017. Observa-se que os valores absolutos para essa central são inferiores aos de Capão do Leão, o que pode ser explicado pelo fato dos valores de distâncias percorridas, em comparação com a central de Capão do Leão, diminuírem drasticamente neste caso, em especial, para o cenário C2, uma vez que o aterro utilizado nesse cenário está a apenas 13,7 km da central.

Tabela 5-32 - Categorias de Impacto para a Central de Ituverava para o ano de 2017

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	7,44E+05	7,59E+05	1,02E+06	8,16E+05	6,79E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	2,19E+03	1,94E+03	2,73E+03	2,42E+03	2,00E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	2,30E+04	5,89E+04	2,26E+04	2,42E+04	2,11E+04
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	3,02E+03	2,69E+03	4,20E+03	3,32E+03	2,73E+03
For. de matéria particulada	kg PM10	7,92E+02	6,75E+02	6,88E+02	8,58E+02	7,10E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	1,19E+02	8,13E+01	-3,26E+03	1,23E+02	1,06E+02

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

Na Tabela 5-33 são apresentadas as comparações entre os cenários e C1.

Tabela 5-33 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Ituverava (2014 - 2017)

	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
Mudança Climática	C2	-2,0	0,6	1,2	2,1
	C3	36,0	39,2	34,6	37,1
	C4	7,9	10,4	8,1	9,6
	C5	-8,7	-9,6	-8,4	-8,8
Acidificação Terrestre	C2	-10,8	-13,1	-10,6	-11,4
	C3	24,9	26,0	23,7	25,0
	C4	8,9	11,3	9,2	10,6
	C5	-8,8	-9,4	-8,4	-8,7
Toxicidade Humana	C2	238,5	115,8	200,4	156,1
	C3	-8,2	-2,0	-3,8	-1,5
	C4	1,3	4,2	4,0	5,1
	C5	-11,7	-7,5	-10,2	-8,2
Formação de foto-oxidante	C2	-10,7	-12,1	-10,3	-10,7
	C3	38,6	40,8	37,3	39,2
	C4	8,4	10,6	8,5	9,9
	C5	-9,5	-10,2	-9,2	-9,5
Formação de matéria particulada	C2	-13,0	-17,9	-12,7	-27,4
	C3	-13,4	-13,7	-13,4	-22,6
	C4	6,6	8,7	6,9	-6,4
	C5	-10,7	-10,9	-10,2	-29,1
Depleção fóssil	C2	-19,5	-46,5	-16,9	-31,7
	C3	-4168,8	-2526,9	-3404,0	-2835,3
	C4	-3,3	2,6	1,1	3,4
	C5	-16,1	-10,1	-13,6	-10,9

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

### **a Cenário C2 - Aterramento**

Como esse cenário é o que possui os menores valores de distâncias percorridas neste caso, as categorias mais diretamente influenciadas pelo transporte são as que apresentam aqui as maiores reduções nos impactos ambientais.

Entre elas, destacam-se: acidificação terrestre, formação de matérias particuladas, formação de foto-oxidantes e depleção do ozônio. As razões da relação do transporte com as reduções de impactos já foram apresentadas anteriormente.

Em acidificação terrestre as reduções variaram entre 1,6 e 13,1%, sendo este cenário o de maiores valores de diminuições.

O mesmo acontece em formação de foto-oxidantes que apresentou reduções entre 10,3 e 12,1%, e em formação de matéria particuladas, em que a queda nos danos ao meio ambiente ficaram entre 12,7 e 17,9%.

Em depleção fóssil, as minorações ficaram entre 16,9 e 46,5%. Apesar do bom resultado nesse quesito, o cenário C3 atingiu reduções ainda maiores.

O grande empecilho desse cenário é o resultado na categoria toxicidade humana. Nesse quesito, assim como ocorreu com a central de Capão do Leão, os valores dos impactos sofrem grande aumento percentual, atingindo seu ápice em 2014, 238,5% de crescimento nos danos ao meio ambiente. Como já foi explicado, isso se deve ao aterro das embalagens plásticas e do papelão.

Na categoria de mudanças climáticas, a redução do transporte nesse caso não é significativa o bastante para a redução dos índices, uma vez que os danos do aterramento do papelão podem causar grandes emissões de GEE, principalmente metano. Assim, essa categoria apresenta valores muito próximos ao cenário atual. (SUBAK *et al.*, 1999)

Nota-se que os melhores resultados desse cenário ocorreram em 2015, quando em todas as categorias as reduções foram maiores ou, no caso de toxicidade humano, o aumento foi menor. Isso se deve ao fato de que é nesse ano em que ocorre a maior redução percentual de distância percorrida desse cenário, em relação ao atual.

Em comparação com os resultados de Capão do Leão, aqui esse cenário teve melhor desempenho para atingir o objetivo de reduzir os danos ao meio ambiente.

### **b Cenário C3 - Coprocessamento**

Nesse cenário algumas categorias apresentam reduções expressivas, enquanto outras apresentam aumentos significativos nos impactos ao meio ambiente.

Destacam-se por quedas acentuadas os quesitos: formação de matéria particulada e depleção fóssil. Ambas impactadas pela economia de materiais fósseis que a utilização desse processo propicia. Sendo que a primeira apresenta reduções menores, de 12,7 a 7,9%, que a segunda, em que as diminuições ultrapassam 4.000% em 2014.

Já as categorias: mudança climática, acidificação terrestre e formação de foto-oxidantes sofreram crescimentos importantes nos danos ao meio ambiente nesse cenário, em todos os anos.

Os aumentos máximos foram, em mudança climática 39,2%, acidificação terrestre 26% e formação de foto-oxidantes 40,8%. Esses resultados ocorreram todos no ano de 2015, quando a quantidade percentual de materiais coprocessados foi maior.

Em comparação com a central de Capão do Leão, esse cenário obteve resultados piores, sob o ponto de vista da redução dos impactos ambientais.

#### ***c Cenário C4 – Sem tratamento***

Esse cenário apresenta aqui piora em todas as categorias. Mostrando que, nesse caso as vantagens da redução do transporte não superam o abandono em solo e a queima a céu aberto, presentes nesse cenário.

Os maiores aumentos estão nas categorias: mudança climática com máximo de 10,3%, acidificação terrestre cujo maior valor atingido foi de 26% e formação de foto-oxidantes que chegou a 10,6% de aumento.

Todos esses resultados ocorreram no ano de 2015 quando a diminuição percentual do transporte, para esse cenário, foi menor.

Comparando com os resultados de Capão do Leão, como a redução nos valores de distâncias percorridas é bem inferior nesse caso, esse cenário apresenta uma piora substancial na tentativa de se minimizar os danos ambientais desse processo.

#### ***d Cenário C5 – Reciclagem***

É o único cenário que, em comparação com C1, reduz os danos em todos os cenários. Contudo, ao contrário do que ocorre em Capão do Leão, apresenta as maiores reduções em apenas duas categorias: mudanças climáticas e toxicidade humana. Sendo superado por C3 e C2 em depleção do ozônio e ficando atrás do aterramento nas demais categorias.

Isso se explica pelo fato de que, mesmo reduzindo as distâncias percorridas, já que as destinadoras aqui são mais próximas a central, a quantidade de transporte do cenário C2 é ainda menor, já que todas as embalagens de papelão, COEX, PEAD e PP não

contaminadas precisam nesse caso serem transportadas com maiores deslocamentos que os realizados em C2.

Contudo, como o aterramento causa aumento substancial dos danos ao meio ambiente na categoria de toxicidade humana e como C5 é o melhor na categoria de maior ordem de grandeza (mudança climática) ainda é o que melhor se adequa ao objetivo de reduzir os danos ao meio ambiente dos processos relativos a essa central de recebimento, para as categorias estudadas.

### 5.2.3 *Central de Piedade*

Em comparação com as centrais anteriores, a unidade de Piedade é a que destina a menor quantidade de embalagens e a que demanda menores distâncias percorridas para destiná-las.

Assim, os valores absolutos, os percentuais de redução e aumento são inferiores para essa unidade, em comparação com as demais. Contudo o comportamento é semelhante.

A maior ordem de grandeza também está na categoria de mudança climática ( $10^5$ ), como apresentado na Tabela 5-34 relativa aos valores absolutos dos impactos ambientais dessa central no ano de 2017.

Tabela 5-34 - Categorias de Impacto para a Central de Piedade para o ano de 2017

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO2 eq	3,51E+05	3,89E+05	4,66E+05	3,91E+05	3,42E+05
Acidificação terrestre	kg SO2 eq	9,67E+02	9,62E+02	1,21E+03	1,09E+03	9,40E+02
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	9,27E+03	2,52E+04	9,55E+03	1,01E+04	9,00E+03
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	1,30E+03	1,31E+03	1,80E+03	1,47E+03	1,26E+03
Formação de matéria particulada	kg PM10 eq	3,37E+02	3,35E+02	3,13E+02	3,78E+02	3,25E+02
Depleção fóssil	kg oil eq	4,68E+01	4,64E+01	-1,20E+03	5,12E+01	4,49E+01

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

Na Tabela 5-35 são apresentadas as comparações entre os cenários e C1.

Tabela 5-35 - Comparação entre cenários propostos e atual - central de Piedade (2014 - 2017)

Mudança Climática	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	3,3	8,4	9,4	10,6
C3	23,4	27,8	24,1	32,6	
C4	5,1	8,3	8,0	11,3	
C5	-5,2	-3,6	-2,9	-2,6	
Acidificação Terrestre	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-4,6	-2,2	-1,1	-0,5
C3	16,6	20,7	18,4	24,7	
C4	6,2	9,7	9,4	12,9	
C5	-5,6	-3,8	-3,1	-2,8	
Toxicidade Humana	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	75,0	156,8	88,8	172,2
C3	-1,7	1,1	2,4	3,1	
C4	1,1	6,3	4,8	9,2	
C5	-3,1	-3,9	-2,0	-2,9	
Formação de foto-oxidante	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-4,3	-1,3	0,0	0,7
C3	27,1	32,6	29,2	38,0	
C4	5,8	9,5	9,4	13,0	
C5	-6,4	-4,3	-3,6	-3,1	
Formação de matéria particulada	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-5,2	-2,6	-1,2	-0,5
C3	-10,1	-8,8	-6,0	-6,9	
C4	4,2	8,5	8,3	12,2	
C5	-6,5	-4,7	-3,7	-3,4	
Depleção fóssil	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-4,0	-3,1	-1,4	-0,8
C3	-1232,8	-2345,4	-1246,6	-2674,7	
C4	0,1	5,8	5,2	9,4	
C5	-4,3	-5,3	-2,7	-3,9	

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

### ***a Cenário C2 – Aterramento***

Como nesse caso a redução das distâncias percorridas nesse cenário não é tão significativa como ocorre em Ituverava, esse cenário tem resultados bem inferiores nesse caso, sob a ótica das reduções nos danos ao meio ambiente.

As categorias em que ocorrem as maiores reduções são: acidificação terrestre, formação de foto-oxidantes, formação de matéria particulada e depleção fóssil. Contudo os valores de redução são pouco significativos. A maior diminuição ocorre em formação de matéria particulada em 2014: 5,2%.

Os melhores resultados desse cenário ocorrem no ano de 2014 quando a diferença entre as distâncias percorridas por C2 e C1 foi maior. Da mesma forma, os piores resultados ocorreram no ano em que essa diferença foi menor: 2017. Ou seja, o transporte é preponderante nas diferenças entre esse cenário e o atual processo de destinação de embalagens de agrotóxicos dessa central.

A exceção continua sendo em toxicidade humana. Novamente, o aterramento dos materiais plásticos e papelão não contaminados geraram aumentos expressivos nos danos ao meio ambiente, variando de 75 a 172,1%.

Para essa central, esse cenário não é capaz de reduzir os impactos ambientais de maneira significativa, em nenhuma das categorias sendo sempre superada por C5 e, em algumas, por C3.

### ***b Cenário C3 – Coprocessamento***

O resultado desse cenário é extremamente semelhante ao obtido em Ituverava, a única diferença é que agora as reduções e os aumentos nos impactos são inferiores.

Foram registrados aumentos percentuais, em relação a C1, nas categorias: mudança climática, acidificação terrestre e formação de foto-oxidantes.

Os maiores crescimentos ocorreram em formação de foto-oxidantes, entre 27 e 38%; seguido de mudança climática, de 23,4 a 32,5% e acidificação terrestre, entre 16,6 e 24,7%.

O quesito toxicidade humana apresentou uma leve queda em 2014 (1,7%) e pequenas altas nos anos anteriores: 1,1, 2,3 e 3%.

As reduções substanciais estão em formação de matéria particulada e depleção fóssil. Sendo este último o que apresenta os maiores valores: entre 1232,8 e 2674,7%. Enquanto que as diminuições da outra categoria variam entre 6,9 e 10%.

Os melhores resultados dessa categoria, no decréscimo dos danos ambientais, ocorreram no ano de 2014, com exceção de depleção fóssil. Nesse ano o percentual de embalagens enviadas para coprocessamento foi o menor de todos, impactando assim de maneira menos significativa nas categorias.

Em 2017, o percentual de embalagens coprocessadas foi o maior, em comparação com os demais períodos. O que aumenta os danos ao meio ambiente em todas as categorias, com exceção de depleção fóssil, já que, para esse quesito, quanto mais coprocessamento maior é a economia de materiais fósseis.

#### ***c Cenário C4 – Sem Tratamento***

Esse cenário, assim como ocorreu em Ituverava, não promove redução nos danos ambientais em nenhuma das categorias estudadas. Contudo, os valores de aumento são inferiores a central anterior, uma vez que há uma redução maior na distância percorrida nesse cenário, para essa unidade de recebimento.

As categorias que sofreram maiores aumentos nos impactos ambientais foram: acidificação terrestre, formação de foto-oxidantes e mudança climática.

Em acidificação terrestre os crescimentos foram de 6,1 a 12,9%. O quesito formação de foto-oxidantes apresentou aumentos entre 5,7 e 13%. Assim, essas foram as categorias que apresentaram os maiores índices de elevação.

Na sequência está mudança climática, com incrementos variando entre 5,1 e 11,3% e formação de matéria particulada, com valores de 4,2 a 12,1%

Desta forma, os danos causados por esse cenário, associados ao abandono em solo das embalagens e da queima céu aberto, são mais significativos que a redução na distância percorrida. Tornando-o inviável, já que não é capaz de melhorar o cenário atual em nenhuma categoria.

#### ***d Cenário C5 – Reciclagem***

Novamente, esse cenário apresenta melhoras nas reduções dos danos ambientais, em relação a C1, em todas as categorias.

Nos quesitos: mudança climática, acidificação terrestre, toxicidade humana e formação de foto-oxidantes, C5 apresenta os maiores decréscimos, em comparação com os demais cenários. Porém, as reduções máximas, nessas categorias, são respectivamente 5,1%, 5,5%, 3,9% e 6,3%. Ou seja, não são muito significativas se compararmos com as centrais anteriores.

Nas categorias formação de matéria particulada e depleção fóssil, o cenário C3 segue obtendo os melhores resultados, pelos mesmos motivos já mencionados.

Na comparação com os demais, por reduzir os valores de todas as categorias, em relação ao processo atual, C5 também para essa central é o cenário de destinação mais recomendado para tratar as embalagens de agrotóxicos.

#### 5.2.4 **Central de Piracicaba**

Os resultados de Piracicaba não se diferenciam muito dos vistos nas demais centrais. Os valores de reduções e aumentos para essa central são superiores aos de Piedade, uma vez que, com exceção de 2014, a quantidade de embalagens destinadas em Piracicaba foi sempre maior.

Para essa central a categoria de mudança climática segue apresentando a maior ordem de grandeza nos danos ambientais, como pode observado nos dados absolutos dessa unidade de recebimento para o ano de 2017 (Tabela 5-36). Pode-se perceber que os valores absolutos para Piracicaba são maiores que os de Piedade, mas menores que os de Ituverava. Isso se explica pela quantidade de embalagens destinadas de cada central, quanto mais embalagens, maiores os impactos.

Tabela 5-36 - Categorias de Impacto para a Central de Piracicaba para o ano de 2017

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO2 eq	6,94E+05	7,25E+05	9,88E+05	7,72E+05	6,58E+05
Acidificação terrestre	kg SO2 eq	1,99E+03	1,90E+03	2,62E+03	2,24E+03	1,89E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	3,02E+04	6,45E+04	3,01E+04	3,10E+04	2,91E+04
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	2,73E+03	2,62E+03	4,01E+03	3,07E+03	2,57E+03
Formação de matéria particulada	kg PM10 eq	7,34E+02	6,95E+02	6,89E+02	8,09E+02	6,88E+02
Depleção fóssil	kg oil eq	1,45E+02	1,39E+02	-2,96E+03	1,47E+02	1,37E+02

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

As reduções e aumentos percentuais, em comparação com o cenário atual, são apresentados na Tabela 5-37.

Tabela 5-37 - Comparação entre cenários propostos e atual - central de Piracicaba (2014 - 2017)

Mudança Climática	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	6,8	7,9	7,9	4,4
C3	51,2	50,4	43,0	42,4	
C4	14,3	15,1	13,0	11,2	
C5	-5,4	-4,7	-3,4	-5,2	
Acidificação Terrestre	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-4,7	-3,8	-2,9	-4,6
C3	37,8	36,6	32,0	31,3	
C4	15,3	16,0	14,1	12,3	
C5	-5,4	-4,6	-3,4	-5,3	
Toxicidade Humana	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	280,2	180,5	94,4	113,7
C3	6,4	2,2	1,8	-0,2	
C4	9,6	6,9	4,0	2,7	
C5	-7,5	-4,1	-1,9	-3,6	
Formação de foto-oxidante	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-3,9	-2,9	-2,0	-4,1
C3	54,7	53,5	47,7	46,7	
C4	15,1	16,0	14,3	12,3	
C5	-5,9	-5,0	-3,8	-5,9	
Formação de matéria particulada	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-5,6	-4,3	-3,1	-5,2
C3	-4,7	-5,3	-4,0	-6,0	
C4	13,9	14,4	12,2	10,2	
C5	-6,7	-5,5	-3,9	-6,2	
Depleção fóssil	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	C2	-9,0	-4,7	-2,2	-4,3
C3	-5098,2	-3206,3	-1680,9	-2142,9	
C4	7,5	5,9	3,7	1,2	
C5	-10,6	-5,8	-2,6	-5,1	

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: C1 – atual; C2 – aterramento de plásticos e papelão não contaminados; C3 – coprocessamento de plásticos e papelão não contaminados; C4 – sem tratamento; C5 – atual com destinadoras próximas.

### ***a Cenário C2 – Aterramento***

Nesse cenário, ocorrem reduções nas categorias: acidificação terrestre, formação de foto-oxidantes, formação de matéria particulada e depleção fóssil. Esses decréscimos podem estar relacionados com a queda na distância percorrida que há nesse cenário, em comparação com o cenário atual.

As maiores diminuições ocorrem em 2014, quando a redução percentual do transporte foi um pouco superior. Nesse ano, a redução em depleção fóssil atingiu 9%, formação de matéria particulada 5,6% e acidificação terrestre 4,7%. Nos demais períodos esses decréscimos variaram entre 2,2 e 4,1%.

O maior destaque negativo continua sendo os resultados em toxicidade humana, em que há aumentos variando de 94,4 a 280,2%. Valores extremamente significativos que inviabilizam a utilização desse tratamento as embalagens de agrotóxico com vias de redução dos danos ao meio ambiente.

### ***b Cenário C3 – Coprocessamento***

Esse cenário piora consideravelmente nessa unidade, em comparação com a de Piedade. Isso se dá porque nessa central o percentual de embalagens que passam pelo processo de coprocessamento é substancialmente superior, uma vez que Piedade tem os maiores percentuais de embalagens contaminadas que não são coprocessadas.

Os aumentos atingem 51,2% em mudanças climáticas, 37,8% em acidificação terrestre, 6,4% em toxicidade humana e 54,7% em formação de foto-oxidantes.

Novamente as categorias em que esse cenário apresenta os melhores resultados são formação de matéria particulada e depleção fóssil, pelos motivos já elencados anteriormente.

Desta forma, esse cenário também não atinge os objetivos de reduzir os impactos ambientais desse processo, nessa central.

### ***c Cenário C4 – Sem Tratamento***

Para essa central, novamente há prejuízos, sob o olhar dos danos ambientais, em todas as categorias. Os maiores crescimentos nos impactos ao meio ambiente ocorrem em mudança climática, com aumentos variando de 11,2 a 14,3%; acidificação terrestre, em que os incrementos estão entre 12,3 e 15,3%; formação de foto-oxidantes que apresentou crescimentos variando de 12,3 a 15,1% e em formação de matéria partícula, em que os aumentos estão entre 10,2 e 13,9%.

Pode-se inferir que os tratamentos dados a essas embalagens, em especial o abandono de o abandono em solo e a incineração a céu aberto trazem danos ao meio ambiente em todas as categorias estudadas para essa central. Tornando esse cenário também inviável.

#### ***d Cenário C5 – Reciclagem***

Esse cenário foi novamente o único que diminuiu os impactos ambientais a todas as categorias. As reduções de C5 só não foram as maiores na categoria depleção fóssil, em que o coprocessamento se destaca.

Nas demais categorias, esse cenário foi o responsável pelos maiores decréscimos. Em mudança climática atingiu 5,4%, em acidificação terrestre 5,4%, em toxicidade humana 7,5%, em formação de foto-oxidantes 5,9%, em formação de matéria particulada 6,7% e em depleção fóssil 10,6%.

Assim, dentre os cenários estudados para essa central, C5 é o mais recomendado para minimizar os danos ao meio ambiente que o processo de destinação de embalagens de agrotóxicos causa nas categorias estudadas.

Como C5 foi o único que apresentou ganhos ambientais em todas as categorias e todas as centrais, na ACV de todo o ciclo (fronteira agricultor-destinação), os cenários simulados utilizaram como possíveis perspectivas de destinação final: a perspectiva de C5 (seleção de destinadoras mais próximas a central) e o cenário atual para que pudessem ser realizadas as devidas comparações.

Comparando as centrais, verifica-se que o comportamento dos cenários foi bastante semelhante em todos, sendo que para a central de Capão do Leão, em que as distâncias percorridas são maiores, qualquer uma das possibilidades propostas são melhores que o processo atual. Como, para o caso de Ituverava, o aterro fica próximo a central, C2 apresenta melhores resultados em muitas categorias, mas o resultado em toxicidade humana se mantém com elevado aumento percentual, em comparação ao cenário atual. Os resultados de Piedade e Piracicaba, por possuírem características semelhantes são muito parecidos.

### 5.3 ACV da Fronteira Agricultor-Destinação

Nesta avaliação foram quantificadas as categorias de impacto para cada cenário descritos na seção 4.6.

É importante ressaltar que nesta ACV as embalagens são destinadas da mesma forma que os procedimentos atuais: embalagens não contaminadas enviadas para recicladoras e contaminadas para incineração. As alterações por cenários estão ligadas a quantidade de transporte realizada, isto é, a quantidade de carga e a distâncias percorridas.

Essas alterações são realizadas através da combinação de três propostas básicas: inserção da prensa nos postos, descentralização e modificação do local das destinadoras. Para a central de Ituverava há uma proposta adicional: a introdução de um novo posto na cidade de Morro Agudo que está localizada nas proximidades das usinas que mais destinam embalagens para a central.

Assim, todos os impactos relacionados as categorias são causas diretas do transporte

Lembrando que A é o cenário atual, B é o cenário atual com destinadoras próximas, C representa o cenário atual com prensa e destinadoras associadas ao inpEV, D o cenário atual com prensa e destinadoras próximas, E é o cenário sem central, com prensa e destinadoras associadas ao inpEV, F sem central, com prensa e destinadoras próximas, G representa a criação do posto de Morro Agudo, com utilização de prensas nos postos e destinadoras associadas ao inpEV e, para H, foi alterada apenas as destinadoras para mais próximas.

A seguir serão apresentadas as análises para cada central.

#### 5.3.1 *Central de Capão do Leão*

Com os resultados obtidos por meio dessa ACV, para esta central, observa-se que todos os cenários contribuem para diminuir os impactos em todas as categorias tratadas, em relação ao processo atual efetuado para destinação das embalagens.

Os resultados relativos aos valores absolutos dessa central, referente ao ano de 2017 é apresentado na Tabela 5-38. Os resultados dos demais anos estão presentes nos Apêndices.

Tabela 5-38 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2017

Categorias de Impacto	Unidade	A	B	C	D	E	F
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,88E+06	1,45E+06	1,84E+06	1,41E+06	1,72E+06	1,37E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	4,93E+03	3,69E+03	4,81E+03	3,57E+03	4,45E+03	3,45E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	9,26E+04	8,01E+04	9,23E+04	7,97E+04	8,67E+04	7,84E+04
For. de foto-oxidantes	kg NMVOC	7,12E+03	5,24E+03	6,95E+03	5,07E+03	6,39E+03	4,89E+03
For. de mat. particulada	kg PM10	1,95E+03	1,41E+03	1,90E+03	1,36E+03	1,74E+03	1,31E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	3,74E+02	2,86E+02	3,73E+02	2,86E+02	3,29E+02	2,77E+02

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

As maiores reduções estão na categoria de depleção fóssil. Os valores de redução nesse quesito podem ser explicados pela diminuição de transporte que ocorre nos cenários propostos, reduzindo assim a necessidade de combustíveis fósseis.

A Tabela 5-39 apresenta uma comparação entre o cenário atual com os demais cenários para todas as categorias estudadas. Valores negativos representam uma redução percentual nos valores dos danos ao meio ambiente ou, em outras palavras, indicam impacto ambiental positivo.

Tabela 5-39 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Capão do Leão (2014 - 2017)

	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	Mudança Climática	B	-25,7	-26,7	-22,8
	C	-5,3	-2,4	-2,3	-2,3
	D	-28,2	-29,1	-25,1	-25,1
	E	-6,9	-8,3	-3,6	-8,5
	F	-29,9	-30,8	-26,8	-27,2
Acidificação Terrestre	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-26,3	-27,7	-24,0	-25,2
	C	-6,0	-2,3	-2,2	-2,4
	D	-28,7	-30,0	-26,3	-27,6
	E	-7,3	-8,9	-4,1	-9,7
	F	-30,5	-31,8	-28,1	-30,0
Toxicidade Humana	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-28,9	-18,1	-24,9	-13,6
	C	-5,4	-0,5	-0,8	-0,4
	D	-29,7	-18,6	-25,6	-14,0
	E	-10,5	-7,2	-6,7	-6,4
	F	-31,8	-19,8	-27,6	-15,4
Formação de foto-oxidante	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-27,6	-29,1	-25,2	-26,4
	C	-6,6	-2,3	-2,3	-2,4
	D	-30,0	-31,4	-27,4	-28,8
	E	-7,8	-9,4	-4,4	-10,3
	F	-31,9	-33,3	-29,3	-31,3

Formação de matéria-particulada	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-30,3	-30,6	-27,9	-27,6
C	-6,7	-2,4	-2,4	-2,5	
D	-32,9	-32,9	-30,3	-30,0	
E	-8,6	-10,0	-4,9	-10,8	
F	-35,0	-34,9	-32,4	-32,7	

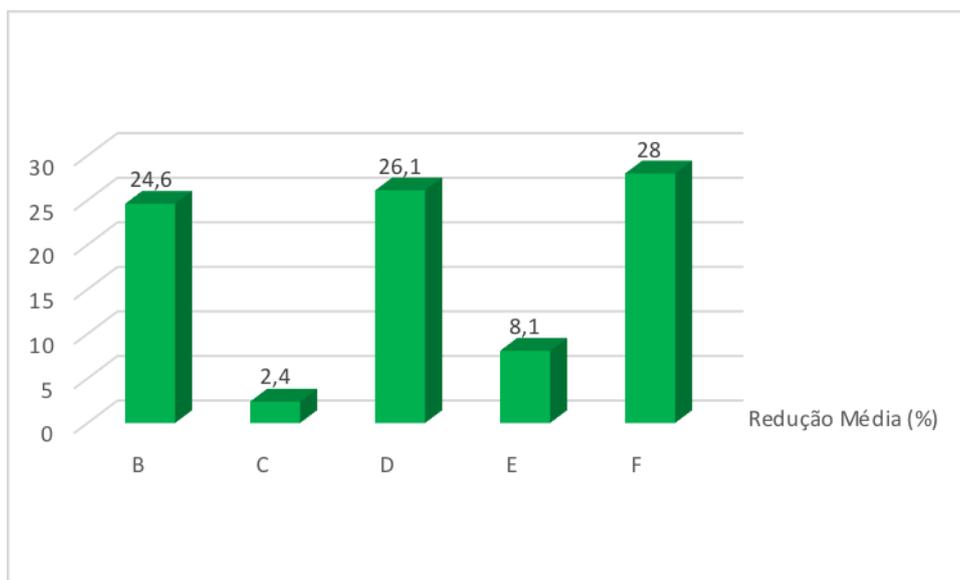
  

Depleção fóssil	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-43,5	-27,7	-41,9	-23,3
C	-5,3	-0,1	-0,1	-0,1	
D	-43,7	-27,8	-42,0	-23,4	
E	-17,4	-12,0	-13,2	-12,0	
F	-46,9	-29,8	-45,5	-25,9	

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

A Figura 5-1 apresenta as reduções médias dos danos ao meio ambiente, para cada um dos cenários, em comparação com A.

Figura 5-1 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Capão do Leão



Fonte: Elaborada pela autora. Em que: B – atual com destinadoras próximas; C – atual com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

É possível observar também que há uma ordem entre os cenários. O contexto F apresenta as maiores reduções em todos quesitos, seguidos dos cenários D, B, E e C, respectivamente. Essa ordem não representa a classificação crescente de distância

percorrida pelos respectivos cenários: F, D, C, B e E. Assim, pode-se constatar que essa variável é importante, mas não é o único fator que influencia nos valores de impactos.

O cenário C, apesar de ser o terceiro de menor distância percorrida é o que apresenta a menor redução média - de apenas 2,4% - em comparação com o A. Isto mostra que a introdução da prensa nos postos não é tão significativa para a mitigação de impactos ambientais. O que pode ser explicado pelo fato de que com os invólucros prensados os caminhões podem carregar uma carga maior, saindo de 850 kg em A para até 13 toneladas nesse cenário, e com o aumento da massa transportada há uma significativa majoração no consumo de combustíveis fósseis, causando danos ao meio ambiente e tornando esse cenário pouco efetivo nas reduções dos impactos. Defra (2009) apresenta uma tabela mostrando que o aumento da carga eleva a quantidade de emissão de kg CO<sub>2</sub> eq, oriunda do incremento no consumo de diesel.

O cenário E, mesmo atingindo maiores valores para as distâncias percorridas é ambientalmente melhor que o C. A diferença entre esses cenários é que em E ocorre a descentralização, ou seja, ao contrário de C, não há nesse cenário viagens entre postos e centrais e sim apenas entre postos e destinadoras. Essa redução no número de viagens pode então explicar a superioridade desse cenário, nessa comparação.

O cenário B que difere de A apenas no final do ciclo, com a central entregando as embalagens em destinadoras mais próximas, também reduziu os valores dos danos ao meio ambiente de forma mais efetiva que C. Assim, a redução das distâncias apenas no trecho derradeiro gerou resultados melhores, do ponto de vista dos danos ambientais, que a utilização da prensa. Novamente, a grande diferença nesse caso é o aumento da carga e do consumo de combustível das viagens.

Outro fato que também indica a pouca efetividade da introdução das prensas nos postos é a proximidade dos valores dos cenários B e D em todos as categorias, para todos os anos. As diferenças de redução percentuais não ultrapassam 2,5% em nenhum dos casos, sendo a diferença entre as médias de apenas 1,5%.

Os três cenários que tiveram as maiores reduções nos danos ao meio ambiente, F, D e B, são aqueles em que as destinadoras são próximas.

Se compararmos os cenários B, C e E com A, pode-se identificar quais das três propostas de alteração, para essa central, apresentou maiores reduções dos impactos ambientais. A introdução da prensa (cenário C) representou diminuições entre 0,1 e 6,7%,

a descentralização (cenário E) entre 2,9 e 17,4%, enquanto que a entrega em destinadoras mais próximas (cenário B) atingiu minorações de 9,4 a 43,5%.

Desta forma, para esta central que, dentre as estudadas, é a que está atualmente mais distante das suas destinadoras finais, a proposta de alteração que apresenta os melhores resultados, do ponto de vista dos impactos ambientais, é a mudança das destinadoras da central, seguidas da descentralização e da introdução de prensa nos postos, respectivamente. Sendo que, o melhor cenário é aquele que contém todas as propostas de alterações, o F.

### 5.3.2 *Central de Ituverava*

Os valores absolutos para essa unidade de recebimento são inferiores a unidade anterior, já que as distâncias percorridas e o número de embalagens destinadas são também menores.

Em valores absolutos, os maiores danos ambientais ocorrem em mudança climática, como ilustra a Tabela 5-40.

Tabela 5-40 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2017

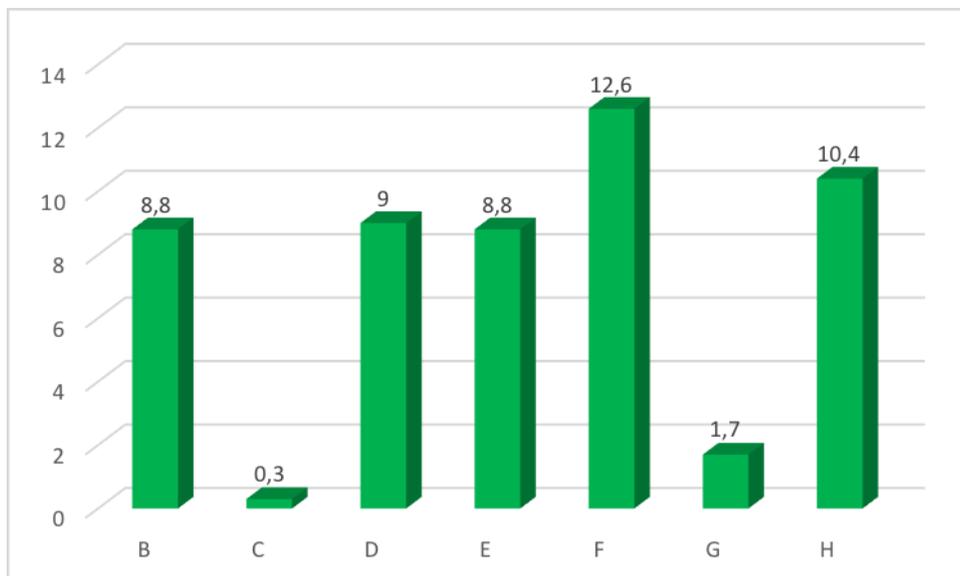
<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
Mud. climática	kg CO <sub>2</sub>	8,0E+05	7,3E+05	7,9E+05	7,3E+05	7,6E+05	7,1E+05	7,9E+05	7,2E+05
Acidificação ter.	kg SO <sub>2</sub>	2,3E+03	2,1E+03	2,2E+03	2,1E+03	2,1E+03	2,0E+03	2,2E+03	2,0E+03
Tox. humana	kg 1,4-DB	2,6E+04	2,4E+04	2,6E+04	2,4E+04	2,4E+04	2,3E+04	2,6E+04	2,4E+04
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	3,2E+03	2,9E+03	3,2E+03	2,9E+03	3,0E+03	2,8E+03	3,1E+03	2,8E+03
For. de mat. Part.	kg PM10	8,3E+02	7,4E+02	8,2E+02	7,4E+02	7,7E+02	7,1E+02	8,1E+02	7,3E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	1,1E+02	9,9E+01	1,1E+02	9,9E+01	9,9E+01	9,4E+01	1,1E+02	9,8E+01

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas; G – atual com prensa nos postos e com um novo posto em Morro Agudo; H – idem G com destinadoras próximas.

Comparando os cenários com o procedimento atual (cenário A) é possível observar que há redução nos valores dos danos ao meio ambiente em todos os cenários para todas as categorias estudadas, como pode ser observado na Figura 5-2. As menores minorações ocorrem no cenário C, em acidificação terrestre, com valores entre 0,02 e 0,04%. Contudo,

se compararmos com a central de Capão do Leão, as diminuições percentuais, de todas as categorias, são inferiores.

Figura 5-2 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Ituverava



Fonte: Elaborada pela autora. Em que: B – atual com destinadoras próximas; C – atual com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas; G – atual com prensa nos postos e com um novo posto em Morro Agudo; H – idem G com destinadoras próximas.

A depleção fóssil é o quesito que ainda apresenta maior redução percentual entre todos. Todavia, enquanto na central de Capão do Leão esses valores chegavam a 47%, nesta central não ultrapassa 29%.

Antes de analisar o comportamento dos cenários propostos para esta central, é importante lembrar que nesta ACV foram introduzidos mais dois cenários com uma proposta considerada pertinente: a inclusão de um novo posto em uma região da área de cobertura da central carente de uma unidade de recebimento. O cenário H representa essa inserção, com prensa e destinadoras próximas e o cenário G é tem as mesmas premissas, mas as destinadoras que são consideradas são as empresas do processo atual.

Avaliando as reduções médias, entre os cenários estudados, o F apresenta o melhor desempenho seguido de H, E, D, B, G e C, respectivamente. Essas duas últimas conjunturas não aparentam ser, em termos ambientais, as melhores escolhas para uma alteração de procedimentos para tratamento das embalagens. O cenário G consegue atingir no máximo 4,3% de redução enquanto C não alcança 1%, em nenhuma das categorias, conforme pode-se observar na Tabela 5-41.

Tabela 5-41 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Ituverava (2014 - 2017)

	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	Mudança Climática	B	-8,5	-8,9	-8,6
C		-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
D		-8,9	-9,3	-9	-8,7
E		-9,8	-8,6	-8,8	-5,1
F		-13	-12,5	-12,5	-11,4
G		-2,6	-1,9	-1,2	-1,5
H		-10,8	-10,8	-9,9	-9,9
Acidificação Terrestre		Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)
	B	-3,0	-2,6	-2,7	-2,5
	C	0,04	0,04	0,03	0,02
	D	-3,0	-2,7	-2,8	-2,5
	E	-3,7	-2,8	-3,0	-2,5
	F	-4,5	-3,7	-3,9	-3,5
	G	-4,3	-4,1	-0,1	-0,1
	H	-7,1	-6,7	-2,8	-2,6
Toxicidade Humana	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-8,9	-9,6	-9,2	-9,0
	C	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
	D	-9,3	-10,0	-9,6	-9,3
	E	-10,3	-9,3	-9,4	-5,6
	F	-13,6	-13,4	-13,3	-12,2
	G	-2,7	-2,0	-1,2	-1,5
	H	-11,3	-11,5	-10,5	-10,6
Formação de foto-oxidante	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-8,9	-9,6	-9,2	-9,0
	C	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
	D	-9,3	-10,0	-9,6	-9,3
	E	-10,3	-9,3	-9,4	-5,6
	F	-13,6	-13,4	-13,3	-12,2
	G	-2,7	-2,0	-1,2	-1,5
	H	-11,3	-11,5	-10,5	-10,6
Formação de matéria-particulada	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-10,2	-10,3	-10,4	-9,9
	C	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3
	D	-10,7	-10,7	-10,8	-10,2
	E	-11,8	-10,0	-10,6	-6,2
	F	-15,6	-14,4	-15,0	-13,4
	G	-3,1	-2,1	-1,4	-1,7
	H	-12,9	-12,4	-11,7	-11,6
Depleção fóssil	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-19,0	-10,1	-16,0	-11,6
	C	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1
	D	-19,3	-10,3	-16,1	-11,7
	E	-23,4	-10,7	-17,4	-11,5
	F	-28,9	-14,0	-22,7	-16,3
	G	-3,2	-1,1	-0,6	-0,6
	H	-21,5	-11,2	-16,6	-12,2

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas; G – atual com prensa nos postos e com um novo posto em Morro Agudo; H – idem G com destinadoras próximas.

O cenário E, nos anos de 2014 e 2016 apresentou maiores diminuições na categoria de depleção fóssil que o cenário H. Como nesses anos o percentual de embalagens incineradas é maior e, como no processo de incineração há a utilização de materiais fósseis, o transporte nesses dois períodos tem um peso menor nessa categoria, em comparação com 2015 e 2017. H possui menores valores para as distâncias percorridas que E, mas esse, por sua vez, como descentraliza o processo, tem um menor número de viagens. Essas diferenças, em 2014 e 2016, em depleção fóssil é mais favorável a E, o oposto ocorre em 2015 e 2017. Nas demais categorias, pode-se observar também que os cenários apresentam valores de reduções mais próximos nos anos em que foram incineradas uma maior quantidade de embalagens.

Novamente a ordem das menores distâncias percorridas H, F, D, B, G, E e C, não é equivalente a ordem dos cenários com menores danos ambientais.

Comparando os cenários A, B, C, E e G, pode-se concluir que, para essa central, a proposta de alteração que minimiza os impactos ambientais do processo é a descentralização (cenário E) capaz de reduções de 2,5 a 23,4%, na sequência aparece a utilização de destinadoras mais próximas (cenário B) com valores de diminuições entre 2,5 e 19%, seguida da inclusão de um novo posto em Morro Agudo/SP (cenário G) de 0,1 a 4,3% e, por fim, a introdução das prensas (cenário C).

A inclusão da prensa, novamente não se mostrou significativa para atingir o objetivo de minimizar os danos ao meio ambiente, uma vez que, nas comparações entre cenários A e C e cenários B e D, as diferenças de reduções foram sempre inferiores a 1%.

Comparando os cenários H com D, verifica-se que, com destinadoras mais próximas a central, a inclusão de um novo posto (cenário H) reduz os impactos ambientais em no máximo 2,2%. Enquanto que, na comparação entre F e D, observa-se que a descentralização é capaz de reduções mais significativas, atingindo até 7,2% na categoria depleção fóssil em 2014.

Nas comparações entre A e B, C e D, E e F, G e H, é possível observar que a entrega em destinadoras mais próximas sempre reduz os impactos ambientais. Porém, com a descentralização (cenários E e F), essa diferença não passa de 5,5%, ao passo que nas outras comparações ela atinge até 19%.

O melhor dos cenários para minimizar os danos ambientais (cenário F) é o que agrupa as duas melhores propostas dessa central: a descentralização e a entrega em destinadoras mais próximas.

### 5.3.3 *Central de Piedade*

Como essa central, em comparação com as duas anteriores, é a que destina uma menor quantidade de embalagens é a que possui menores valores absolutos dos impactos em todas as categorias. Sendo que, novamente, a de maior ordem de grandeza é a de mudanças climáticas

A tabela 5-42 apresenta os valores absolutos dos danos ao meio ambiente para as categorias estudadas no ano de 2017 dessa central.

Tabela 5-42 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2017

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	4,04E+05	3,94E+05	3,91E+05	3,82E+05	3,77E+05	3,76E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,00E+03	9,77E+02	9,68E+02	9,42E+02	9,29E+02	9,24E+02
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,29E+04	1,26E+04	1,27E+04	1,25E+04	1,23E+04	1,23E+04
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	1,43E+03	1,39E+03	1,37E+03	1,33E+03	1,31E+03	1,31E+03
For. de mat. Part.	kg PM10	3,58E+02	3,47E+02	3,44E+02	3,32E+02	3,26E+02	3,24E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	3,53E+01	3,34E+01	3,47E+01	3,28E+01	3,14E+01	3,13E+01

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

Todos os cenários apresentam reduções nos impactos ambientais, em todas as categorias, em comparação com o cenário A. Contudo, as diminuições para essa central, com exceção do cenário C, são menores em comparação com as anteriores, uma vez que as destinadoras estão mais próximas a essa unidade, fazendo com que as diferenças de transporte entre os cenários sejam menores que nos casos anteriores.

Para essa central, as reduções maiores não ocorrem sempre em depleção fóssil, como nos casos anteriores. Isso acontece apenas em 2015 e 2017, mas não em 2014 e 2016, quando é superada pelo quesito formação de matéria particulada. Essa central é a que possui os maiores percentuais de embalagens incineradas. Assim, em comparação com as unidades de recebimentos anteriores, como a quantidade de material incinerado é maior, o peso do processo de incineração é superior e, conseqüentemente, menor é o peso do transporte, na categoria depleção fóssil para essa central, já que para manter a fôrnalha das incineradoras em funcionamento são utilizados materiais de origem fóssil.

Tabela 5-43 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Piedade (2014 - 2017)

	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	Mudança Climática	B	-4,5	-3,1	-3,3
	C	-2,9	-3,1	-3,1	-3,2
	D	-7,5	-4,7	-5,5	-5,5
	E	-9,8	-8,3	-6,9	-6,6
	F	-10,0	-8,6	-7,2	-7,0
	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-5,5	-3,7	-4,2	-2,7
Acidificação Terrestre	C	-3,3	-3,5	-3,6	-3,5
	D	-8,9	-4,9	-6,7	-6,2
	E	-11,7	-9,7	-8,4	-7,5
	F	-11,9	-10,0	-8,8	-8,0
	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-2,5	-2,8	-2,1	-2,1
Toxicidade Humana	C	-0,8	-1,3	-0,9	-1,3
	D	-3,3	-2,0	-2,4	-3,4
	E	-4,7	-6,1	-3,4	-4,8
	F	-4,7	-6,3	-3,5	-5,0
	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-5,9	-4,0	-4,6	-2,8
Formação de foto-oxidante	C	-3,5	-3,6	-3,7	-3,6
	D	-9,4	-4,8	-7,1	-6,5
	E	-12,4	-10,2	-8,9	-7,9
	F	-12,7	-10,6	-9,3	-8,4
	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-6,3	-4,5	-4,9	-3,2
Formação de matéria-particulada	C	-3,6	-4,0	-4,0	-4,1
	D	-9,9	-5,7	-7,5	-7,3
	E	-13,1	-11,5	-9,5	-8,9
	F	-13,4	-11,9	-10,0	-9,5
	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-5,2	-7,3	-4,4	-5,2
Depleção fóssil	C	-0,8	-1,7	-1,0	-1,8
	D	-6,0	-5,0	-4,5	-7,0
	E	-9,0	-14,5	-6,8	-10,9
	F	-9,1	-14,8	-7,0	-11,2

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

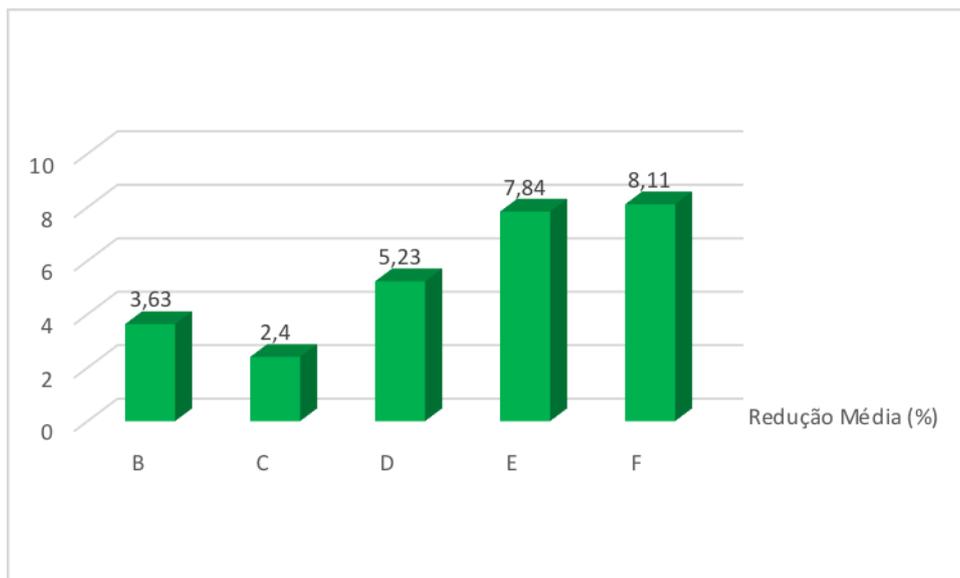
Os anos de 2014 e 2016 foram os que apresentaram os maiores percentuais de embalagens incineradas, em comparação com os demais períodos estudados. Desta forma, a categoria depleção fóssil sofreu nesses anos reduções percentuais nos danos ambientais menores que em 2015 e 2017.

A ordem decrescente de reduções dos cenários, neste caso é F, E, D, B e C, enquanto a ordem de distâncias percorridas é F, E, D, C e B. Desta forma, essa central,

entre as tratadas até agora, é a que as distâncias percorridas parece influenciar mais diretamente os impactos ambientais do processo.

Nesse caso, as diferenças entre os cenários são menores que nos casos anteriores. O melhor cenário continua sendo F e o pior C. Mas aqui a diferença entre ambos é de no máximo 10,7%, valor que era superior a 28% em Ituverava e maior que 40% em Capão do Leão.

Figura 5-3 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Piedade



Fonte: Elaborada pela autora. Em que: B – atual com destinadoras próximas; C – atual com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

Como as distâncias as destinadoras são menores para Piedade, estando algumas inclusive dentro da área de cobertura da central, a proposta de mudar a entrega para empresas mais próximas influencia menos nesse caso que nos anteriores.

Isso pode ser verificado quando comparamos A e B, C e D, E e F. As reduções nessas comparações é de no máximo 7,3%, ao passo que, em Capão do Leão esse valor era de 43,5% e em Ituverava 19%.

Comparando A e C para avaliar da inclusão de prensas nos postos, observa-se que a diferença máxima entre os cenários é de até 4,1%. Trata-se ainda da proposta com menor redução nos índices, mas esse valor é superior ao mesmo de Ituverava, por exemplo.

O processo de descentralização, assim como em Ituverava, continua sendo, dentre as propostas, a que apresenta os melhores resultados na minoração dos danos ambientais. Se compararmos C e F, por exemplo, a diferença máxima de reduções pode chegar a 13,1%, como ocorre na categoria depleção fóssil em 2015.

Outro fator que reforça a vantagem da descentralização é que os dois cenários com menores valores dos impactos são justamente E e F que não apresentam a figura da central, mostrando que essa proposta é superior as demais, nessa unidade de recebimento. Isso pode ser explicado também pelo fato de que essa central, dentre as estudadas, é a que possui mais postos associados: 10. Ou seja, há muitas viagens entre postos e centrais que, com a descentralização, são eliminadas.

Assim, as melhores propostas de alterações no processo, para essa central são: descentralização, seguida da entrega em destinadoras mais próximas e da inclusão da prensa, respectivamente. O melhor dos cenários, F, é o que traz todas essas três propostas, mas seu contraste com o cenário E, que segue utilizando as destinadoras atuais, é pequeno, com diferenças inferiores a 1% nas reduções dos impactos ambientais, em relação ao atual cenário.

#### 5.3.4 *Central de Piracicaba*

A central de Piracicaba é a que possui os menores valores de distâncias percorridas, como está apresentado no inventário, porém como recebe mais embalagens que a central de Piedade, apresenta valores absolutos de danos ambientais maiores que ela. Da mesma forma que nos casos anteriores, a categoria de maiores valores absolutos é mudança climática. Isso pode ser verificado na Tabela 5-44, referente aos impactos do ano de 2017 dessa unidade de recebimento.

Tabela 5-44 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2017

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	7,69E+05	7,35E+05	7,54E+05	7,17E+05	7,17E+05	7,12E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	2,07E+03	1,97E+03	2,03E+03	1,92E+03	1,92E+03	1,91E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	3,52E+04	3,42E+04	3,50E+04	3,39E+04	3,38E+04	3,37E+04
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	2,95E+03	2,80E+03	2,89E+03	2,73E+03	2,73E+03	2,71E+03
For. de mat. Part.	kg PM10	7,75E+02	7,32E+02	7,58E+02	7,12E+02	7,11E+02	7,06E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	1,32E+02	1,25E+02	1,32E+02	1,24E+02	1,24E+02	1,23E+02

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

Assim como Piedade, essa central apresenta reduções menos acentuadas nos valores das categorias, em comparação com o cenário atual, que as unidades de Capão do Leão e Ituverava, já que também é mais próxima das recicladoras e incineradoras.

Ainda assim, todos os cenários são capazes de reduzir os danos ao meio ambiente. Em especial na categoria depleção fóssil que é a mais sofre diminuições nos anos 2014 e 2015. Isso não ocorre em 2016 e 2017 quando é ultrapassado por formação de matéria particulada. A explicação nesse caso, é a mesma dos anteriores, uma vez que em 2016 e 2017 foram os anos em que a central encaminhou os maiores percentuais de embalagens a incineração.

A ordem decrescente dos cenários, em relação as reduções dos cenários para essa central é: F, D, E, B e C para as categorias mudança climática, acidificação terrestre, formação de foto-oxidantes e formação de matéria particulada. Para as categorias, toxicidade humana e depleção do ozônio, o cenário E apresenta reduções maiores que D. Na média global, o cenário E apresenta 0,15% a mais de diminuições nos danos ao meio ambiente, em comparação com o procedimento atual.

É possível reparar que os cenários D e E possuem diferenças de reduções muito próximas em todas as categorias. Enquanto o cenário D tem a figura da central e encaminha suas embalagens a destinadoras mais próximas, E apresenta os postos entregando diretamente nas recicladoras e incineradoras atuais do sistema. Essas diferenças, que em relação as distâncias percorridas favorecem D, não parece ser muito significativa. Isso pode ser explicado pelo fato de que, entre todas as unidades estudadas, a de Piracicaba é a que possui postos mais próximos a central e, assim como Piedade, as destinadoras atuais não são tão mais distantes que as mais próximas escolhidas no cenário D quanto são para as unidades de Capão do Leão e Ituverava.

A comparação entre B e D também mostra que as diferenças são pequenas. A redução média de D é 1,5% maior que a de B e a diferença entre as máximas é de 1,2%. Quando se compara A e C, a maior diferença é de 2,4%, enquanto que a média de reduções de C é 1,4% menor. Esses dois confrontos mostram que a introdução da prensa novamente não altera substancialmente os danos ao meio ambiente nesse processo.

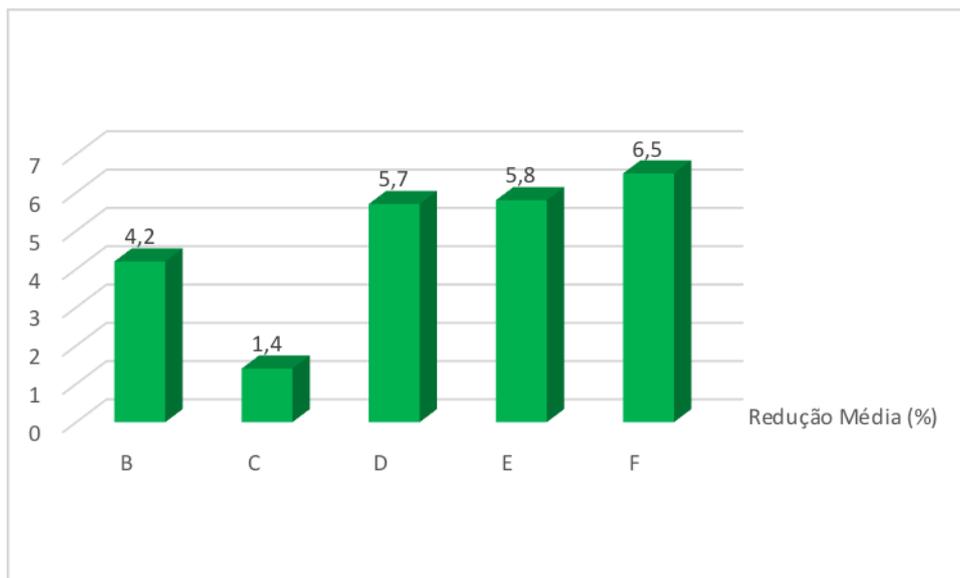
Tabela 5-45 - Comparação entre cenários propostos e atual - central Piracicaba (2014 - 2017)

Mudança Climática	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-4,9	-4,2	-3,0	-4,4
	C	-2,1	-2,2	-1,8	-2,0
	D	-7,1	-6,4	-4,8	-6,7
	E	-6,8	-6,1	-5,3	-6,8
	F	-7,6	-6,9	-6,0	-7,4
Acidificação Terrestre	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-5,1	-4,3	-3,3	-4,8
	C	-2,1	-2,1	-1,7	-2,0
	D	-7,1	-6,4	-5,0	-7,1
	E	-6,9	-6,1	-5,6	-7,2
	F	-7,7	-6,9	-6,3	-7,9
Toxicidade Humana	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-5,9	-3,5	-1,6	-2,9
	C	-1,2	-0,8	-0,3	-0,6
	D	-7,1	-4,3	-1,9	-3,6
	E	-7,2	-4,3	-2,4	-3,8
	F	-8,0	-4,8	-2,7	-4,2
Formação de foto-oxidante	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-5,4	-4,6	-3,5	-5,1
	C	-2,1	-2,2	-1,7	-2,1
	D	-7,5	-6,8	-5,3	-7,5
	E	-7,2	-6,5	-6,0	-7,6
	F	-8,1	-7,3	-6,7	-8,3
Formação de matéria-particulada	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-6,2	-4,1	-3,7	-5,5
	C	-2,4	-1,4	-1,8	-2,2
	D	-8,6	-6,5	-5,5	-8,1
	E	-8,3	-6,1	-6,3	-8,3
	F	-9,3	-7,0	-7,0	-9,0
Depleção fóssil	Cenários	2014 (%)	2015 (%)	2016 (%)	2017 (%)
	B	-11,1	-5,9	-2,8	-5,3
	C	-1,2	-0,7	-0,2	-0,6
	D	-12,3	-6,7	-3,0	-6,2
	E	-12,8	-6,9	-3,9	-6,7
	F	-14,2	-7,7	-4,3	-7,2

Fonte: Elaborada pela autora. Em que: A – atual; B – atual com destinadoras próximas; C – idem A com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

A alteração das destinadoras com a figura da central é mais significativa do que com a descentralização. A primeira proposta pode ser verificada com a comparação entre C e D, enquanto a segunda com o confronto entre E e F. A diferença na primeira dessas comparações pode ultrapassar os 10%, como na categoria depleção fóssil em 2014, enquanto que a maior diferença entre E e F é de 1,4% nesse mesmo quesito e período.

Figura 5-4 - Comparação entre os cenários - Redução percentual média em relação ao cenário A - Piracicaba



Fonte: Elaborada pela autora. Em que: B – atual com destinadoras próximas; C – atual com prensa nos postos; D – idem B com prensa nos postos; E – sem central com prensa nas unidades e destinadoras atuais; F – idem E com destinadoras próximas.

A descentralização com as atuais destinadoras pode reduzir os impactos ambientais em até 12,8% (comparação entre A e E), enquanto que com as destinadoras próximas (comparação entre B e F) a maior diferença é de 3,1%.

Como F é o cenário dos menores impactos ambientais em todas as categorias, é possível inferir que a descentralização é a ainda a melhor das propostas para essa central, seguida de muito perto pela alteração das destinadoras e, bem mais distante da inclusão da prensa. Contudo, incluir as duas melhores propostas (descentralização e destinadoras próximas) ou apenas uma delas apresenta resultados muito similares.

## 6 CONCLUSÕES

Este trabalho realizou uma avaliação do ciclo de vida (ACV) do processo de logística reversa empregado atualmente às embalagens vazias de agrotóxicos gerenciadas no país pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV).

Esse estudo mostrou que:

- Entre as categorias de impacto avaliadas, a de mudança climática apresentou as maiores ordens de grandeza em todas as análises realizadas, indicando que o processo vigente pode interferir diretamente na geração de GEE;
- Um dos principais agentes causadores dos danos ao meio ambiente é o excesso de transporte existente na logística reversa atual, visto que os cenários em que são reduzidas as distâncias percorridas apresentam redução nos impactos ambientais;
- Em relação a fronteira central-destinação, para as centrais mais distantes das destinadoras associadas ao inpEV, como no caso da central Capão do Leão, qualquer cenário proposto pode melhorar o processo vigente de destinação, em muitas das categorias avaliadas;
- O cenário mais efetivo, nessa fronteira, é aquele que inclui no sistema destinadoras mais próximas as centrais. Esse cenário foi o único capaz de reduzir os impactos ambientais em todas as categorias estudadas, para todos os anos e unidades de recebimento, atingindo, para Capão do Leão, valores de diminuição entre 15,9 a 42,5%.
- Para a fronteira agricultor-destinação, a utilização de prensas nos postos, apesar de atingir resultados melhores na redução dos impactos ambientais em comparação com o processo atual, não apresentou decréscimos expressivos. Sendo a proposta menos efetiva, em comparação com as demais, em todos os casos;
- As propostas de descentralização e utilização de destinadoras mais próximas se mostraram muito mais vantajosas nas reduções dos impactos, em especial quando combinadas;

- Para a central de Capão do Leão, a melhor proposta foi a de se reduzir as distâncias às destinadoras, uma vez que, mesmo com a descentralização, mantendo-se as atuais recicladoras e incineradoras, as distâncias percorridas ainda apresentam valores significativamente superiores;

- A inclusão do novo posto para a central de Ituverava pode auxiliar nas reduções dos impactos. Essa proposta, porém, não é tão competente quanto a descentralização, uma vez que se pode diminuir consideravelmente, com essa proposta, a quantidade de viagens realizadas;

- Como as centrais de Piedade e Piracicaba estão mais próximas das atuais destinadoras, as reduções nos cenários foram menos significativas para essas duas unidades. Para essas, a combinação das propostas: descentralização e destinadoras próximas, mostrou-se a melhor opção.

Com base nesses resultados, sugere-se as seguintes propostas para a melhoria da logística reversa atual:

- A inclusão no sistema de destinadoras mais próximas as unidades de recebimento;
- Integrar ao elo da logística reversa mais unidades de recebimento independentes entre si, estimulando a descentralização;
- Como cada região em que as centrais estão inseridas possuem características distintas, é necessário que os procedimentos também sejam específicos, contemplando as particularidades. Assim, deve ser realizado um estudo para que sejam levantadas as melhores opções dentre as aqui estudadas ou não que capazes de reduzir os impactos ambientais.

A ACV se mostrou importante na implementação de processos como esse, uma vez que é capaz de apontar os possíveis danos ao meio ambiente que podem ser causados pela atividade humana e simular possibilidades de alterações que levem a reduções desses impactos.

Para trabalhos futuros sugere-se a análise de incerteza dos resultados dos cenários para cada região avaliada e uma análise de sensibilidade da carga dos caminhões, uma vez que eles podem transportar de dez a treze toneladas. Podem também ser realizados estudos de outras centrais de destinação, especialmente em locais que estão mais distantes das destinadoras do sistema, como estados das regiões norte e nordeste, com o objetivo de se

identificar a realidade dessas localidades e indicar outros cenários e propostas de melhorias no processo. Outro fator que pode ser avaliado mais profundamente é a viabilidade financeira das implantações de diferentes cenários;

Espera-se que esse trabalho possa contribuir para a difusão de conhecimentos na área de saneamento ambiental e que possa colaborar para a otimização, do ponto de vista da redução dos danos ambientais, desse processo e de outros similares.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÍN, R.; LACA, A.; LACA, A.; DÍAZ, M. Environmental assesment of intensive egg production: A Spanish case study. **Journal of Cleaner Production**, 179, pp. 160-168. 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Classifica os resíduos sólido. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.968:** Apresenta procedimentos para a lavagem de embalagens vazias de agrotóxicos. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.719:** Trata do procedimento para embalagem vazia de agrotóxico – Destinação final de embalagem lavada. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.564:** Apresenta requisitos e métodos de ensaios de embalagens de produtos perigosos – Classes 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9: Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.935:** Trata do procedimento para embalagem vazia de agrotóxico – Destinação final de embalagem não lavada. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:** Classifica os resíduos sólido. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.001:** Sistemas da gestão ambiental: requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.040:** Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS E NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.044:** Gestão Ambienta – Avaliação de Ciclo de vida – Princípios e Requisitos e Orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Guia para elaboração de rótulo e bula de agrotóxicos, afins e preservativos de madeira. Brasília, 2018.

ALENCAR, J. A. *et al.* Descarte de embalagens de agrotóxicos. **Pesticidas: Revista ecotoxicologica e meio ambiente**. V.8. Curitiba, 1998.

ALVARENGA, R. *et al.* Critérios para recomendar modelos de caracterização de AICV no Brasil. **Anais: V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de vida**. Fortaleza, 2016.

ANCIER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Análise comparativa do ciclo de vida das telhas cerâmicas versus telhas de concreto. Relatório final – ANCIER, 2011.

BARE, J. C. TRACI 2.0 - The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts. **Clean Technologies and environmental policy**. Springer-Verlag, New York, NY, 13(5):687-696, 2011.

BARE, J. C.; UDO de HAES, H. A.; HOFSTETTER, P.; PENNINGTON, D. W. Midpoint versus e Endpoints: The Sacrifices and Benefits. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. V. 5 (6), 2000.

BAUER, P. E. Metodologia e procedimentos para a consideração ambiental no projeto de processos químicos. Tese de doutorado. Unicamp, 2003.

BENRABAH, Z.; THIBAUT, F.; DIRADDO, R. **Finite Element Modeling of fuel emission for thermoplastic multilayer fuel tanks with optimization of barrier properties**. SAE Technical Paper, 2006.

BORGES, F. J. Inventário do ciclo de vida do PVC produzido no Brasil. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

BOUSTEAD, I. LCA – How it Came About: the beginning in the U. K. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 1(3), 1996.

BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília. 1989.

BRASIL. Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília. 1990

BRASIL. MINISTÉRIO DE ESTADO DOS TRANSPORTES. Portaria nº 204, de 20 de maio de 1997. Brasília. 1997.

BRASIL. Lei nº 9.974, de 06 de junho de 2000. **Diário Oficial da União**, Brasília. 2000.

BRASIL. Lei nº 10.308, de 02 de novembro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília. 2001.

BRASIL. Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília. 2002.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Recurso em Mandado de Segurança nº 25.399 – MS. Relator: Min. Denise Arruda. Julgado em 17 de fevereiro de 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010- Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília. 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 334, de 03 de abril de 2013. **Diário Oficial da União**. Brasília. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução CONAMA nº 465, de 05 de dezembro de 2014. **Diário Oficial da União**. Brasília. 2014.

BRITO, M.; DEKKER, R. A framework for Reverse Logistics. **ERIM Report Series Research in Management**. 2003.

BROGLIO-MICHELETTI, S. M. F. *et al.* Ação de alguns produtos fitossanitários para adultos de *trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciências Agrotécnicas**. v. 30. 2006.

CANDIOTTO, I. Z. P. Organic products policy in Brazil. **Land Use Policy**. V. 71. 2018.

CAMPO LIMPO PLÁSTICOS. Produtos. 2008. Disponível em < <http://www.campolimpoplasticos.com.br/produtos/nossos-produtos.aspx> > acesso em 07 de mai. de 2019.

CARVALHO, de M. M. X; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. “Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950 – 2002. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**. V.24 (1). Rio de Janeiro, 2017.

CARSON, R. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1964.

CEC – Comissão European Communities – **Política Integrada de produtos – Desenvolvimento de uma reflexão ambiental centrada no ciclo de vida**. Bruxelas, 2004.

CEC – Comissão European Communities – **Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos**. Bruxelas, 2011.

CEPIS – CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITÁRIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE. **Manual de destinação final de embalagens vazias de produtos fitossanitários**. São Paulo, 1998.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Emissões veiculares no estado de São Paulo**. CETESB, 2018.

CAN – CONFEDERAÇÃO DA AGRONOMIA E PECUÁRIA DO BRASIL. PIB e performance do agronegócio. Brasília, 2016.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos** – ferramenta gerencial da ISO 14.000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

CHIQUETTI, S. C. Eficiência da tríplice lavagem em unidades de recebimento de embalagens de agrotóxicos. Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP. Campinas, 2005.

CIVANCIK-USLU, D.; HAUSCHILD, M.; PUIG, R.; FULLANA-I-PALMER, P. Life cycle assessment of carrier bags and development of a littering indicator. **Science of the total environment**. V. 685. 2019.

COSTA, L.; MENDONÇA, F. M; SOUZA, R. G. de. O que é Logística Reversa. In: VALLE, R; SOUZA, R. G. de. (Orgs). **Logística reversa: processo a processo**. São Paulo: Atlas, 2017.

COSTA D., QUINTEIRO P., DIAS A.C. A systematic review of life cycle sustainability assessment: Current state, methodological challenges, and implementation issues. **Science of the Total Environmental**. V. 686. 2019.

CRAWFORD, R. H. **Life Cycle Assessment In The Built Environment**. Spon Press, New York, 2011.

CURRAN, M. A. Life cycle assessment: a review of the methodology and its application to sustainability. **Current Opinion in Chemical Engineering**. V.2, n. 3. 2013.

DARÉLLA, M.S. Os cultivos de arroz, fumo e banana na sub-bacia do córrego Garuva, Sombrio-SC, a utilização dos agrotóxicos e sua implicação na saúde dos trabalhadores. Dissertação de mestrado. UFSC. 2001.

DEFRA – DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS. **2013 Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors**. 2013.

DE MELO PEREIRA, R., DE ARAUJO, M.C., LABINAS, A.M. The farmer's knowledge in Arealva, Sp, Brazil about rules of agrochemicals use. **Revista Ambiente e Água**, V.11 (5), 2016.

DE OLIVEIRA, A.L.R., DE CAMARGO, S.G.C. Reverse logistics for empty agrochemical packages: Recognition of the determinants of success. **Interciencia**, V. 39 (11), 2014.

DENNY, R.L. Designing and implementing effective pesticide container stewardship programmes. **Outlooks on Pest Management**, V. 24 (6), 2013

EC/JRC – JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION. Aalysis of existing Environmental Impact Assessment methodologies for use in Life Cycle Assessment – background document. **ILCD Handbook – International Reference Life Cycle Data System**, European Union. 2010.

EIA – ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Method for calculating carbon sequestration by trees in urban and suburban settings**. Washington, 1998.

EVARISTO A.; BAPTISTA, G. C. de; MACIEL, E. Efeitos da tríplice lavagem na contaminação residual de embalagens de pesticidas I – parathion metílico. In: Congresso Brasileiro de Entomologia. **Anais: Sociedade Entomológica do Brasil**. Piracicaba, 1993a.

EVARISTO A.; BAPTISTA, G. C. de; MACIEL, E. Efeitos da tríplice lavagem na contaminação residual de embalagens de pesticidas II – Aldrin e detametrina. In: Congresso Brasileiro de Entomologia. **Anais: Sociedade Entomológica do Brasil**. Piracicaba, 1993b.

FARIA, N. M. X.; FACCHINI, L.A.; FASSA, A. G.; TOMASI, E. Processo de produção rural e saúde na serra gaúcha: um estudo descritivo. **Cadernos de Saúde Pública**. V. 16 (1). 2000.

FERREIRA, J. V. R. Análise do ciclo de vida dos produtos. Gestão Ambiental. **Instituto Politécnico de Viseu**, 2004.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M. Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal of Operations Management**. V91, 2009.

FULLER, D. A. e ALLEN, J. Reverse channel systems. In POLONSKY, Michael J., *et al.* (Eds.). **Environmental marketing: strategies practice, theory and research**. New York: Haworth Press, 1995.

GAGNARD, C. *et al.* Permeability of semucrystalline polymers to toluene/methanol mixture. **Journal of Applied Polymer Science**. v. 90, n. 10. 2003.

GIANELLI, B. F. Avaliação de ciclo de vida comparativo dos processos de anodização e oxidação eletrolítica com plasma de liga de alumínio. Doutorado. Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2014.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; TEODOSIO, A. S. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. **Production**. V. 16, n. 3. São Paulo, 2006.

GOEDKOOOP, M. *et al.* ReCiPe 2008 A life cycle assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. **National Institute for Public Health and the Environment**. 2009.

GOEDKOOOP, M.; SPRIENSMA, R. **Life cycle impact assessment – Methodology report**. Eco-Indicator 99 methodology report. 2000.

GUARNIERI, P. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. Recife: Clube de Autores, 2011.

GUINÉE, J. B. *et al.* **Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards**. Leiden University. 2001.

GUINÉE, J. B. *et al.* Life cycle assessment: past, present, and future. **Environmental Science and Technology**, v. 45, n. 3. Gothenburg, 2011.

HAUSCHILD, M. Z.; HUIJBREGTS, M. A. J. Introducing life cycle impact assessment. In: HAUSCHILD, M. Z.; HUIJBREGTS, M. A. J. (ed). **Life cycle impact assessment**. Springer. 2015.

HORNE, R. E. Life Cycle Assessment: origins, principles and context. In: HORNE, R.; GRANT, T. VERGHESE, K. **Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects**. CSIRO. Australia, 2009.

HUIJBREGTS M. A. J *et al.* ReCiPe 2016 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization. **National Institute for Public Health and te Environment**. 2017.

HUYGHEBAERT, B., MOSTADE, O., PIGEON, O., GALOUX, M., OGER, R. Rinsing and management of pesticides' containers. Mededelingen. **Rijksuniversiteit te Gent. Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen**), V. 67 (2), 2002.

HUNG, C.R.; ELLINGSEN, L.A-W., MAJEAU-BETTEZ, G. LiSET: A Framework for Early-Stage Life Cycle Screening of Emerging Technologies. **Journal of Industrial Ecology**. 2018.

HUNT, R. G. *et al.* Resource and Environmental Profile Analysis of Nine Beverage Container Alternatives. **EPA/530/SE-91c**. United States Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs, Washington DC, USA. 1974.

HUNT, R. G., SELLERS, J. D., FRANKLIN, W.E. Resource and Environmental Profile Analysis: A Life Cycle in Assessment for Products and Procedures. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 12, 1992.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Relatório de comercialização de agrotóxico**. Brasília, 2009.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores - PROCONVE**. Brasília, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do censo demográfico 2010. Rio de Janeiro, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal 2017. Rio de Janeiro, 2018.

IBRAHIM, U., MUKHTAR, A.A., IBRAHIM, F.B., LYOCKS, S.W.J. Assessment and management of used pesticide containers from farm lands in Kaduna State, Nigeria. **Journal of Solid Waste Technology and Management**, V. 42 (4), 2016.

ICEPA- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRICOLA DE SANTA CATARINA. Síntese anual da agricultura, 1991.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2006**. São Paulo, 2007. Disponível em < <https://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/capitulo1.pdf>> acesso em 30 de junho de 2019.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2010**. São Paulo, 2011. Disponível em < [http://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpev\\_ra\\_2010.pdf](http://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpev_ra_2010.pdf) > acesso em 15 de junho de 2019.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2012**. São Paulo, 2013. Disponível em < <http://relatoweb.com.br/inpev/2012/> > acesso em 15 de junho de 2019.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Manejo das Embalagens Vazias no Campo**. 2014. Disponível em < <http://www.inpev.org.br/logistica-reversa/manejo-das-embalagens-vazias-no-campo>> acesso em 15 de junho de 2019.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2015**. São Paulo, 2016. Disponível em < [https://www.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2015/pdf/RS2015\\_inpEV.pdf](https://www.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2015/pdf/RS2015_inpEV.pdf) > acesso em 15 de junho de 2019.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2016**. São Paulo, 2017. Disponível em < [https://www.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2016/pdf/inpEV\\_RS2016.pdf](https://www.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2016/pdf/inpEV_RS2016.pdf)> acesso em 15 de junho de 2019

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de sustentabilidade 2018**. São Paulo, 2019a. Disponível em < [https://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/InPev\\_RA2018.pdf](https://www.inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/InPev_RA2018.pdf) > acesso em 25 de junho de 2019

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Sobre o Sistema**. São Paulo, 2019b. Disponível em < <https://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/sobre-sistema/>> acesso em 26 de junho de 2019

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Financiamento do Sistema**. São Paulo, 2019c. Disponível em < <https://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/financiamento-sistema/>> acesso em 26 de junho de 2019

JOLLIET, O., MARGNI, M., CHARLES, R., HUMBERT, S., PAYET, J., REBITZER, G. & ROSENBAUM, R. IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. V. 8(6), 324-330. 2003.

JONES, K.A. The recycling of empty pesticide containers: An industry example of responsible waste management. **Outlooks on Pest Management**, V. 25 (2), 2014.

JUAN, L., FANG, L., ZICAN, L. Analysis on recycling mode of pesticide packaging waste at home and abroad-based on Chinese perspective. 21st IAPRI World Conference on Packaging 2018 - Packaging: Driving a Sustainable Future, 2019.

JRC. Life Cycle Thinking and Assessment for Waste Management. 2015. Disponível em <<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/waste-waste-LCA-LCT.pdf>> acesso em 19 de junho de 2019.

LABINAS, A.M., DE ARAUJO, M.C. Reverse logistics system and the role of government oversight for preservation of water and soil quality: The case of pesticide empty containers. **Revista Ambiente e Água**, V. 11 (4), 2016.

LADEIRA, W.J.; MAEHLER, A. E.; NASCIMENTO, L. F. M. Um Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. 2012.

LEITÃO, F.O., ALMEIDA, U.C.D. The cost of reverse logistics of agricultural pesticide packaging: A multihull study with the links responsible for the return of empty containers. **Custos e Agronegocio**, V. 15 (1), 2019.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2º ed. São Paulo: Pearson, 2009.

LEITE, P. R. **Logística Reversa**. 1ª edição. São Paulo: Saraiva, 2017.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil – Um guia para ação de defesa da vida**. 1 ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 117, p. 518-534, Jun. 2018.

KLÖPPFER W., RENNER, I. Life-Cycle Based Sustainability Assessment of Products. In: SCHALTEGGER, S. *et al.* **Environmental Management Accounting for Cleaner Production**. Springer, 2008. p. 91-102.

MACEDO, L.R., COLOMBELLI, G.L., PORTO, A., LORENZI JÚNIOR, D. Reverse Logistics of Agrochemical Packaging in the Association of Resellers Regional Pesticides of Rio Grande do Sul State Center (ARDEC). **Espacios**, V. 36 (18), 2015.

MACHADO NETO, J. G. Embalagens de agrotóxicos. Agosto de 2016. Notas de aula. Disponível em <<http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/JOAQUIMGONCALVESMACHADONETO/2a-aula---parte-a---embalagens-11-08-2016.pdf>> acesso em 27 de agosto de 2017.

MANZO, S., DONG, Y., MIRAGLIA, S., SALLING, K.B. How the inclusion of life cycle impacts affects transport cost-benefit analysis. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**. V. 18 (4), pp. 372-388. 2018.

MARNASIDIS, S., STAMATELATOU, K., VERIKOUKI, E., KAZANTZIS, K. Assessment of the generation of empty pesticide containers in agricultural áreas. **Journal of Environmental Management**, 224, 2018.

MILHORANCE, F. Brasil lidera o ranking de consumo de agrotóxicos. 2016. Disponível em <https://oglobo.globo.com/sociedade/saude/brasil-lidera-ranking-de-consumo-de-agrotoxicos-15811346> > acesso em 07 de junho de 2017.

MWATAWALA, M.W., YEYEYE, G.E. Education, training and awareness of laws as determinants of compliance with plant protection law: The case of pesticide use practices in Tanzania. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, V. 16 (1), 2016.

NOGUEIRA, V. B. M.; DANTAS, R. T. Gestão ambiental de embalagens vazias de agrotóxicos. **Revista Tema**. V. 14 (20). 2013.

OVAM – OPENBARE AFVALSTOFFENMAATSCHAPPIJ VOR HET VLAAMSE GEWEST. **Eco-Efficiency analysis of 4 types of drinking cups used at events**. Mechelen: OVAM, 2006.

PACHECO, E.B.; HEMAIS, C.A. Mercado para produtos reciclados à base de PET/HDPE/monômero. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**.1999.

PASCHOAL, A.D. **Praga, praguicida e a crise ambiental: problemas e soluções**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1979.

PIGNATI, W. A., *et al.* Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciênc. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10. 2017.

PIMENTEL, G., PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de impacto ambiental: aplicações seus limites. **Revida da Administração Pública**: Rio de Janeiro, 1992.

POHLEN T. L.; FARRIS M. T. Reverse Logistics in Plastics Recycling. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 22 (7). 1992.

POUOKAM, G.B., ALBUM, W.L., NDIKONTAR, A.S., SIDATT, M.E.H. A pilot study in cameroon to understand safe uses of pesticides in agriculture, risk factors for farmers' exposure and management of accidental cases. **Toxics**, V. 5 (4). 2017.

PRE – PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS. **Introduction into LCA with SimaPRO**. Suíça, 2016.

RAMOS, *et al.* Riscos do descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos. **VIII Sintagro**. Jales, 2016.

RANDO, J.C.M. The campo limpo system reverse logistics for empty containers of crop protection products. **Outlooks on Pest Management**, V. 24 (6), 2013.

RIBEIRO, P. H. L. Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio à avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados. Tese Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

RIEDER, A. *et al.* Periculosidade ambiental de pesticidas receitados entre as bacias platina e amazônica na virada para o século XXI. **Revista Brasileira de Promoção à Saúde**. v. 25. 2012.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. University of Nevada: Center for Logistics Management, 1998.

SHARAAI, H. A.; MAHMOOD, N. Z.; SULAIMAN, H. A. Life cycle impact assessment (LCIA) using EDIP 97 method: An Analysis of potential impact from potable water production. **Scientific Research and Essays**. 6. 5658-5670. 10.5897/SRE11.287. 2011.

SATO, *et al.* Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em Morangueiro. **Neotropical Entomology**. v. 31. 2002.

SCHNEIDER, R. C. S. *et al.* Análise do ciclo de vida aplicada à produção de bioetanol a partir de material lignocelulósico remanescente em dejetos bovinos. **Tecno-Lógica**, v. 20, n. 2. Santa Cruz do Sul, 2016.

STOCK, J. R.; LAMBERT, D. M. **Strategic Logistics Management**. 1ª ed. McGraw-Hill, 1987.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2a. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SHANMUNGAM, K.; TYSKLIND, M.; UPADHYAYULA, V. K. K. Use of Liquefied Biomethane (LBM) as a Vehicle Fuel for Road Freight Transportation: A Case Study Evaluating Environmental Performance of Using LBM for Operation of Tractor Trailers. **Procedia CIRP**. V. 69, pp. 517-522.2018.

SILVA, D. A. L. Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil. Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2012.

SILVA, D. A. L. Gestão do ciclo de vida de produtos por meio da avaliação e o monitoramento ambiental de processos de manufatura: procedimento e estudos de caso. Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2016.

SOUSA, S. R. **Normalização de Critérios Ambientais Aplicados à Avaliação do Ciclo de Vida**. Dissertação de Mestrado. UFSC, 2008.

SUBAK, S.; CRAIGHILL, A. The contribution of paper cycle to global warming. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**. V. 4 (2). 1999.

THORN, M.J; KRAUS, J. L.; PARKER, D. R. L Life-cycle assessment as a sustainability management tool: strengths, weaknesses, and other considerations. **Environmental Quality Management**. v. 20, n. 3, 2011.

UDO de HAES, H. A.; JOLLIET, O.; FINNVEDEN G.; HAUSCHILD M.; KREWITT W.; MÜLLER-WENK, R. Best available practice regarding impact categories and category indicators in life cycle impact assessment. Background document for the second working group on Life Cycle Impact Assessment of SETAC-Europe. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 4(3). 1999.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers. 2011. Disponível em:

<[https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER\\_synthesis\\_en.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf)>.  
Acesso em: 24 mai. 2019.

UNEP/SETAC/LIFE CYCLE INITIATIVE. **Towards a Life Cycle Sustainability Assessment: Making informed choices in products.** Nairobi, 2011.

USEPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY AND SCIENCE APPLICATIONS INTERNATIONAL CORPORATION. LCAccess – LCA 101. 2001.

VEIGA, *et al.* Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Caderno Saúde Pública**, 2006.

VEIGA, M.M. Flaws in Brazilian take-back program for pesticide containers in a small rural community. **Management Research News**, V. 32 (1), 2008.

VEIGA, M.M. Analysis of efficiency of waste reverse logistics for recycling. **Waste Management and Research**, V. 31, 2013.

VILLA, L., PIZZINI, L., VIGANO, G., FERIOLI, A., MARONI, M., RUGGERI, R., BARLASSINA, C., VANNINI, P., SALACRIST, L. Acute paraquat dermatitis occurring in a child after playing with a waste container. **Medicina del Lavoro**, V. 86 (6), pp. 563-568. 1995.

ZAMAGNI, A. *et al.* D20 Blue Paper on Life-Cycle sustainability Analysis, Deliverable 20 of Work Package 7 of the CALCAS project, 2009.

ZANIN, M.; MANCINI, S. D. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia.** EdUFScar, São Carlos, 2015.

WCED – WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our Common Future.** Genebra, 1987. Acessado em 08/06/2017 em <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

WIEDMANN, T; MINX, J. A definition of ‘carbon footprint’. **Technical Report**, v.7, n.1. Durham: USA, 2007.



## 8 APÊNDICES

### 8.1 Histórico da Avaliação do Ciclo de Vida

Na década de 1960, surgiram os primeiros estudos de impactos ambientais que versavam especialmente sobre comparativos de embalagens e produtos. Esses estudos investigavam qual produto que possuía mais vantagens sobre o outro, como, por exemplo, embalagens de leite confeccionadas de vidro versus confeccionadas de plástico. O problema deste tipo de avaliação é que ela estava centrada somente em uma característica do processo, no caso o material que era composto a embalagem, e desconsiderava outros fatores que impactavam nele, como o transporte (GUINÉE *et al.*, 2010).

Pode-se observar até então que esses estudos não estavam preocupados em analisar o ciclo de vida de um produto, mas sim em investigar uma característica específica que interessava a empresa. Mas, com o passar do tempo, reconheceu-se que uma parcela significativa dos impactos ambientais estava ligada a outras partes do processo de fabricação do produto, como manufatura e transporte por exemplo. Gradativamente, o escopo do estudo foi aumentando e ganhando importância no momento das análises dos impactos ambientais.

Como o desenvolvimento da ACV foi progressivo é possível separar por períodos distintos. Os autores Guinée *et al.* (2011) separam os períodos da ACV entre passado, presente e futuro.

#### a) Período de 1970 a 2000

Entre os anos de 1970 a 2000, existem dois períodos distintos, em relação à evolução sobre estudos e métodos de ACV, e são conhecidos como “As Décadas de Concepção” (1970 a 1990) e a “Década da Padronização” (1990 a 2000).

O primeiro período (1970-1990) é conhecido como o período de concepção, pois neste momento as ferramentas utilizadas pelas empresas tinham como objetivo fundamentar suas alterações mercadológicas, mas eram realizadas pelos mais diferentes métodos sem bases comuns, o que levou a resultados que diferiam muito, mesmo quando eram realizados sobre o mesmo objeto de estudo. Assim, aumentou-se significativamente a desconfiança sobre o uso desta ferramenta.

Nessas décadas, ocorreram diversos estudos, sobre aspectos ambientais de produtos, que se preocupavam, basicamente, com o controle de poluição, eficiência energética e recursos naturais. Eles ganharam notoriedade no final dos anos 1960, mais especificamente em 1969, quando surgiu um método que é considerado como o precursor da ACV atual: a *Análise de Perfil Ambiental de Recursos* (REPA), concebida no *Midwest Research Institute* (MRI).

Essas primeiras análises surgiram devido à preocupação de algumas empresas com relação aos primeiros sinais de escassez do petróleo – uma das matérias-primas principais para confecção de diversas embalagens e produtos. O presidente da Coca-Cola, Harry Teasley, patrocinou o primeiro estudo de perfil ambiental dos pesquisadores do MRI. Este trabalho consistiu em investigar o perfil de nove diferentes tipos embalagens do refrigerante e abrangeu coleta de dados que foram desde a extração da matéria virgem, passando pelo processo de industrialização, até a disposição final (HUNT, *et al.*, 1974).

É importante ressaltar que esse estudo não conseguiu concluir os efeitos causados pela produção das embalagens à saúde humana e ao meio ambiente, pois os pesquisadores não tinham dados disponíveis para fazê-lo, por isso, as questões que não conseguiram quantificar foram omitidas, em seus resultados (HUNT, SELLERS, FRANKLIN, 1992).

Em 1974, outro estudo semelhante ao da embalagem de refrigerantes foi realizado na Suíça, por Basler e Hofman que conduziram um trabalho na mesma linha do REPA. Eles fizeram uma análise que comparava os impactos ambientais de recipientes confeccionados por papelão, folha de metal, vidro e PVC. Esse é um dos primeiros estudos com análise de sistema produtivo da extração até a destinação final. Esse tipo de escopo, atualmente, é denominado “do berço ao túmulo” (GUINÉE *et al.*, 2010).

Quando a crise do petróleo foi superada – em meados dos anos 1970 – estudos do tipo ACV diminuíram, mas não por muito tempo. No início de 1980, vários estudos sobre avaliação de impactos ambientais surgem, mas juntamente com eles também começam os

problemas causados por resultados distintos de estudos com o mesmo produto, por possuírem quadros teóricos diferentes.

Com o intuito de diminuir as discrepâncias dos resultados, o *Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research* (EMPA) publicou um relatório que discriminou os dados necessários para se fazer uma análise do sistema de produto. No mesmo relatório, foi apresentado o primeiro método de avaliação de impacto.

Na Década da Padronização (1990-2000) são notáveis os esforços de pesquisadores para uma homogeneização dos métodos utilizados nas análises dos ciclos de vida. Nesta década foram realizados diversos *workshops* que resultaram em guias e também surgiram os primeiros periódicos dedicados ao assunto.

Em agosto de 1990, um relatório apresentado pela *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), em um workshop realizado em Vermont, o termo “Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)” apareceu pela primeira vez e juntamente com o termo, foi apresentada a estrutura geral deste método que é válido ainda hoje. Desde então, o termo “Análise do Ciclo de Vida” passou a se referir a todos os métodos que não correspondem ao tratado pela SETAC (KLÖPFFER, 2006).

A *International Organization for Standardization* (ISO) atuou ao lado da SETAC. Enquanto a SETAC elaborava a harmonização e convergência do método, a ISO tomou a tarefa de padronizar alguns requisitos, em relação aos métodos e procedimentos para a realização de uma ACV, o que resultou na ISO 14040 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura) e na ISO 14044 (Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações) (GUINÉE *et al.*, 2010)

Ainda neste período, alguns países utilizaram a ACV como ferramenta para regulamentar e legislar as questões de resíduos sólidos, mais especificamente, embalagens de produtos. O Japão e a União Europeia foram pioneiros em implantar a ACV em suas políticas públicas sobre embalagens.

Os métodos de avaliação de impactos que são utilizados atualmente também foram desenvolvidos nessa época. O aperfeiçoamento de técnicas e a discussão dos métodos de alocação marcam a passagem para o próximo período conhecido como “Década de Elaboração”.

### b) Período 2000 a 2010

O período que abrange do início do século XXI até 2010, é chamado de década de elaboração. Este período foi marcado pelo intercâmbio de conhecimentos e informações por organizações e especialistas no assunto, no âmbito da ACV.

O marco das colaborações foi o ano de 2002, quando o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) e a SETAC lançaram uma parceria conhecida como Iniciativa do Ciclo de Vida. Essa parceria teve como um dos seus objetivos, contribuir com o programa de 10 anos para promoção de padrões de consumo e produção sustentável, proposto pela Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável<sup>9</sup>.

Um dos principais destaques dessa iniciativa é a introdução do Pensamento do Ciclo de Vida (PCV) em atividades que afetam o meio ambiente. O PCV é uma abordagem holística sobre os processos que estão envolvidos em uma atividade socioeconômica e seus impactos ambientais associados. Esse pensamento tem como objetivo tornar empresas e população mais conscientes no consumo de produtos e compreender como esse consumo afeta o meio ambiente (JRC, 2015).

A Comissão das Comunidades Europeias (CEC) emitiu um comunicado em 2004 propondo uma reflexão ambiental baseada no ciclo de vida dentro da Política Integrada de Produtos (PIP). Para a comissão, uma das maneiras para que o PIP seja eficaz é que o conceito de ciclo de vida esteja próximo a todos que lidam com produtos, incluindo o cidadão, principalmente conscientizando-o dos impactos ambientais causados desde a fabricação até o descarte. (CEC, 2004).

A CEC, em 2005, emitiu um relatório que tratava de estratégias para a prevenção e reciclagem de resíduos através do conceito de ciclo de vida. (CE, 2011).

Em 2006, a EPA confeccionou um manual sobre ACV para a promoção da ferramenta nos EUA (EPA, 2006).

Esta década também foi marcada pela implementação de políticas ambientais em muitos países. Um exemplo disso é o cálculo de pegada de carbono, que é uma medida da quantidade de total de emissões de CO<sub>2</sub> liberada direta ou indiretamente ao meio ambiente, através de atividades antropogênicas ou ao longo dos estágios de vida de um produto (WIEDMANN E MINX, 2007).

---

<sup>9</sup> <http://www.lifecycleinitiative.org/about/about-lci/> acessado em 26/04/2017

No final dessa década, surgiram novas divergências sobre os métodos de avaliação de impacto. A ISO não padronizou os métodos de ACV em detalhes, o que levou a abordagens distintas enquanto aos limites dos sistemas, métodos de alocação, ACV sociais, etc.

Observando essas evidentes lacunas, a Co-ordination Action for innovation in Life-Cycle Analysis for Sustainability (CALCAS), em 2009, apresentou seus estudos sobre ACV dinâmico, ACV diferenciada espacialmente, ACV em cenários socioeconômicos, entre outros que surgiram durante os últimos anos. Eles trabalharam no sentido de desenvolver os conceitos contidos na ACV e expandi-la para um quadro científico que abrangia a sustentabilidade, e chamaram essa inovação na ACV de Análise de Sustentabilidade no Ciclo de Vida (ASCV; ZAMAGNI, 2009).

As novas práticas impulsionaram novas linhas de pesquisa na direção de uma nova fase dessa ferramenta e na próxima década as ASCVs, serão tratados mais profundamente.

#### c) Período 2010 a 2020

Os pesquisadores Guinée *et al.* (2011) acreditam que esse período faz parte do que eles chamam de “Década da Análise da Sustentabilidade do Ciclo de Vida”. Espera-se que até o final dessa década as pesquisas se aprofundem na integração das três faces da sustentabilidade – Meio Ambiente, Sociedade e Economia – no conceito de ACV definido pela SETAC/ISO.

Como foi tratado até o momento, a ACV tem uma perspectiva sobre os impactos ambientais. Com o tempo, ficou claro que o ciclo de vida de um produto não interfere só no meio ambiente, mas também traz mudanças voluntárias ou involuntárias no bem-estar social e na economia. Essas mudanças podem ocorrer em qualquer estágio do ciclo de vida e, quando identificadas em um método de avaliação, podem ser evitadas ou enfatizadas (UNEP/SETAC/LYFE CYCLE INITIATIVE, 2011).

Enquanto a ACV – ambiental – é uma ferramenta bem difundida tendo muitos trabalhos que a utilizam, as novas técnicas, denominadas Custeio do Ciclo de Vida (CCV) e Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACV-S), ainda possuem aplicações limitadas, mas como essas duas ferramentas têm seus estágios baseados na ISO 14040:2006, existe a possibilidade de combinar as três técnicas e criar uma ferramenta mais abrangente que é chamada de Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV).

A UNEP/SETAC/LYFE CYCLE INITIATIVE (2011) define ASCV como “... na avaliação de todos os impactos negativos ambientais, sociais e econômicos, auxiliando nos

processos de tomada de decisão para produtos mais sustentáveis ao longo do seu ciclo de vida”.

Para os autores Costa, Quinteiro e Dias (2019), o interesse em trabalhar com ACV-S vem aumentando nos últimos anos, mas essa metodologia ainda se encontra em um estado prematuro de desenvolvimento o que leva a resultados ainda não confiáveis. Ainda há muito a desenvolver nos outros pilares que compõe essa metodologia.

## 8.2 Resultados das ACV – dados absolutos

### 8.2.1 Cenários da fronteira central-destinação

Tabela 8-1 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2014

Categorias de Impacto	Unidade	C1	C2	C3	C4	C5
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,36E+06	1,17E+06	1,53E+06	1,35E+06	9,73E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	3,97E+03	3,06E+03	4,09E+03	3,97E+03	2,85E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	3,76E+01	3,62E+01	4,17E+01	4,04E+01	3,60E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	3,29E+04	8,82E+04	2,43E+04	3,04E+04	2,15E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	5,61E+03	4,29E+03	6,34E+03	5,54E+03	3,92E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	1,47E+03	1,07E+03	9,97E+02	1,41E+03	9,83E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-2 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2015

Categorias de Impacto	Unidade	C1	C2	C3	C4	C5
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,58E+06	1,30E+06	1,75E+06	1,52E+06	1,11E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	4,58E+03	3,42E+03	4,67E+03	4,44E+03	3,23E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	4,87E+01	4,62E+01	5,34E+01	5,11E+01	4,67E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	6,68E+04	9,13E+04	5,63E+04	6,24E+04	5,32E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	6,44E+03	4,82E+03	7,16E+03	6,18E+03	4,41E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	1,77E+03	1,21E+03	1,25E+03	1,66E+03	1,19E+03

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-3 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2016

Categorias de Impacto	Unidade	C1	C2	C3	C4	C5
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,34E+06	1,25E+06	1,56E+06	1,36E+06	1,01E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	3,87E+03	3,25E+03	4,12E+03	3,94E+03	2,89E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	4,69E+01	4,59E+01	5,08E+01	4,96E+01	4,55E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	3,24E+04	8,66E+04	2,54E+04	3,07E+04	2,25E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	5,45E+03	4,56E+03	6,34E+03	5,49E+03	3,97E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	1,42E+03	1,15E+03	1,03E+03	1,40E+03	9,96E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-4 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2014

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	7,56E+05	7,41E+05	1,03E+06	8,15E+05	6,90E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	2,16E+03	1,93E+03	2,70E+03	2,35E+03	1,97E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	3,09E+01	3,06E+01	3,42E+01	3,27E+01	3,07E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	1,60E+04	5,42E+04	1,47E+04	1,62E+04	1,41E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	3,02E+03	2,69E+03	4,18E+03	3,27E+03	2,73E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	7,63E+02	6,64E+02	6,61E+02	8,13E+02	6,82E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-5 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2015

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,96E+05	6,00E+05	8,30E+05	6,59E+05	5,39E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,78E+03	1,55E+03	2,24E+03	1,98E+03	1,61E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,58E+01	1,52E+01	1,87E+01	1,79E+01	1,56E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	2,23E+04	4,82E+04	2,19E+04	2,33E+04	2,07E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	2,46E+03	2,17E+03	3,47E+03	2,73E+03	2,21E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	6,57E+02	5,39E+02	5,67E+02	7,14E+02	5,85E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-6 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2016

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	6,76E+05	6,84E+05	9,09E+05	7,31E+05	6,19E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,95E+03	1,75E+03	2,42E+03	2,13E+03	1,79E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	2,74E+01	2,70E+01	3,03E+01	2,94E+01	2,72E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	1,64E+04	4,94E+04	1,58E+04	1,71E+04	1,48E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	2,70E+03	2,42E+03	3,71E+03	2,93E+03	2,45E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	6,95E+02	6,06E+02	6,01E+02	7,42E+02	6,23E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-7 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2014

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	7,93E+05	8,19E+05	9,79E+05	8,34E+05	7,52E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	2,14E+03	2,04E+03	2,49E+03	2,27E+03	2,02E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	5,82E+01	5,80E+01	6,13E+01	5,99E+01	5,80E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	3,83E+04	6,70E+04	3,76E+04	3,87E+04	3,71E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	2,84E+03	2,71E+03	3,60E+03	3,00E+03	2,66E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	7,95E+02	7,54E+02	7,15E+02	8,29E+02	7,44E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-8 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2015

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,39E+05	5,85E+05	6,89E+05	5,84E+05	5,20E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,47E+03	1,43E+03	1,77E+03	1,61E+03	1,41E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	3,76E+01	3,75E+01	3,93E+01	3,90E+01	3,75E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	1,46E+04	3,74E+04	1,47E+04	1,55E+04	1,40E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	1,97E+03	1,94E+03	2,61E+03	2,15E+03	1,88E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	5,13E+02	5,00E+02	4,68E+02	5,57E+02	4,89E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-9 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2016

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,47E+05	5,98E+05	6,78E+05	5,90E+05	5,31E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,46E+03	1,45E+03	1,73E+03	1,60E+03	1,42E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	4,33E+01	4,33E+01	4,49E+01	4,48E+01	4,33E+01
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	2,34E+04	4,42E+04	2,40E+04	2,45E+04	2,29E+04
For. de matéria particulada	kg PM10	1,92E+03	1,92E+03	2,48E+03	2,10E+03	1,85E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	5,31E+02	5,25E+02	5,00E+02	5,76E+02	5,12E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-10 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2014

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,43E+05	5,80E+05	8,21E+05	6,21E+05	5,14E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,59E+03	1,51E+03	2,19E+03	1,83E+03	1,50E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,13E+04	4,31E+04	1,21E+04	1,24E+04	1,05E+04
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	2,20E+03	2,12E+03	3,41E+03	2,54E+03	2,07E+03
For. de matéria particulada	kg PM10	5,54E+02	5,23E+02	5,27E+02	6,30E+02	5,17E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	5,52E+01	5,02E+01	2,76E+03	5,94E+01	4,94E+01

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-11 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2015

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,54E+05	5,98E+05	8,34E+05	6,38E+05	5,28E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,63E+03	1,57E+03	2,23E+03	1,89E+03	1,56E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,84E+04	5,16E+04	1,88E+04	1,97E+04	1,77E+04
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	2,26E+03	2,19E+03	3,46E+03	2,62E+03	2,14E+03
For. de matéria particulada	kg PM10	5,85E+02	5,60E+02	5,55E+02	6,70E+02	5,53E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	8,91E+01	8,49E+01	2,77E+03	9,43E+01	8,39E+01

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-12 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2016

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,65E+05	6,10E+05	8,08E+05	6,39E+05	5,65E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,63E+03	1,58E+03	2,15E+03	1,86E+03	1,63E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	3,03E+04	5,88E+04	3,08E+04	3,15E+04	3,03E+04
Formação de foto-oxidantes	kg NMVOC	2,20E+03	2,16E+03	3,26E+03	2,52E+03	2,20E+03
For. de matéria particulada	kg PM10	6,12E+02	5,93E+02	5,87E+02	6,86E+02	6,12E+02
Depleção fóssil	kg petróleo	1,47E+02	1,44E+02	2,32E+03	1,52E+02	1,47E+02

Fonte: Elaborada pela autora

### 8.2.2 Cenários da fronteira agricultor-destinação

Tabela 8-13 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2014

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,50E+06	1,11E+06	1,42E+06	1,07E+06	1,39E+06	1,05E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	4,24E+03	3,13E+03	3,99E+03	3,02E+03	3,93E+03	2,95E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,60E+01	1,44E+01	1,58E+01	1,44E+01	1,54E+01	1,42E+01
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	3,92E+04	2,79E+04	3,71E+04	2,75E+04	3,51E+04	2,67E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	6,14E+03	4,45E+03	5,73E+03	4,30E+03	5,66E+03	4,18E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	1,59E+03	1,11E+03	1,48E+03	1,07E+03	1,45E+03	1,03E+03

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-14 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2015

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,74E+06	1,27E+06	1,69E+06	1,23E+06	1,59E+06	1,20E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	4,85E+03	3,51E+03	4,74E+03	3,40E+03	4,42E+03	3,31E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,74E+01	1,55E+01	1,74E+01	1,55E+01	1,66E+01	1,54E+01
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	7,47E+04	6,12E+04	7,43E+04	6,08E+04	6,94E+04	5,99E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	7,00E+03	4,97E+03	6,84E+03	4,80E+03	6,34E+03	4,67E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	1,90E+03	1,32E+03	1,86E+03	1,27E+03	1,71E+03	1,24E+03

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-15 - Categorias de Impacto para a Central Capão do Leão para o ano de 2016

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	1,62E+06	1,25E+06	1,59E+06	1,22E+06	1,57E+06	1,19E+06
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	4,47E+03	3,40E+03	4,37E+03	3,30E+03	4,29E+03	3,22E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,66E+01	1,50E+01	1,66E+01	1,50E+01	1,61E+01	1,49E+01
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	4,36E+04	3,28E+04	4,33E+04	3,24E+04	4,07E+04	3,16E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	6,47E+03	4,84E+03	6,32E+03	4,69E+03	6,18E+03	4,57E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	1,66E+03	1,20E+03	1,62E+03	1,16E+03	1,58E+03	1,12E+03

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-16 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2014

<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
Mud. climática	kg CO <sub>2</sub>	8,3E+05	7,6E+05	8,3E+05	7,6E+05	7,5E+05	7,3E+05	8,1E+05	7,4E+05
Acidificação ter.	kg SO <sub>2</sub>	2,2E+03	2,0E+03	2,2E+03	2,0E+03	2,0E+03	1,9E+03	2,2E+03	2,0E+03
Tox. humana	kg 1,4-DB	9,0E+00	8,7E+00	9,0E+00	8,7E+00	8,6E+00	8,6E+00	8,6E+00	8,3E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	2,1E+04	1,9E+04	2,1E+04	1,9E+04	1,8E+04	1,8E+04	2,0E+04	1,8E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	3,2E+03	2,9E+03	3,2E+03	2,9E+03	2,9E+03	2,8E+03	3,1E+03	2,9E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	8,0E+02	7,2E+02	8,0E+02	7,2E+02	7,1E+02	6,8E+02	7,8E+02	7,0E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-17 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2015

<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
Mud. climática	kg CO <sub>2</sub>	6,4E+05	5,8E+05	6,4E+05	5,8E+05	5,9E+05	5,6E+05	6,3E+05	5,7E+05
Acidificação ter.	kg SO <sub>2</sub>	1,9E+03	1,7E+03	1,9E+03	1,7E+03	1,7E+03	1,6E+03	1,8E+03	1,7E+03
Tox. humana	kg 1,4-DB	9,0E+00	8,7E+00	9,0E+00	8,7E+00	8,7E+00	8,7E+00	8,6E+00	8,4E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	2,4E+04	2,3E+04	2,4E+04	2,3E+04	2,3E+04	2,2E+04	2,4E+04	2,3E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,6E+03	2,4E+03	2,6E+03	2,4E+03	2,4E+03	2,3E+03	2,6E+03	2,3E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	7,0E+02	6,3E+02	7,0E+02	6,2E+02	6,3E+02	6,0E+02	6,8E+02	6,1E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-18 - Categorias de Impacto para a Central Ituverava para o ano de 2016

<b>Categoria de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
Mud. climática	kg CO <sub>2</sub>	6,8E+05	6,3E+05	6,8E+05	6,2E+05	6,3E+05	6,0E+05	6,7E+05	6,2E+05
Acidificação ter.	kg SO <sub>2</sub>	1,9E+03	1,7E+03	1,9E+03	1,7E+03	1,7E+03	1,7E+03	1,9E+03	1,7E+03
Tox. humana	kg 1,4-DB	8,9E+00	8,6E+00	8,9E+00	8,6E+00	8,6E+00	8,5E+00	8,9E+00	8,6E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	1,8E+04	1,6E+04	1,8E+04	1,6E+04	1,6E+04	1,6E+04	1,8E+04	1,6E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,7E+03	2,5E+03	2,7E+03	2,5E+03	2,5E+03	2,4E+03	2,7E+03	2,4E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	6,9E+02	6,2E+02	6,9E+02	6,2E+02	6,2E+02	5,9E+02	6,8E+02	6,1E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-19 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2014

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	9,06E+05	8,65E+05	8,80E+05	8,38E+05	8,18E+05	8,16E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	2,16E+03	2,04E+03	2,09E+03	1,97E+03	1,91E+03	1,90E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	1,06E+01	1,04E+01	1,05E+01	1,04E+01	1,03E+01	1,03E+01
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	4,68E+04	4,57E+04	4,65E+04	4,53E+04	4,47E+04	4,46E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	3,05E+03	2,87E+03	2,95E+03	2,77E+03	2,67E+03	2,67E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	8,21E+02	7,70E+02	7,92E+02	7,40E+02	7,14E+02	7,12E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-20 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2015

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	6,17E+05	5,98E+05	5,98E+05	5,88E+05	5,66E+05	5,64E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,50E+03	1,44E+03	1,45E+03	1,43E+03	1,35E+03	1,35E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	7,59E+00	7,51E+00	7,57E+00	7,53E+00	7,43E+00	7,43E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	2,03E+04	1,97E+04	2,00E+04	1,99E+04	1,90E+04	1,90E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,13E+03	2,05E+03	2,06E+03	2,03E+03	1,92E+03	1,91E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	5,38E+02	5,14E+02	5,16E+02	5,07E+02	4,76E+02	4,74E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-21 - Categorias de Impacto para a Central Piedade para o ano de 2016

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	6,29E+05	6,08E+05	6,10E+05	5,94E+05	5,86E+05	5,84E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,47E+03	1,41E+03	1,42E+03	1,37E+03	1,35E+03	1,34E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	7,80E+00	7,72E+00	7,78E+00	7,72E+00	7,67E+00	7,67E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	2,98E+04	2,92E+04	2,96E+04	2,91E+04	2,88E+04	2,88E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,07E+03	1,98E+03	2,00E+03	1,93E+03	1,89E+03	1,88E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	5,48E+02	5,21E+02	5,26E+02	5,07E+02	4,96E+02	4,93E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-22 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2014

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	5,98E+05	5,68E+05	5,85E+05	5,56E+05	5,57E+05	5,52E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,69E+03	1,60E+03	1,65E+03	1,57E+03	1,57E+03	1,56E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	8,35E+00	8,23E+00	8,34E+00	8,21E+00	8,21E+00	8,19E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	1,44E+04	1,36E+04	1,42E+04	1,34E+04	1,34E+04	1,33E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,41E+03	2,28E+03	2,36E+03	2,23E+03	2,23E+03	2,21E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	6,00E+02	5,63E+02	5,86E+02	5,49E+02	5,51E+02	5,44E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-23 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2015

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	6,11E+05	5,85E+05	5,97E+05	5,72E+05	5,74E+05	5,69E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,74E+03	1,66E+03	1,70E+03	1,63E+03	1,63E+03	1,62E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	8,21E+00	8,10E+00	8,20E+00	8,09E+00	8,09E+00	8,07E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	2,15E+04	2,08E+04	2,13E+04	2,06E+04	2,06E+04	2,05E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,47E+03	2,36E+03	2,42E+03	2,30E+03	2,31E+03	2,29E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	6,34E+02	6,02E+02	6,19E+02	5,87E+02	5,89E+02	5,83E+02

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 8-24 - Categorias de Impacto para a Central Piracicaba para o ano de 2016

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Unidade</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
Mudança climática	kg CO <sub>2</sub>	6,28E+05	6,09E+05	6,17E+05	5,97E+05	5,95E+05	5,91E+05
Acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub>	1,70E+03	1,64E+03	1,67E+03	1,61E+03	1,60E+03	1,59E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB	8,20E+00	8,12E+00	8,20E+00	8,12E+00	8,09E+00	8,08E+00
For. de foto-oxid.	kg NMVOC	3,44E+04	3,38E+04	3,43E+04	3,37E+04	3,36E+04	3,35E+04
For. de mat. Part.	kg PM10	2,39E+03	2,31E+03	2,35E+03	2,27E+03	2,25E+03	2,23E+03
Depleção fóssil	kg petróleo	6,48E+02	6,24E+02	6,36E+02	6,12E+02	6,08E+02	6,03E+02

Fonte: Elaborada pela autora



## 9 Anexo - Lavagem das Embalagens

Figura 9-1 - Lavagem Tríplice

### LAVAGEM MANUAL



#### Primeiro Passo

- Esvaziar completamente a embalagem no bocal do pulverizador e retirar a embalagem somente quando o gotejamento estiver espaçado;



#### Segundo Passo

- Adicionar água limpa na embalagem até  $\frac{1}{4}$  do volume;



#### Terceiro Passo

- Tampar a embalagem e agitar vigorosamente por 30 segundos em todas as direções do recipiente;



#### Quarto Passo

- Despejar a água do enxague no tanque do pulverizador e esperar até que todo o conteúdo tenha saído da embalagem;

Repetir do primeiro ao quarto passo mais duas vezes.



- Após a Lavagem tríplice, utilizar um objeto perfurante para fazer orifícios no fundo da embalagem e para inutilizá-la.

## LAVAGEM MECÂNICA



### Primeiro Passo

- Esvaziar completamente a embalagem no bocal do pulverizador e retirar a embalagem somente quando o gotejamento estiver espaçado;



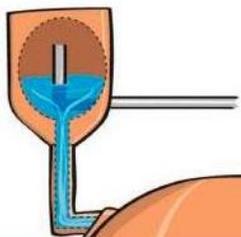
### Segundo Passo

- Encaixar a embalagem no funil localizado no bocal do pulverizador;



### Terceiro Passo

- Liberar o jato de água dentro do recipiente, fazendo um movimento para atingir as paredes internas, durante 30 segundo;



### Quarto Passo

- Liberar a água restante dentro da embalagem para dentro do pulverizador



- Após a Lavagem sob pressão, utilizar um objeto perfurante para fazer orifícios no fundo da embalagem e para inutilizá-la.

Fonte: adaptado de inpEV (2007).