

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

REINALDO LUAN RODRIGUES

**MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL ATRAVÉS DA
AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA FABRICAÇÃO DE PORTA
PALLETS**

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA - PR

2016

REINALDO LUAN RODRIGUES

**MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL ATRAVÉS DA
AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA FABRICAÇÃO DE PORTA
PALLETS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

Co-orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

PONTA GROSSA - PR

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.20/16

R696 Rodrigues, Reinaldo Luan

Melhoria do desempenho ambiental através da avaliação do ciclo de vida na
fabricação de porta pallets / Reinaldo Luan Rodrigues. -- 2016.
99 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
Coorientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Ponta Grossa, 2016.

1. Paletes (Transporte, armazenagem, etc.). 2. Ciclo de vida do produto. 3.
Impacto ambiental - Avaliação. 4. Processo decisório. I. Francisco, Antonio Carlos
de. II. Piekarski, Cassiano Moro. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
IV. Título.

CDD 670.42



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº 286/2016

**MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE
VIDA NA FABRICAÇÃO DE PORTA PALLETS**

por

Reinaldo Luan Rodrigues

Esta dissertação foi apresentada às 14h00min de 23 de abril de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Luiz Antonio Brandalise (UEPG)

Prof. Dr. Daniel Poletto Tesser (UTFPR)

Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski (UTFPR)
Coorientador

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco
(UTFPR) - *Orientador*

Visto do Coordenador

Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco (UTFPR)
Coordenador do PPGEP

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE
REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR – CAMPUS PONTA GROSSA

AGRADECIMENTOS

Como cita Antoine de Saint-Exupéry, o essencial é invisível aos olhos. E é baseado nesta afirmação que começo meus agradecimentos, pois seria quase impossível descrever tamanha emoção e gratidão por estar concluindo mais esta etapa

Primeiramente, agradeço a Deus, pois sem seu suporte não seria nada, devo a Ele toda minha história.

A minha esposa, amiga e confidente Nathalie Hamine Panzarini Rodrigues, a qual nunca mediu esforços para apoiar, aconselhar e acalmar meu coração, mesmo nas horas mais difícil, a você, todo meu amor. Te respeito, te admiro, te amo.

Aos meus pais, Jairo Rodrigues, Gleocéia Rodrigues e minha irmã Angélica Rodrigues, sou eternamente grato por todo carinho, compreensão e por todos os esforços financeiros, mesmo muitas vezes sem condições, sempre me apoiaram nos estudos e na vida, se cheguei até aqui, foi por vocês.

Aos meus amigos, pela compreensão de minhas ausências e pela parceria de sempre.

Ao professor Antonio Carlos de Francisco, meus sinceros agradecimentos, por ter confiado em meu trabalho e com o passar do tempo não ser apenas um orientador e sim um amigo para todas as horas. Obrigado por todas as lições de vida.

Ao meu co-orientador e amigo professor Cassiano Moro Piekarski, o qual não me deixou abater e me norteou da melhor maneira possível. Obrigado pelas ajudas, conselhos e pela disponibilidade.

A todos os professores, servidores, e amigos do LESP, que de alguma maneira contribuíram com meu crescimento profissional e com este trabalho.

À empresa que colaborou com o fornecimento de dados que sustentam este trabalho. Em especial, ao gestor e funcionários do PCP que estiveram sempre me auxiliando.

A CAPES/CNPQ/Fundação Araucária, pelo apoio financeiro.

“Eu não disse que seria fácil. Apenas
disse que valeria a pena”.
(Dom Bosco)

RESUMO

RODRIGUES, Reinaldo Luan. **Melhoria do desempenho ambiental através da avaliação do ciclo de vida na fabricação de Porta Pallets**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O presente trabalho objetivou propor ações de melhoria de desempenho ambiental através da Avaliação do Ciclo de Vida na fabricação do Porta Pallets, para tanto tal pesquisa seguiu as diretrizes normativas das normas NBR ISO 14040 e 14044. Foi utilizado o Umberto® NXT Universal v. 7.1 como software para modelagem e procedimentos de cálculos. A base de dados de ICV utilizada foi a Ecoinvent v.3.2. Foram avaliados os impactos do ciclo de vida da produção do Porta Pallets através do método ReCiPe (2008). As categorias de impacto de *midpoint* abordadas foram: mudança climática, depleção do ozônio, depleção do metal, acidificação terrestre, eutrofização aquática (água doce), eutrofização aquática (marinha), toxicidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, formação de matéria particulada, ecotoxicidade terrestre. Os resultados apontaram 3 pontos potenciais de impactos ambientais (*hotspots*): produção da bobina de aço, transporte da bobina de aço e óleo vegetal refinado para lubrificação do aço. Os hotspots foram analisados sensitivamente e em diferentes cenários a fim de verificar a eficiência na redução dos impactos potenciais observados. As propostas de melhorias do desempenho ambiental compreenderam as seguintes ações: redução do consumo de bobinas de aço, minimização da distância dos fornecedores e da quantidade de fretes e redução no consumo do óleo vegetal. Desta forma este estudo fornece subsídios em pesquisas, e auxilia na formulação de propostas de melhorias no desempenho ambiental de produtos e processos em geral.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Desempenho ambiental. Software Umberto. Porta Pallets.

ABSTRACT

RODRIGUES, Reinaldo Luan. **Environmental performance improvement of steel racks manufacturing through life cycle assessment**. 2016. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2016.

This study aimed to propose actions to improve environmental performance through the Life Cycle Assessment in manufacturing steel racks, therefore this research followed the regulatory guidelines of ISO 14040 and 14044 standards. Was used Umberto® NXT Universal v. 7.1 as software for modeling and calculation procedures. ICV database used was Ecoinvent v.3.2. We evaluated the impact of the life cycle of production through Racks recipe method (2008). The midpoint impact categories covered were: climate change, ozone depletion, metal depletion, terrestrial acidification, aquatic eutrophication (freshwater), aquatic eutrophication (marine), human toxicity, photochemical oxidant formation, formation of particulate matter, terrestrial ecotoxicity. The results showed three potential sources of environmental impacts (hotspots): Production of steel coil, steel coil transport and refined vegetable oil for steel lubrication. Hotspots were analyzed sensitively and in different scenarios in order to verify the effectiveness in reducing the potential impacts observed. Proposals for environmental performance improvements realized the following actions: reducing consumption of steel coils, minimizing the distance from suppliers and the amount of freight and reduction in vegetable oil consumption. Thus, this study provides grants for research, and assists in the formulation of proposals for improvements in the environmental performance of products and processes in general.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), Environmental performance, Umberto software, Racks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da Pesquisa	18
Figura 2 - Dimensões da Sustentabilidade	19
Figura 3 - Ciclo de vida de um produto	20
Figura 4 - Fases de uma ACV	23
Figura 5 - Procedimentos para análise do inventário	26
Figura 6 - Elementos da etapa de AICV	27
Figura 7 - Relacionamento dos elementos da fase de interpretação com outras fases da ACV	28
Figura 8 - Categorias de impacto a midpoint e endpoint.....	30
Figura 9 - Representação de componentes de rede do Umberto®.....	35
Figura 10 - Vista superior do sistema Porta Pallets	37
Figura 11 - Componentes do sistema Porta Pallets	38
Figura 12 - Seções transversais usuais das vigas do Porta Pallets	38
Figura 13 - Sistema Porta Pallets carregado com três ou dois pallets por viga	39
Figura 14 - Tipos de seções utilizadas nas colunas dos Porta Pallets	40
Figura 15 - Ligação dos contraventamentos nas colunas: (a) com flanges de ligação da seção tipo rack; (b) com cantoneiras adicionais na seção U enrijecido	40
Figura 16 - Contraventamentos laterais do sistema Porta Pallets.....	41
Figura 17 - (a) e (b): Contraventamento vertical adicional para o sistema Porta Pallets.....	41
Figura 18 - Distanciadores do sistema Porta Pallets	42
Figura 19 - Placa de base mais utilizada nos sistemas Porta Pallets	42
Figura 20 - Instruções relativas ao preenchimento do questionário	47
Figura 21 - Fronteiras e sistemas do Porta Pallets	50
Figura 22 - Resultado da análise de inventário da Coluna	58
Figura 23 - Resultado da análise de inventário da Sapata.....	59
Figura 24 - Resultado da análise de inventário das Travessas e Diagonais	60
Figura 25 - Resultado da análise de inventário das Garras.....	61
Figura 26 - Resultado da análise de inventário dos Tubos	62
Figura 27 - Resultado da análise de inventário das Longarinas	63
Figura 28 - Resultado da análise de inventário do Porta Pallets – Expedição...64	64

Figura 29 - Potencial de Mudança Climática para 100 anos	67
Figura 30 - Depleção da Camada de Ozônio	68
Figura 31 - Potencial de Depleção de Recursos Minerais	69
Figura 32 - Potencial de Acidificação Terrestre para 100 anos	70
Figura 33 - Potencial de Eutrofização Aquática (Água Doce)	71
Figura 34 - Potencial de Eutrofização Aquática (Água Marinha)	72
Figura 35 - Potencial de Toxicidade Humana	73
Figura 36 - Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos	74
Figura 37 - Potencial de Formação de Material Particulado	75
Figura 38 - Potencial de Ecotoxicidade Terrestre	76
Figura 39 - Análise dos impactos ambientais totais por categoria de impacto .	77
Figura 40 - Análise sensitiva de cenário – consumo de bobina	79
Figura 41 - Análise de cenário – categorias de impacto	80
Figura 42 - Análise de cenário – consumo de óleo vegetal	83
Figura 43 - Questionário para ACV	94
Figura 44 - Modelagem sistema de produção do Porta Pallets, fronteira <i>cradle-to-gate</i>	98
Figura 45 - Modelagem dos subsistemas sistema de produção do Porta Pallets, fronteira <i>cradle-to-gate</i>	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Categorias de Impactos contempladas no método AICV ReCiPe 2008 do estudo	32
Quadro 2 - Sistemas incluídos e excluídos da ACV do Porta Pallets	52
Quadro 3 - Inventário para produção de um Porta Pallets (gate-to-gate)	65

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Inventário do Ciclo de Vida
BR	Brasil
CFCs	Clorofluorcarbonos
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EPA	<i>Environmental Protection Agency (United States)</i>
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
ILCD	<i>International Reference Life Cycle Data System</i>
NBR	Norma Brasileira Registrada
NMVOC	Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos
OH	Radical Hidróxido
PAT	Potencial de Acidificação Terrestre
PDRM	Potencial de Depleção de Recursos Minerais
PDO	Potencial de Depleção do Ozônio
PEAD	Potencial de Eutrofização de Água Doce
PEAM	Potencial de Eutrofização de Água Marinha
PET	Potencial de Ecotoxicidade Terrestre
PFMP	Potencial de Formação de Material Particulado
PFOF	Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos
PMC	Potencial de Mudança Climática
PP	Porta Pallets
PTH	Potencial de Toxicidade Humana
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TBL	<i>Triple Bottom Line (Tripé da Sustentabilidade)</i>
TC	Comitê Técnico
UV	Luz Ultravioleta

LISTA DE ACRÔMIOS

EDIP	<i>Environmental Design for Industrial Products</i>
ETA	<i>Estação de Tratamento de Água</i>
GLO	<i>Geographical area Ecoinvent code for Global</i>
IfU	Instituto de Informática Ambiental da Universidade de Hamburgo
ISO	<i>International Standardization Organization</i>
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
RoW	<i>Geographical area Ecoinvent code for Rest of World</i>
SETAC	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV).....	19
2.1.1 Fases da ACV.....	23
2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA	29
2.2.1 ReCiPe 2008	31
2.3 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	34
2.3.1 Software Umberto.....	34
3 SISTEMAS DE ARMAZENAGEM INDUSTRIAL: PORTA PALLETS.....	37
3.1 VIGAS.....	38
3.2 COLUNAS.....	39
3.3 CONTRAVENTAMENTOS.....	40
3.4 DISTANCIADORES	41
3.5 PLACAS DE BASE	42
4 METODOLOGIA	43
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	43
4.2 APLICAÇÃO DA PESQUISA	43
4.3 PASSOS PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	44
4.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DE DADOS	45
4.5 SOFTWARE DE ACV E BASE DE DADOS UTILIZADOS.....	48
4.6 SELEÇÃO E CONSIDERAÇÕES DOS MÉTODOS DE AICV	48
5 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DO PORTA PALLETS.....	49
5.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO	49
5.2 ANÁLISE DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA.....	57
5.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA DO PORTA PALLETS	66
5.3.1 Potencial para Mudança Climática (PMC)	66
5.3.2 Potencial de Depleção do Ozônio (PDO).....	67

5.3.3	Potencial de Depleção de Recursos Minerais (PDRM)	68
5.3.4	Potencial de Acidificação Terrestre (PAT)	69
5.3.5	Potencial de Eutrofização Aquática - Água Doce (PEAD)	70
5.3.6	Potencial de Eutrofização Aquática - Água Marinha (PEAM)	71
5.3.7	Potencial de Toxicidade Humana (PTH).....	72
5.3.8	Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (PFOF).....	73
5.3.9	Potencial de Formação de Material Particulado (PFMP)	74
5.3.10	Potencial de Ecotoxicidade Terrestre (PET)	75
5.4	INTERPRETAÇÃO	76
6	PROPOSTAS DE AÇÕES DE MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL ...	78
6.1	ALTERAÇÕES QUANTO AO CONSUMO DA BOBINA DE AÇO.....	78
6.2	ALTERAÇÕES QUANTO AO TRANSPORTE DA BOBINA DE AÇO	80
6.3	ALTERAÇÕES NO CONSUMO DE ÓLEO VEGETAL	82
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
7.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	86
	REFERÊNCIAS.....	88
	APÊNDICE A – Questionário de Pesquisa	92
	APÊNDICE B – Modelagem do sistema de produção do Porta Pallet	95

1 INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem chamado à atenção das empresas, as quais estão se conscientizando da importância de se oferecer proteção ao meio ambiente e a repercussão negativa que um eventual impacto ambiental associado aos seus produtos pode acarretar. Sabe-se que há conceitos como, por exemplo, de desenvolvimento sustentável, definido pela Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente (1991, p. 9) como o desenvolvimento que atende as necessidades da geração presente sem afetar as necessidades das gerações futuras.

Devido a essa definição e a crescente conscientização, tanto das organizações quanto dos consumidores em relação a sustentabilidade, economia verde ou ecologia industrial, a indústria moderna tem enfrentado um enorme desafio, pois as mesmas devem planejar, direcionar e orientar ações efetivas visando à melhora do desempenho ambiental em relação ao ciclo de vida de seus produtos e serviços (PIEKARSKI, 2013).

Considera-se que tanto a inovação quanto a sustentabilidade são tendências para empresas que almejam continuar ocupando lugar no mercado. Por tal motivo, as mesmas não estão conseguindo pensar em processo de inovações sem aliar seu desenvolvimento sustentável (ROZENFELD e FORCELLINI, 2009).

Baseado nessas duas vertentes, técnicas de avaliação ambiental estão sendo estudadas e desenvolvidas com o intuito de se avaliar o impacto ambiental relacionado aos produtos.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um exemplo, ela avalia de modo detalhado e quantifica os impactos ambientais originados pelo produto, abrangendo-o desde sua origem, referente às matérias-primas, até sua disposição final, envolvendo assim seu ciclo de vida completo. Devido a tal fato, Saraiva (2007) considera a ACV uma técnica excelente, pois gera e explica informações ambientais proporcionando uma diretriz para as empresas que desejam aperfeiçoar sua gestão e produção como um todo.

A fim de facilitar sua aplicação, a ACV é dividida em quatro fases. A primeira é a definição do escopo e objetivo, onde são expostas as fronteiras, limites e unidades funcionais do estudo. A segunda fase, é o Inventário de Ciclo de Vida (ICV) onde são quantificadas todas as entradas e saídas do processo. A terceira fase, é a Avaliação de Inventário de Ciclo de Vida (AICV), onde são utilizados os dados do ICV e,

posteriormente, avalia o impacto ambiental do estudo. Por fim a quarta fase é a interpretação, onde são expostos os problemas significativos e propõe ações de melhorias, então tais dados subsidiam as conclusões e limitações (RASHID e YUSOFF, 2015).

Pela importância, vários setores e diversos ramos da indústria mundial estão aderindo pesquisas em torno da ACV de seus produtos ou processos, o que se torna elemento-chave para desenvolver ações voltadas ao meio ambiente (GUINÉE, 2011).

Desta forma, os sistemas de armazenagem industrial são utilizados para estocagem e distribuição de materiais. Sendo o Porta Pallets (PP) o principal figurante entre esses sistemas que são frequentemente empregados em grandes centros comerciais de distribuição de produtos, além de fábricas, supermercados, almoxarifados, entre outros.

Os PP vêm adquirindo espaço no mercado brasileiro devido à sua praticidade na montagem e desmontagem, pois oferece um sistema de encaixe entre suas colunas e longarinas, não necessitando de parafusos, além de oferecer diversas opções de dimensionamentos, de acordo com as características de cada cliente e tipo de produto.

Nas indústrias do ramo metal-mecânico, mais especificamente no setor das indústrias metalúrgicas, as pesquisas ainda são relativamente escassas, encontrando-se poucos materiais sobre seus produtos e nenhuma restringindo-se ao produto Porta Pallets (PP) associado a ACV.

Dentro deste contexto, o problema de pesquisa foi definido como: *Quais ações de melhoria de desempenho ambiental se mostram efetivas no processo de fabricação de Porta Pallets, por meio da ACV?* A fim de responder tal pergunta foram designados os objetivos descritos a seguir.

1.1 OBJETIVOS

A seguir são expostos os objetivos almejados deste estudo, onde são subdivididos em duas classes, o objetivo geral e os objetivos específicos, que são apresentados a seguir.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor ações de melhoria de desempenho ambiental através da Avaliação do Ciclo de Vida na fabricação de Porta Pallets.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da produção de Porta Pallets.
- Aplicar o método ReCiPe Midpoint (H) de avaliação a fim de quantificar os impactos ambientais agregados à produção do Porta Pallets.
- Determinar quais atividades de produção contribuem de maneira mais significativa para os impactos potenciais totais relacionados ao produto.
- Propor ações de melhorias baseadas em análises de sensibilidade dos hotspots em cenários alternativos.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Este estudo tem como principais fatores que justificam sua relevância: a representatividade no contexto econômico nacional das indústrias metalúrgicas, a originalidade da aplicação, subsídios em pesquisas das grandes áreas da Engenharia de Produção, e principalmente na formulação de propostas de melhorias no desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets.

Cada vez mais, atender às demandas dos consumidores e às reivindicações da sociedade significa, além de atingir os objetivos de desempenho básicos da produção (qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo), deve-se também produzir e entregar produtos ambientalmente corretos (COSTA, 2007). Entretanto, produtos não podem ser assim considerados, se na avaliação ambiental não forem levados em conta os aspectos e impactos ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Os impactos de todos os estágios do ciclo, englobando desde materiais, fabricação, uso pelo consumidor até sua disposição final, precisam ser completamente considerados na tomada de decisão sobre padrões de produção e consumo, políticas e estratégias de gestão (COSTA, 2007).

Com o aumento da competitividade e a diminuição do ciclo de vida dos produtos, sabe-se que as empresas devem inovar continuamente, se quiserem se manter competitivas no mercado. Assim, a avaliação ambiental de novos produtos e processos tem ocupado lugar de destaque para as empresas, onde a ACV torna-se uma técnica de avaliação fundamental (LUZ, 2011).

A seleção da ACV para esta pesquisa se justifica pelo fato de tal ferramenta compreender o ciclo de vida do produto como um todo, por proporcionar uma melhor compreensão da influência mútua que há entre a atividade industrial com o meio ambiente e ajudar na tomada de decisão nas organizações. Ela também indica resultados que podem ser vastamente aproveitados a fim de se agregar valor em empresas e também nas grandes áreas da Engenharia de Produção, sendo elas: Gestão da Produção e Operações, Gestão Ambiental, Planejamento Estratégico e Sustentabilidade Corporativa (PIEKARSKI, 2013).

Baseado nisso, a ACV torna-se um meio de gestão da sustentabilidade nas organizações, pois ela identifica os principais pontos de melhoria dos aspectos ambientais do Porta Pallets em diversas fases de seu ciclo de vida; auxilia também na comparação de processos de fabricação e produtos; na tomada de decisão estratégica; na escolha dos indicadores de desempenho ambiental; e no marketing corporativo (ABNT, 2009a).

A realização de um estudo de ACV do Porta Pallets, produzido em características da cadeia produtiva brasileira, colabora com a identificação de pontos potenciais de melhoria. Com isso, torna-se possível formular ações que melhoram o desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do Porta Pallets. As ações podem promover, além de ganhos ambientais, diferenciais competitivos à indústria produtora.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura desta dissertação possui sete capítulos ao todo, sendo que cada um elenca detalhadamente passo a passo o conteúdo abordado.

O capítulo 1 apresenta introdução ao tema, seguido do problema de pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos e a justificativa para condução deste estudo.

Os capítulos 2 e 3 abordam a fundamentação teórica. Onde, no capítulo 2, são expostos os seguintes temas: Sustentabilidade, Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

que se subdivide explicando as Fases e os Indicadores de ACV, explana também sobre o Método de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida, o ReCiPe 2008, e encerra com as Ferramentas para Avaliação de Ciclo de Vida, neste enfocando a ferramenta Umberto, que será utilizada para compilar os dados.

Já o capítulo 3 traz informações sobre os sistemas de armazenagem industrial, mais especificamente do produto Porta Pallets.

O capítulo 4 por sua vez expõe a metodologia deste trabalho, onde são detalhadas a classificação, a aplicação e os passos para desenvolvimento da pesquisa, em seguida explica sobre os procedimentos para coleta e análise de dados, sobre o software de ACV e base de dados utilizados.

No capítulo 5 é apresentada a ACV da produção do Porta Pallets, onde se há definição de objetivo e escopo, a análise de inventário de ciclo de vida e a avaliação de inventário de ciclo de vida que traz os resultados de cada categoria de impacto estudada seguidas de suas interpretações.

No capítulo 6 são propostas as ações de melhoria de desempenho ambiental e, por fim, o capítulo 7 elenca as considerações finais desta pesquisa.

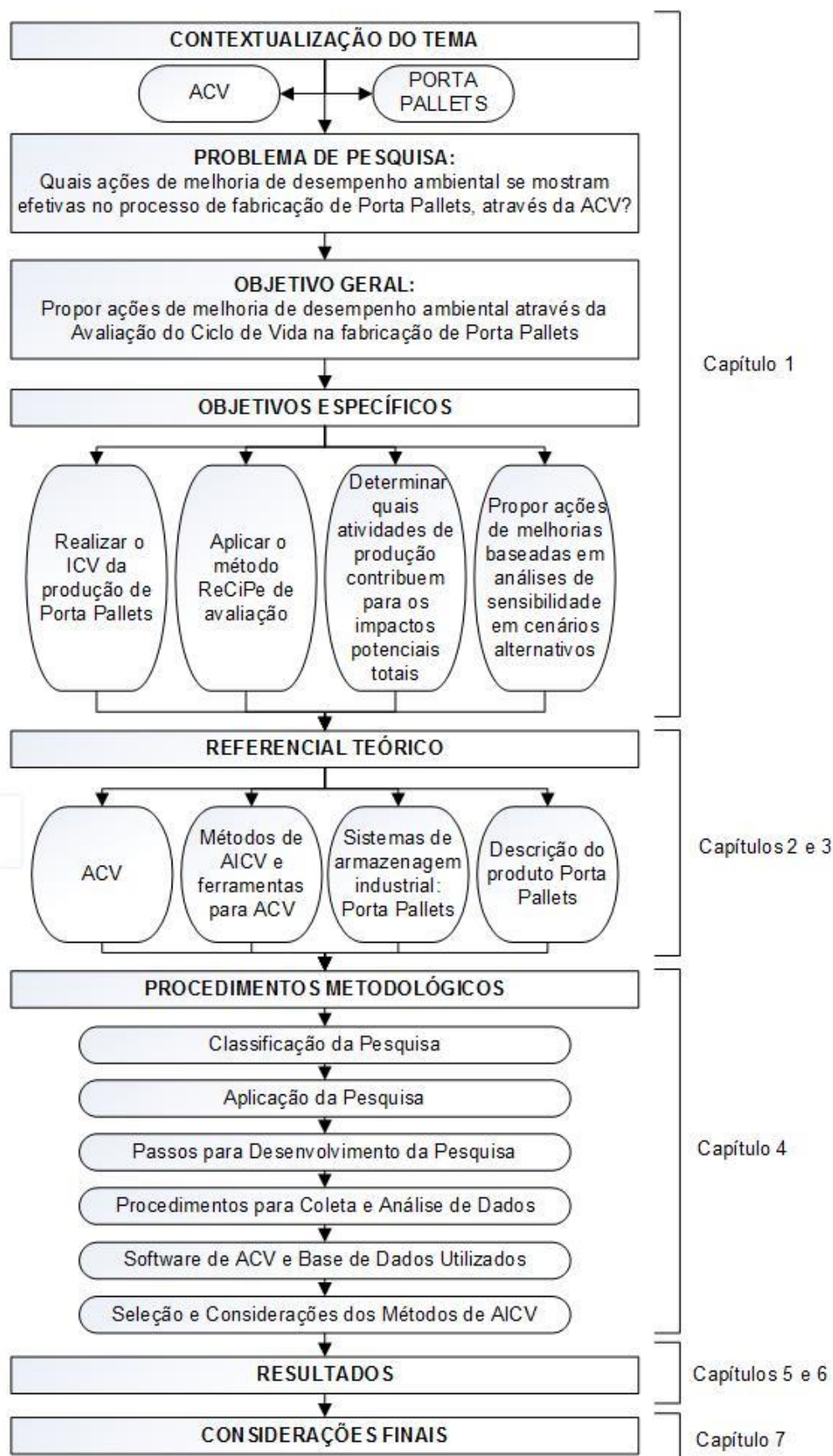


Figura 1 - Estrutura da Pesquisa
Fonte: Autoria Própria

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico sobre ACV e os sistemas de armazenagens, mais especificamente o Porta Pallets.

2.1 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

As organizações tendem a demandar atenção para assuntos de cunho econômico, porém devem promover ações que também gerem benefícios ambientais e sociais. Baseado nisso surgem iniciativas e maneiras de gestão sustentáveis.

O Triple Bottom Line (TBL) ou Tripé da Sustentabilidade, proposto por Elkington em 1997, apresenta as dimensões ambiental, social e econômica que as organizações devem focar seus esforços.

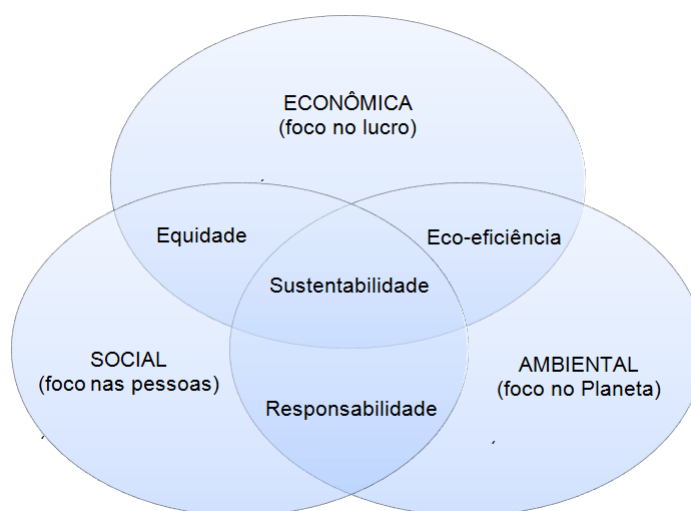


Figura 2 - Dimensões da Sustentabilidade
Fonte: Adaptado de ELKINGTON (1997)

A Figura 2 ilustra o TBL, cuja dimensão econômica tem seu foco no lucro. Já a dimensão social direciona sua atenção para as pessoas e a dimensão ambiental para o planeta.

Como mostra a figura, existem interseções entre as dimensões. Na interseção da dimensão econômica com a ambiental, tem-se a ecoeficiência, que segundo o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 1992) é a distribuição de bens e serviços com preços competitivos, que satisfazem as necessidades humanas e trazem qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactos ecológicos e a intensidade de extração dos recursos naturais ao longo do ciclo de vida, levando em consideração a capacidade estimada do Planeta. Entre a dimensão

social e econômica está a equidade e na interseção da dimensão ambiental com a social encontra-se a responsabilidade. Finalmente, na interseção das três dimensões está a Sustentabilidade.

Desta forma, é imprescindível para as organizações a utilização de instrumentos que gerem a sustentabilidade (PIEKARSKI, 2013). Sabendo-se disso a ACV se torna uma importante metodologia, a qual permite avaliar os impactos ambientais de um produto no decorrer do seu ciclo de vida.

O ciclo de vida visa identificar os impactos que ocorrem nas fases do ciclo de vida de um material, produto ou processo (CHUM, 2010). Na prática, o conceito de ciclo de vida significa avaliar os impactos potenciais do produto ou processo, a fim de auxiliar na tomada de decisão.

Em 2007, a *United Nations Environment Programme* (UNEP) juntou forças com a *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), definindo assim os principais objetivos do ciclo de vida: a redução da utilização de recursos, das emissões nocivas ao meio ambiente e a melhoria do desempenho socioeconômico nas fases do ciclo de vida de um produto (UNEP/SETAC, 2007).

A Figura 3 ilustra um sistema-produto mostrando as fases de um ciclo de vida genérico (UNEP/SETAC, 2007).

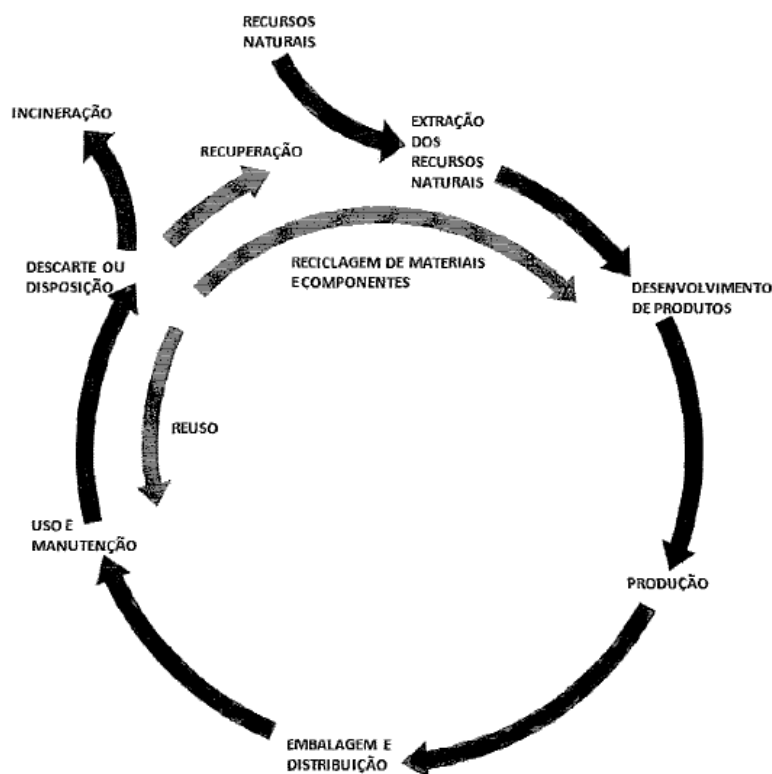


Figura 3 - Ciclo de vida de um produto
Fonte: Adaptado de UNEP/SETAC (2007)

Assim surge a ACV, que é uma técnica que afere os aspectos do ambiente e os impactos de um produto em relação a sua vida, desde a extração da matéria-prima, transformação de materiais, fabricação, distribuição, utilização, reparação/manutenção até sua eliminação ou reciclagem, ou seja, do berço ao túmulo (BUXEL, ESENDURAN e GRIFFIN, 2015).

A metodologia da ACV é estruturada e normatizada internacionalmente pela Organização Internacional para Normalização (ISO), pertencendo às normas ISO 14040 e 14044 (ISO, 2006a; ISO, 2006b). Ambas são consideradas as principais e mais importantes normas para avaliação ambiental baseada no ciclo de vida do produto e servem de base para outras normas mais específicas como ISO 14025 (Declaração de Produto Ambiental), ISO 14067 (Pegada de Carbono), ISO 14045 (Ecoeficiência), entre outras (KLÖPPFER, 2012).

No Brasil, as duas normas que regulam a ACV são:

- ABNT NBR ISO 14040:2009, Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura (ABNT, 2009a);
- ABNT NBR ISO 14044:2009, Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações (ABNT, 2009b).

Ambas foram elaboradas no Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (ABNT/CB-38), pela comissão de estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (CE-38:005.01). Estas normas são idênticas, em conteúdo técnico, estrutura e redação às normas internacionais ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, respectivamente, ambas elaboradas pelo TC 207. Elas cancelam e substituem as normas NBR ISO 14041, NBR ISO 14042, e a NBR ISO 14043 (ABNT, 2009a).

De acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009a), a ACV permite avaliar os impactos ambientais potenciais e os recursos utilizados durante todo o ciclo de vida de um produto (por exemplo, desde a aquisição de matérias-primas, envolvendo as etapas de produção, de consumo e disposição final do produto), através do levantamento e compilação de entradas e saídas de um sistema, avaliando os impactos potenciais associados a essas entradas e saídas e interpretando os resultados em relação aos objetivos de estudo.

A ACV tem como função avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais relacionados a um produto, mediante a realização de um inventário de entradas e

saídas pertinentes de um sistema de produto (ABNT, 2009a). Guinée (2001) completa tal conceito citando que a ACV é uma ferramenta para a avaliação do impacto ambiental de produtos levando em consideração todas as fases do seu ciclo de vida, desde a extração de recursos até seu descarte.

De acordo com Barbieri (2004, p. 146) a ACV também é conhecida pela expressão do berço ao túmulo (*cradle to grave*), berço indicando a extração dos recursos naturais e túmulo sendo o destino final dos resíduos que não serão reusados ou reciclados.

A ACV permite identificar ao longo do processo ou produto quais estágios do ciclo de vida contribui com mais significância para o impacto ambiental. As principais aplicações da ACV de acordo com Guinée (2001) estão em: analisar as origens dos problemas relacionados a um determinado produto; possibilitar melhorias por meio da comparação de variáveis de um produto qualquer; promover a concepção de novos produtos e possibilitar a escolha entre uma série de produtos comparáveis.

As aplicações da ACV estão relacionadas a duas grandes vertentes: a primeira se refere à comparação da função ambiental dos produtos, os quais exercem a mesma função, e a segunda à identificação de oportunidades de melhoria de desempenho ambiental (SILVA e KULAY, 2006).

Os mesmos autores citam ainda, que a utilização da ACV seguindo a primeira vertente identifica maior solicitação junto as organizações empresariais que tenham interesse em deixar claro, do ponto de vista ambiental, que seus produtos são melhores que de seus concorrentes, com a intenção de conquistar novos mercados.

Assim a UNEP (2007) menciona itens onde a ACV pode ajudar, são eles:

- Identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em diversos pontos relacionados a seu ciclo de vida;
- Tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não governamentais;
- Seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição;
- No marketing (por exemplo, uma declaração ambiental).

2.1.1 Fases da ACV

Segundo a norma ISO 14040, as fases da ACV são quatro: definição do objetivo e do escopo, análise do inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. Sendo que a interação entre as fases pode ser observada na Figura 4 (ABNT, 2009a).

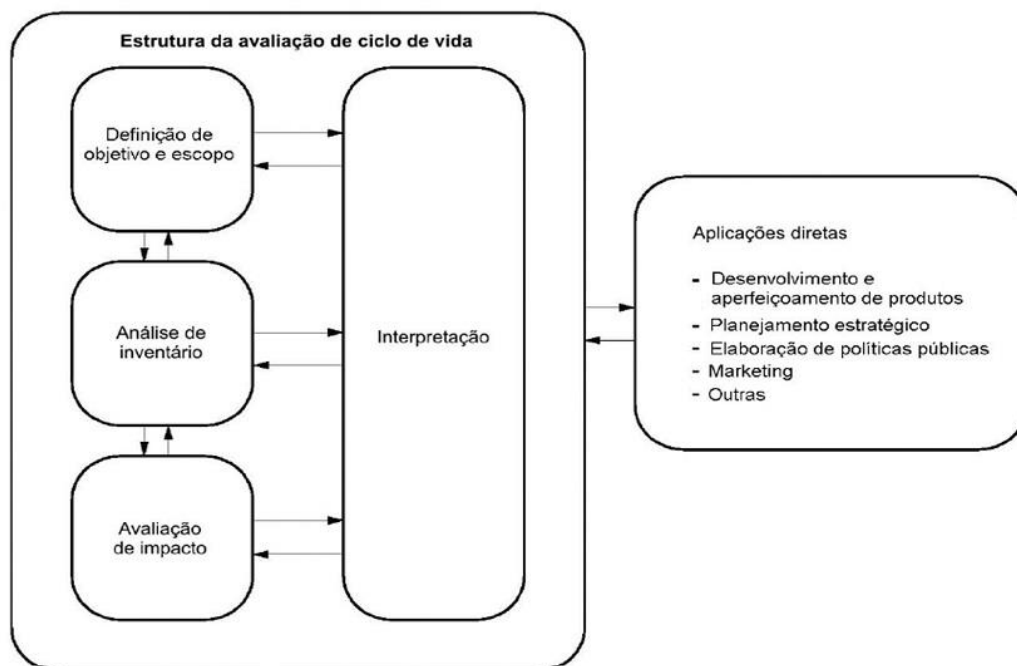


Figura 4 - Fases de uma ACV
Fonte: ABNT (2009a)

Na primeira fase, é determinado como o estudo da ACV será conduzido. Já na fase seguinte, onde na análise do inventário os dados necessários são levantados, coletados e analisados. Na fase de avaliação de impacto, os dados originados na etapa anterior são associados a impactos ambientais específicos e por fim na última fase os resultados são estudados de acordo com os objetivos definidos na primeira fase do estudo (LUZ, 2011).

2.1.1.1 Definição do objetivo e escopo

Trata-se do primeiro passo da Avaliação de Ciclo de Vida, é onde são feitas as escolhas iniciais que irão determinar o plano de trabalho da ACV do produto e onde serão estabelecidas as principais características do estudo (GUINÉ, 2001).

De acordo com a ABNT (2009a) o objetivo deve declarar de forma bem clara qual será a aplicação almejada, suas razões para se conduzir o estudo, o público-alvo e ainda ser consistente com a aplicação pretendida.

Já em relação ao escopo da pesquisa deve-se ter muito bem detalhado seus passos e abrangência, para que assim seja condizente com o objetivo traçado. E para que tais passos sejam alcançados com sucesso, a ISO 14044 (ABNT, 2009b) define algumas etapas a serem seguidas, são elas:

- O sistema do produto que irá ser estudado;
- As funções do sistema do produto;
- A unidade funcional;
- A fronteira do sistema;
- Os procedimentos de alocação, quando utilizados;
- A metodologia de AICV e os tipos de impactos selecionados;
- A interpretação a ser utilizada;
- Os requisitos de dados;
- As hipóteses;
- A escolha de valores e elementos opcionais;
- As limitações do estudo;
- Os requisitos de qualidade dos dados;
- Quando aplicável, o tipo de revisão crítica;
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

Desta forma a ACV pode ser muito complexa e por tal fato, ela deve conter uma ampla gama de informações sobre materiais utilizados, energia, processos de fabricação e principalmente alinhar as unidades funcionais, para que não haja divergências de resultados e interpretações futuras.

Concluindo a primeira fase da ACV, o objetivo e a definição do escopo rege quais informações deverão ser coletadas, e como os dados serão avaliados ambientalmente (PIEKARSKI, 2013). A segunda fase da ACV é a análise de inventário.

2.1.1.2 Análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

A análise de inventário do ciclo de vida é utilizada para a coleta de dados e procedimento de cálculo que tem como objetivo quantificar as entradas e saídas dos contornos do sistema do produto, onde tais dados constituirão a base para avaliação do impacto do ciclo de vida do mesmo (ABNT, 2009a). É nesta fase que se deve coletar um grande número de informações das unidades de processo, levando em conta os limites estabelecidos na fase anterior para o sistema do produto. Os dados coletados são agrupados considerando as cargas ambientais ou os itens a serem avaliados, e na unidade funcional (PEREIRA, 2008).

Neste caso, os dados podem ser classificados em títulos gerais incluindo: entradas de energia, matérias-primas, auxiliares e outras entradas físicas; produtos, coprodutos e resíduos; emissões atmosféricas, liberações para a água e solo, e outros aspectos ambientais (ABNT, 2009a). Desta maneira o produto do inventário do ciclo de vida é uma lista que contém os valores consumidos de energia e materiais e as quantidades de emissões poluentes ao meio ambiente (PEREIRA, 2008).

Nesta fase da ACV são identificadas todas as entradas e saídas de cada unidade de processo a fim de realizar a avaliação de quais são as mais importantes para a modelagem dos dados. Para isso são utilizados critérios de relevância nos aspectos de balanço de massa, balanço energético e importância para o meio ambiente (COSTA, 2007). Segundo Chehebe (1997) o critério mais empregado é o balanço de massa, que orienta a decisão para a inclusão de todas as entradas que contribuam mais do que uma determinada porcentagem da massa total de entrada do sistema em questão.

A ISO 14044 apresenta uma sequência dos procedimentos para análise do inventário, conforme apresentado na Figura 5. Assim a análise do inventário deve incluir principalmente: preparação para coleta dos dados, coleta, validação e agregação dos dados.

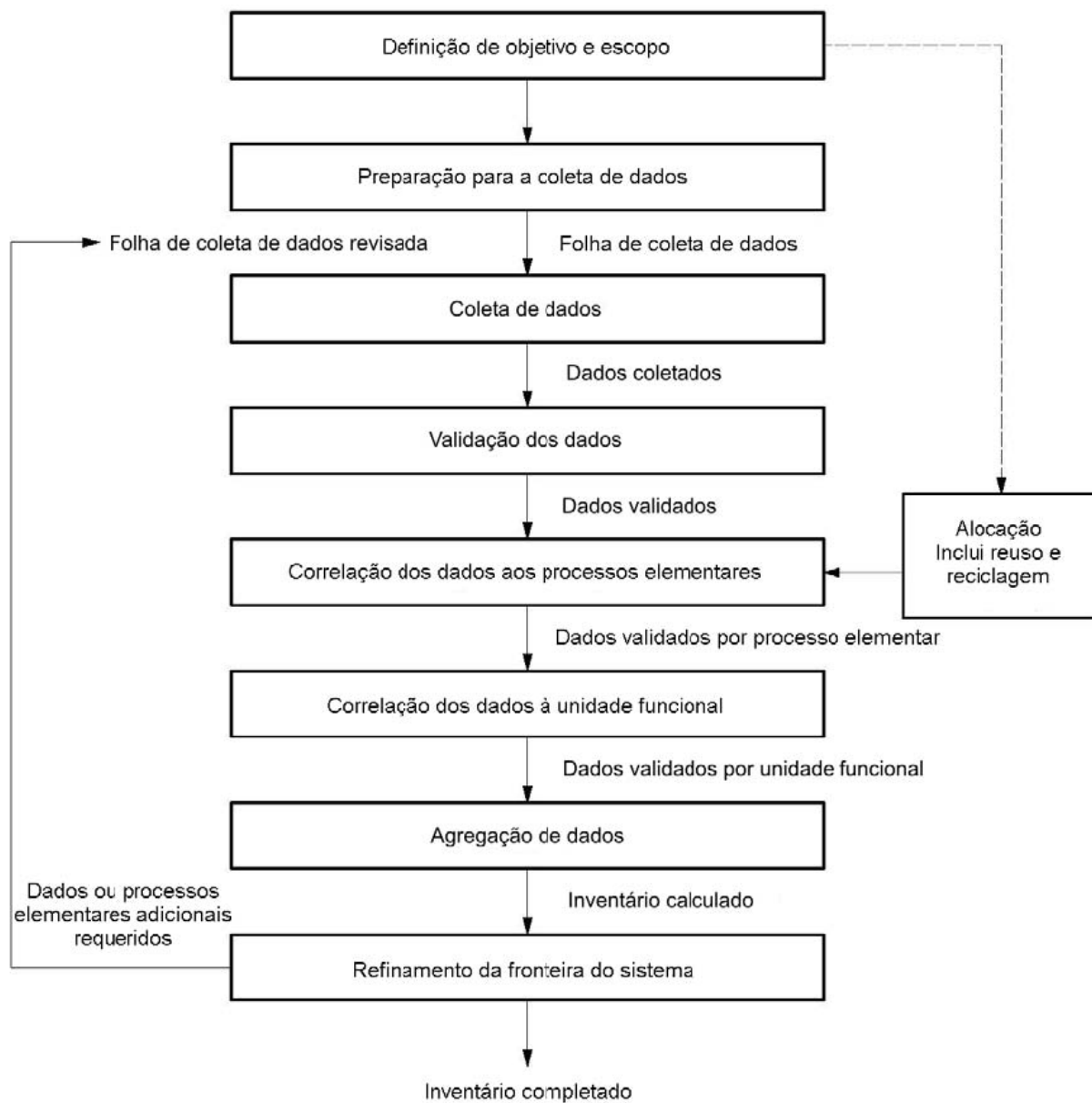


Figura 5 - Procedimentos para análise do inventário
Fonte: ABNT (2009b)

De acordo com Passuelo (2007), após a definição do objetivo e escopo é realizada a preparação para a coleta de dados, que pode incluir a definição de quais dados serão primários e secundários, o preparo das planilhas de coleta e o qual será o treinamento das pessoas para a coleta dos dados. Posteriormente à etapa de preparação, é realizada a coleta de dados propriamente dita, por via direta e/ou indireta, neste estágio do estudo é importante que seja verificado tanto o objetivo quanto o escopo estão sendo alcançados e que seja feito registro de todos os procedimentos realizados.

2.1.1.3 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

A fase de avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) utiliza os resultados obtidos na análise do inventário para aferir a significância dos impactos ambientais potenciais. A escolha dos impactos avaliados e dos métodos utilizados bem como o nível de detalhes também depende do objetivo e do escopo do estudo (ABNT, 2009a, p.15).

A Norma ISO 14040, indica que a AICV pode incluir elementos obrigatórios e elementos opcionais.

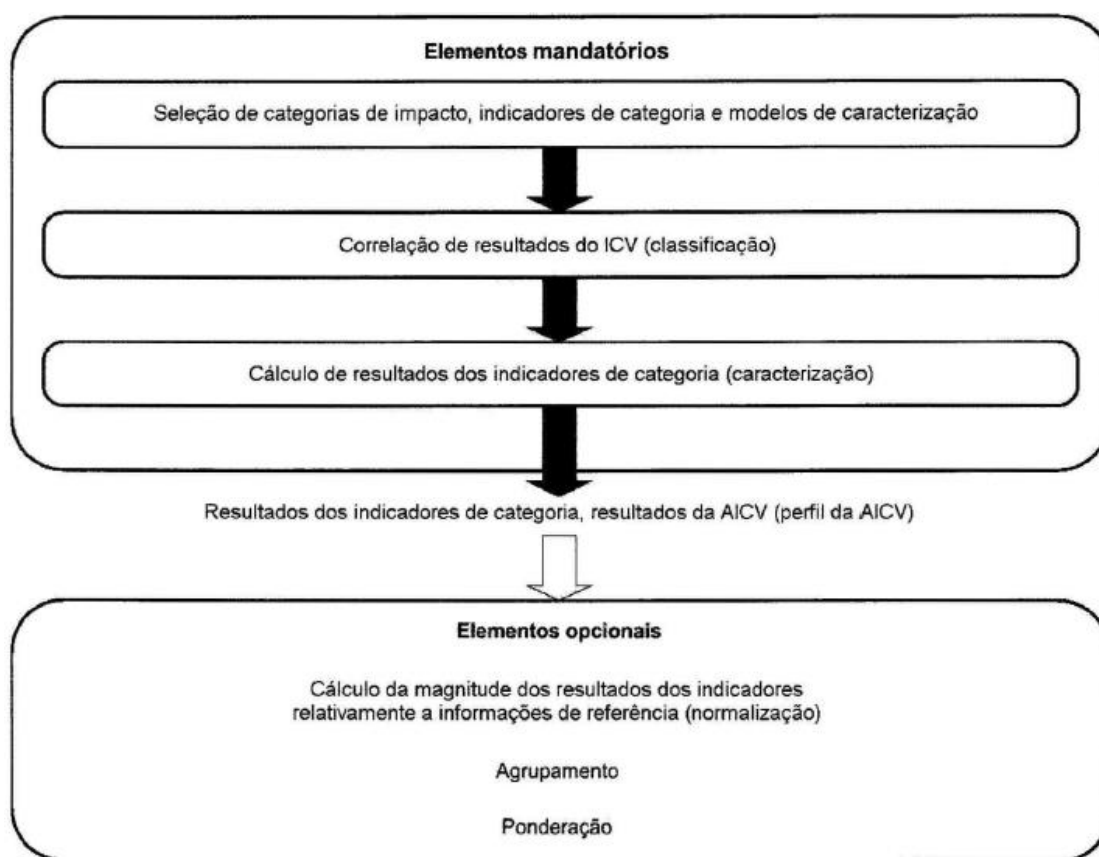


Figura 6 - Elementos da etapa de AICV
Fonte: ABNT (2009a)

Os elementos obrigatórios englobam a seleção das categorias de impacto, classificação e caracterização, já os elementos opcionais englobam a normalização, agrupamento, ponderação e análise adicional da qualidade dos dados, como demonstrados na Figura 6.

2.1.1.4 Interpretação

De acordo com a ISO 14040 nesta fase as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto são combinadas visando alcançar conclusões e recomendações. Assim as interpretações destas constatações podem se transformar em conclusões e recomendações úteis para os gestores (ABNT, 2009a).

A fase de interpretação do ciclo de vida de um estudo de ACV inclui diversos elementos como: identificação das questões significativas com base nos resultados das fases de ICV e AICV da ACV; uma avaliação do estudo, considerando verificações de completeza, sensibilidade e consistência; conclusões, limitações e recomendações (ABNT, 2009b).

Esse fato fornece uma espécie de controle da qualidade e essas informações podem ser utilizadas para refinar a definição do escopo e concentrar-se nas mais importantes unidades de processo (PIEKARSKI, 2013). A Figura 7 ilustra o relacionamento dos elementos da fase de interpretação com as outras fases da ACV.

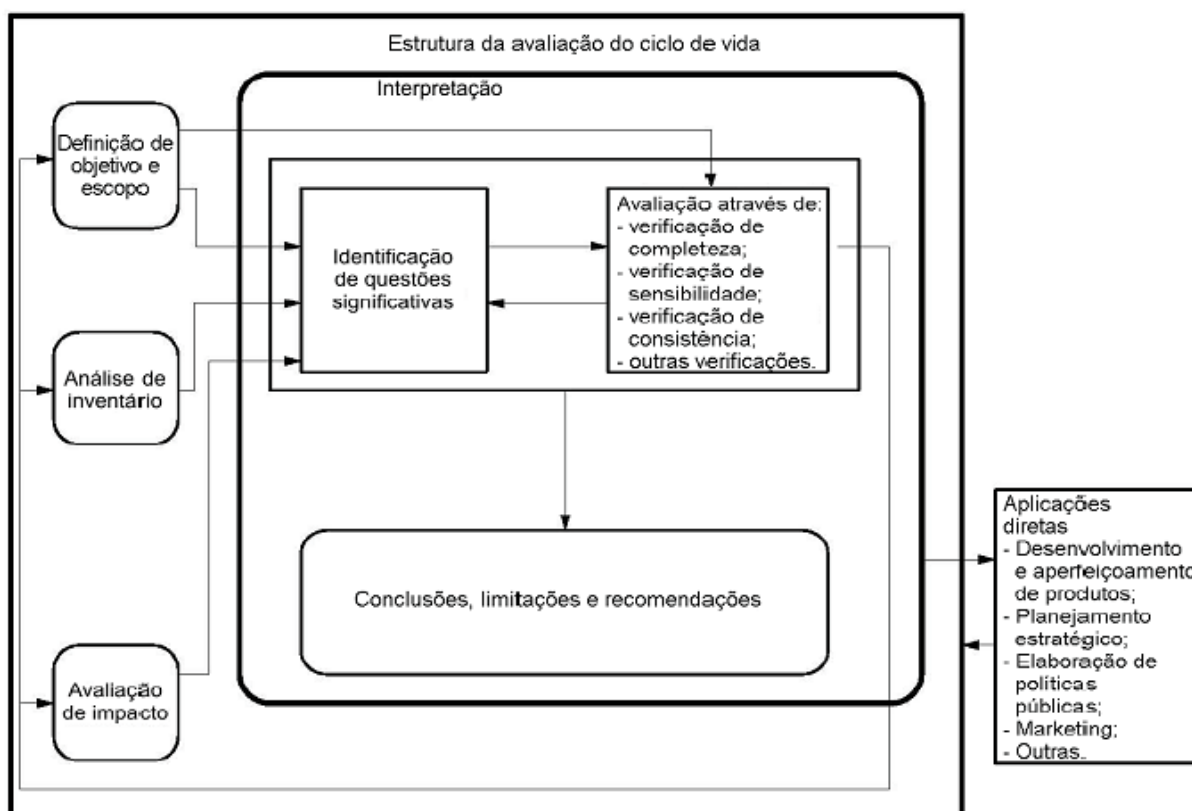


Figura 7 - Relacionamento dos elementos da fase de interpretação com outras fases da ACV
Fonte: ABNT (2009b)

A fase de interpretação relaciona-se com todas as outras fases da metodologia ACV e ainda fornece, através de seus resultados, aplicações diretas no

desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos, planejamento estratégico, elaboração de políticas públicas, marketing e outras (PIEKARSKI, 2013).

Os resultados das fases de ICV ou AICV devem ser interpretados de acordo com o objetivo e escopo do estudo e a interpretação deve incluir uma avaliação e uma verificação de sensibilidade em relação às entradas, saídas e escolhas metodológicas significativas, visando ao entendimento da incerteza dos resultados (ABNT, 2009b).

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA

É durante a terceira fase da ACV que os métodos de avaliação de impactos de ciclo de vida (AICV) são explanados. Tais métodos são expostos com características individuais peculiares e são classificados em duas categorias: *midpoint* (ponto médio) e *endpoint* (ponto final) (PIEKARSKI, 2013).

Midpoint é o nível onde todos os dados referentes ao inventário do ciclo de vida (ICV) são adequadamente adicionados em categorias de impacto de acordo com uma característica comum na cadeia de causa efeito do mecanismo ambiental. Tais atributos não simulam os resultados finais sobre o percurso ambiental das emissões apresentadas no ICV, mas sim indicadores de impacto em potencial (CAVALETT et al, 2012).

Já a categoria *endpoint* caracteriza a gravidade ou as consequências de categorias de impacto de ponto médio nas áreas de proteção. Esta caracterização a nível *endpoint* exige modelar todos os mecanismos ambientais que conectam os resultados do inventário, com o respectivo impacto sobre as áreas de proteção sendo, portanto, quantificadas as consequências (danos) finais das emissões (CAVALETT et al., 2012).

Desta forma pode-se dizer que a principal diferença entre os métodos *endpoints* e *midpoints*, é que o primeiro citado irá ilustrar os danos finais, ou seja, facilitando a compreensão por parte dos tomadores de decisões, em contrapartida tais danos, por abrangerem uma grande quantidade de dados, podem assumir uma opinião pessoal grande. Já os *midpoints*, ilustram os danos parciais, apresentando indicadores de impactos em potencial, o que apesar de eliminar divergências na interpretação dos resultados, pode acarretar em dúvidas para os gestores no que se refere por qual “caminho” iniciar.

Assim as características mais importantes a serem observadas em um método de AICV são suas categorias de impacto ambiental (ALVARENGA, 2010). Sendo que cada método apresenta um conjunto de categorias específicas que podem ser observados na Figura 8.

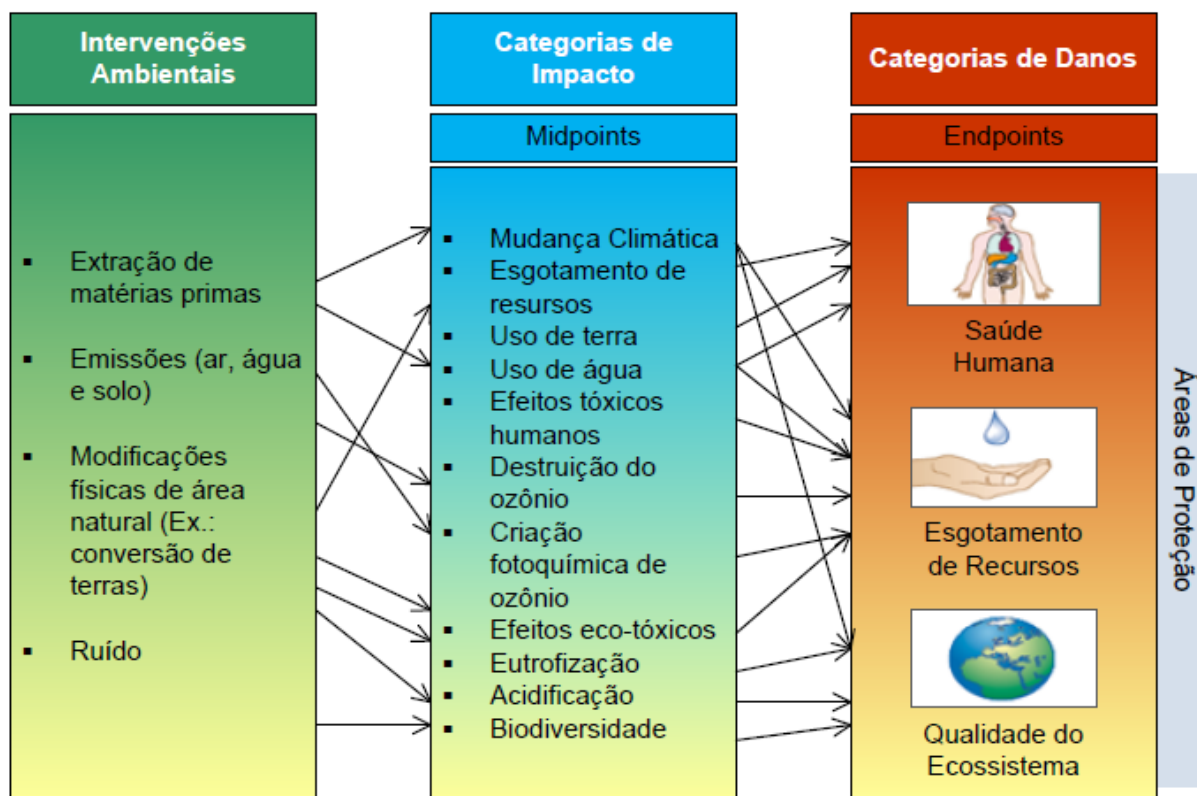


Figura 8 - Categorias de impacto a midpoint e endpoint
Fonte: United Nations Environment Programme (2011)

Vários métodos de avaliação de impacto foram desenvolvidos e aplicados em estudos de ACV. Cada método de AICV possui categorias de impacto e/ou categorias de danos diferenciadas. A escolha do método de avaliação é feita tomando-se como base a análise das questões ambientais relevantes para o ciclo de vida do produto estudado (SILVA, 2012).

Desta maneira, a escolha de métodos de AICV são livres, ou seja, não há um padrão a se seguir para a escolha certa de um método. O que irá interferir diretamente em tal decisão é o objetivo principal do estudo e área de aplicação. Outro ponto importante a ser seguido é a pesquisa de outros artigos já publicados referentes ao escopo e objetivos parecidos com a pesquisa atual.

Assim foram fornecidos detalhes mais específicos, bem como as categorias de impactos e as considerações gerais sobre o método de AICV empregado neste

estudo: ReCiPe. A justificativa da escolha deste método, está descrita na seção 4.6 do capítulo 4 - Metodologia deste estudo.

2.2.1 ReCiPe 2008

Em 2000 uma sessão especial que se centrou na compreensão dos pontos fortes e fracos dos métodos *midpoint* e *endpoint* foi organizada em Brighton, imediatamente após as conferências SETAC, e 50 especialistas em ACV concluíram que seria desejável ter uma estrutura comum, na qual ambos os indicadores pudessem ser usados. Esse consenso tornou-se a base do método ReCiPe (GOEDKOOPE et al., 2009).

O método recebeu este nome por fornecer uma “receita” (em inglês, *recipe*), para calcular os indicadores de impacto do ciclo de vida, e também por representar as iniciais dos institutos que deram grandes contribuições em seu projeto (a Radboud University Nijmegen - RIVM, o centro de pesquisa CML da Universidade de Leiden e a empresa PRé Consultants).

O método ReCiPe é uma continuação dos métodos Eco-indicador 99 e CML 2002. Ele integra e harmoniza as abordagens *midpoint* e *endpoint* em uma estrutura consistente, cujo objetivo principal é transformar a longa lista de resultados do ICV, em um número limitado de pontuações dos indicadores (GOEDKOOPE et al., 2009). Tais pontuações expressam a gravidade relativa em uma categoria de impacto ambiental. Sendo determinados esses indicadores em dois níveis: 1) Dezoito indicadores de *midpoint*; 2) Três indicadores de *endpoint*.

As categorias de impacto de *midpoint* abordadas são: mudança climática, depleção de ozônio, acidificação terrestre, eutrofização aquática (água doce), eutrofização aquática (marinha), toxicidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, formação de matéria particulada, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade aquática (água doce), ecotoxicidade aquática (marinha), radiação ionizante, uso da terra agrícola, uso da terra urbana, transformação da terra natural, esgotamento de recursos fósseis, esgotamento de recursos minerais e esgotamento de recursos de água doce. Já as categorias de impacto de *endpoint* são: danos à saúde humana, danos aos ecossistemas e danos à disponibilidade de recursos (EC-JRC, 2010a; GOEDKOOPE et al., 2009).

A seguir, no Quadro 1, são explanadas de forma mais completas as categorias de impactos abordadas neste estudo de acordo com o produto em questão.

Categorias de Impactos Utilizadas	Definição	
Ecotoxicidade terrestre	É a medida de como substâncias tóxicas afetam o ambiente e os organismos que nele vivem. Podem-se afetar organismos vivos, a função e a estrutura do ecossistema. A unidade de medida é expressa em 1,4 diclorobenzeno equivalente (kg 1,4 DCB-eq.).	ReCiPe 2008
Depleção de recursos fósseis	É a extração de recursos não vivos da natureza, o que se traduz nos recursos não renováveis. A unidade de medida é expressa por kg de Ferro equivalente (Kg de Fe-eq.).	
Formação de oxidantes fotoquímicos	É a medida da formação de substância reativas (principalmente o ozônio) que ocorrem sob a influência dos raios ultravioletas, onde os NOx e VOCs reagem, produzindo oxidantes que causam o nevoeiro fotoquímico (<i>smog</i>). Pode causar danos para saúde humana e ecossistemas, e também em cultivos agrícolas. A unidade de medida é expressa em compostos orgânicos voláteis não metânicos (kg NMVOC).	
Depleção de ozônio	É a medida da liberação de químicos que reduzem a camada de ozônio (O ₃) na estratosfera. Esta redução é causada por emissões de substâncias como clorofluorcarbonos (CFCs) que interferem nas reações químicas normais de oxigênio. Pode ocasionar maior incidência de radiação ultravioleta sobre a superfície terrestre causando doenças humanas, desequilíbrios nos ecossistemas, etc. A unidade de medida é expressa em Kg de clorofluorcarbonos por emissão (Kg CFC-eq.).	
Toxicidade humana	É a medida dos efeitos das emissões do ciclo de vida do produto na saúde humana seja por inalação ou ingestão. Não são considerados os efeitos tóxicos de exposições no ambiente de trabalho, mas sim, os medidos na antroposfera. Os efeitos incluídos são toxicológicos crônicos, efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos, e impactos associados a uma determinada massa de um elemento químico emitido ao ambiente, entre outros. A unidade de medida é expressa em 1,4 diclorobenzeno equivalente (kg 1,4 DCB-eq.).	

Eutrofização de água doce	É a medida dos impactos causados no meio ambiente devido ao nível excessivo de macros nutrientes causados pela emissão de nutrientes ao ar, água e solo. Pode resultar na diminuição de oxigênio dissolvido na água, alterando a biodiversidade de ecossistemas. A unidade de medida é em fósforo equivalente (kg P-eq).	ReCiPe 2008
Mudança climática	É a quantidade de gases de efeito estufa – GEE (ex.: CO ₂ , CH ₄) que contribuem para o aumento da temperatura terrestre na baixa atmosfera e geram o aquecimento global e mudanças climáticas regionais repentinas que afetam o ecossistema e o bem-estar humano. A unidade de medida é expressa em dióxido de carbono equivalente (kg CO ₂ -eq.).	
Eutrofização marinha	O enriquecimento abrupto e excessivo de nutrientes causados especificamente por substâncias a base de fósforo ou nitrogênio é a principal causa deste impacto para eutrofização aquática para águas marinhas. A unidade de medida é expressa em nitrogênio equivalente (kg N eq.).	
Acidificação terrestre	É a medida da capacidade que certas substâncias possuem em receber e liberar íons de H ⁺ que resultam em redução de pH, contribuindo para a acidez do solo e da água. O principal efeito é a chuva ácida que impacta sobre fauna e flora. A unidade de medida é expressa em dióxido de enxofre equivalente (kg SO ₂ -eq.).	
Formação de material particulado	É o termo utilizado para uma mistura de partículas sólidas e gotas de líquidos encontrados na atmosfera. Algumas dessas partículas podem ser grandes, escuras e, portanto, visíveis, tais como a fumaça ou a fuligem (chamadas partículas grossas, ou maiores que 2,5 micrômetros). Outras são tão pequenas que somente podem ser vistas através de um microscópio (chamadas partículas finas, ou menores que 2,5 micrômetros). A unidade de medida é expressa em óxido nítrico por material particulado (kg NO ₂ /MP)	

Quadro 1 - Categorias de Impactos contempladas no método AICV ReCiPe 2008 do estudo
Fonte: Autoria Própria

Cada método (*midpoint* ou *endpoint*) contém fatores de acordo com as três perspectivas culturais. Estas perspectivas representam um conjunto de escolhas sobre questões como a perspectiva de tempo ou expectativas que a gestão adequada ou desenvolvimento de tecnologia futura podem evitar a respeito de danos futuros (GOEDKOOOP et al., 2009). São elas:

- Individualista (I/A): a curto prazo, o otimismo de que a tecnologia pode evitar muitos problemas no futuro.
- Hierárquica (H/A): modelo de consenso, como muitas vezes encontradas em modelos científicos, considerado como o modelo padrão.

- Igualitária (E/A): a longo prazo, com base no pensamento princípio da precaução.

Criando desta forma conjuntos de normalização e ponderação de coeficientes, que levam em conta os diferentes pontos de vista e podem ser utilizados para analisar a sensibilidade dos resultados. Sendo que diferentes conjuntos de coeficientes na análise de sensibilidade ajudam a reduzir a incerteza (BURCHART-KOROL, KOROL, CZAPLICKA-KOLARZ, 2016).

Como padrão na ACV, recomenda-se usar a perspectiva hierárquico (H/A), que leva em consideração os mecanismos e modelos dos impactos amplamente aceitos no mundo (BURCHART-KOROL, KOROL, CZAPLICKA-KOLARZ, 2016). Desta forma tal perspectiva hierárquica foi utilizada para a realização da ACV do sistema de fabricação de Porta Pallets.

2.3 FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Como um estudo de ACV gera e necessita de uma grande quantidade de dados, com o desenvolvimento e aprimoramento da técnica, foram desenvolvidos alguns softwares e base de dados a fim de ajudar a realização de uma ACV. Destes, pode-se citar o SimaPro, Umberto, Gabi e a base de dados Ecoinvent.

2.3.1 Software Umberto

Umberto foi desenvolvido pela instituição Alemã ifu Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH (Instituto de Informática Ambiental Hamburg Lda.), para modelagem, visualização de cálculo e avaliação dos sistemas de fluxo de materiais e energia, tendo como finalidade organizar os dados obtidos possibilitando clareza na obtenção e interpretação dos resultados (LUZ, 2011).

Um dos benefícios deste software é a possibilidade de analisar e otimizar os sistemas de processo de produção. Podendo neste caso, ser empregado para estudar uma única linha de produção, uma planta ou toda a empresa. Tal software permite o diagnóstico em várias perspectivas, tais como (UMBERTO, 2014b):

- Análise do fluxo de materiais, com modelagem gráfica;

- Otimização dos sistemas de produto;
- Avaliação do Ciclo de Vida (ACV);
- Análises e relatórios, dos custos e impactos ambientais;
- Cálculo e visualização de indicadores de desempenho.

Por este motivo, este software vem sendo grandemente utilizado por indústrias de gestão de resíduos, químicas e de impressão. Sendo também, utilizado por empresas de consultoria e investigação na realização de projetos e universidades (UMBERTO, 2014a). De acordo com Umberto (2014c), são dois os principais objetivos que levam à utilização deste software nas empresas. O primeiro, é detectar pontos importantes para otimização dos processos no sistema de produção, e o segundo, reduzir os recursos de materiais e energia e minimizar as quantidades de emissões poluentes. Além disso, de acordo com Durão (2009) o Umberto permite visualizar fluxos, analisar e avaliar os impactos ambientais.

Devido a sua grande versatilidade, este software pode ser adaptado para atender às especificidades da indústria. Gerando uma visualização de todo o processo, desde a extração da matéria-prima até o descarte do produto final (UMBERTO, 2014b). Isso pode resultar em apoio significativo à tomada de decisão dentro das organizações (UMBERTO, 2014c).

O software Umberto® trabalha com redes de fluxo, onde tais redes são compostas transições, lugares e setas/fluxos (Figura 9) (NUNES et al., 2010).

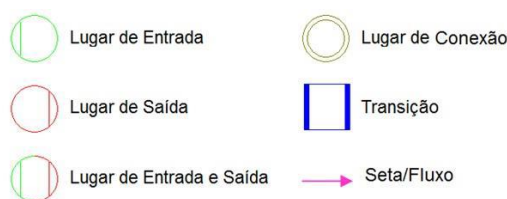


Figura 9 - Representação de componentes de rede do Umberto®
Fonte: Software Umberto®

Os círculos simbolizam os lugares/places, e são classificados em lugares de entrada (inputs), lugares de saída (outputs), lugares de entrada e saída (inputs/outputs) e lugares de conexão (connection). Nestes lugares não há processamentos de materiais, apenas são alocados os insumos e resíduos do processo, sendo que nas conexões o mesmo material que entra tem de ser o mesmo

que sai, ou seja, a quantidade não pode variar. Já a transição, que seria onde ocorre de fato o processo dos materiais, são ilustradas por um quadrado. A interligação dos lugares com as transições realizando assim a formação de uma rede é ilustrado com as setas. (NUNES et al., 2010).

O software também possui interface com a base de dados internacional da Ecoinvent v. 3.2, onde a mesma apresenta ICV em diversas áreas como: agricultura, transportes, abastecimento de energia, produtos químicos a granel e de especialidade, materiais de construção, materiais de embalagem, metais básicos e preciosos, processamento de metais, eletrônica, bem como o tratamento de resíduos. ICV são baseados em dados industriais compilados por institutos de pesquisa de renome internacional e examinadores da ACV. Os dados ficam disponíveis no formato de dados EcoSpold, e são compatíveis com as principais ferramentas (softwares) de ACV (ECOINVENT, 2014).

Cada software desenvolvido para apoio a ACV apresenta características diferentes e, devido ao grande número de ferramentas que podem ser utilizadas nestes estudos, um ponto importante na sua escolha, de acordo com EPA (2006), é verificar se ela atenderá o nível de análise requerida dos dados para cumprimento do objetivo estabelecido. Para auxiliar nesta escolha segundo Tateyama (2007) algumas características de um bom software de ACV podem ser observadas: Quanto ao uso; Quanto aos dados; Quanto à qualidade dos dados; Quanto ao relatório; Configurações de hardware já difundido no mercado; Acessível financeiramente; Trabalhar com uma base de dados de qualidade e que possa ser frequentemente atualizada.

Neste âmbito, o software Umberto®, apresenta-se como uma ferramenta versátil para estudos de ACV, visto seu caráter científico e integração com a base de dados Ecoinvent. A versatilidade do software permite seu uso nos mais variados processos industriais, entre eles, o setor de produção de Porta Pallets.

3 SISTEMAS DE ARMAZENAGEM INDUSTRIAL: PORTA PALLETS

Os sistemas de armazenagem industrial surgiram em 1930, eram compostos por cantoneiras de aço de perfis formados a frio (nas colunas) e apresentavam perfurações ao longo de seu comprimento. Os projetistas da época utilizavam ligações parafusadas nesses sistemas por ter um número variado de configurações possíveis (GODLEY, 1991).

As cantoneiras usadas no sistema possuíam baixa resistência à torção e, para garantir a estabilidade do conjunto, eram necessários muitos contraventamentos. Por esse motivo e pelo elevado custo dos parafusos associado à dificuldade na execução das ligações, foram desenvolvidas “garras dentadas” nas extremidades das vigas e os furos nas colunas foram restringidos. Com isso, a montagem se tornou mais fácil e rápida (MIRANDA, 2011).

O Porta Pallets (PP) convencional é o mais comum utilizado para estocar produtos. O carregamento e o descarregamento são realizados com o auxílio de empilhadeiras, que necessitam de corredores com dimensões específicas para a movimentação dos produtos com o mínimo de repetições possíveis (MIRANDA, 2011).

A altura dos PP é determinada pelo tipo de empilhadeira utilizada. As convencionais alcançam uma altura média de 6m. A grande desvantagem desse modelo é a obrigação dos corredores de acesso serem maiores (ver Figura 10), o que diminui a quantidade de produtos estocados (MIRANDA, 2011).

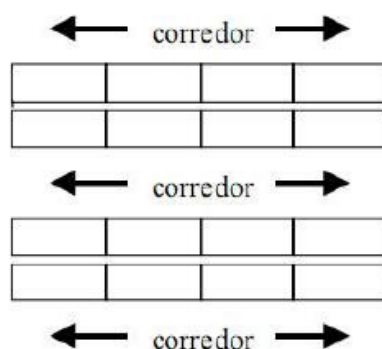


Figura 10 - Vista superior do sistema Porta Pallets
Fonte: Campos (2003)

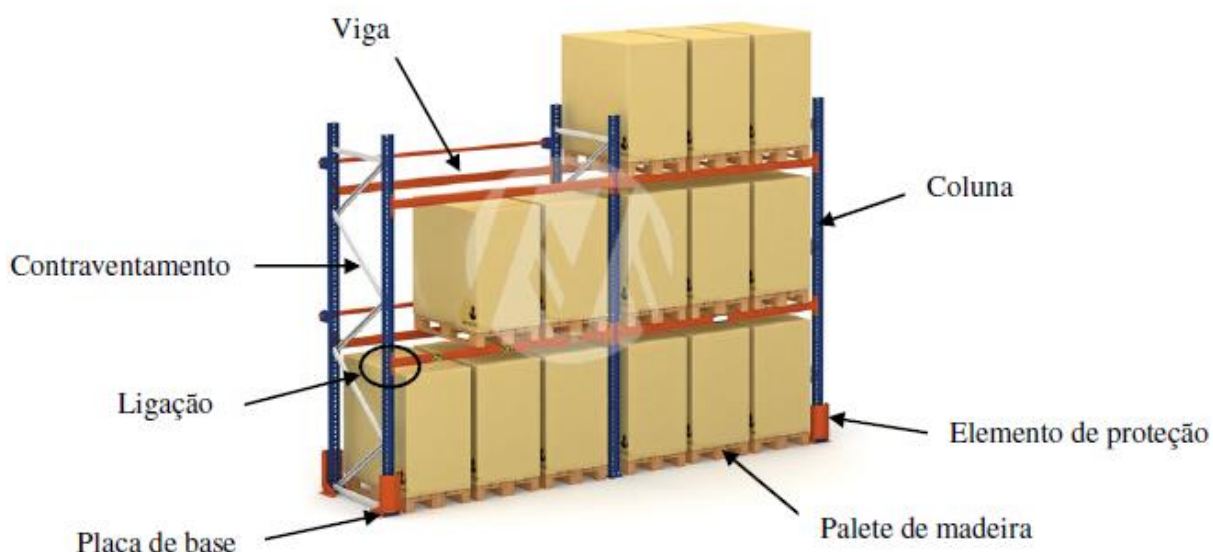


Figura 11 - Componentes do sistema Porta Pallets
Fonte: Mecalux (2015)

Na Figura 11, é exibida uma imagem tridimensional do sistema Porta Pallets indicando seus principais componentes. A fim de esclarecer possíveis dúvidas relacionadas ao produto estudado e avaliado, serão aprofundados tais componentes individualmente, são eles: as vigas/longarinas, colunas, contraventamentos/travessa e diagonal, distanciadores, placa de base/sapata e ligações viga-coluna/garra.

3.1 VIGAS/LONGARINAS

As longarinas têm a função de suportar a carga dos paletes e transmiti-lo às colunas e sapatas por meio das travessas e diagonais (OLIVEIRA, 2000). A Figura 12 apresenta os perfis mais utilizados (abertos e fechados) para as longarinaas do sistema Porta-Pallets, da esquerda para direita: seções U, I, sigma, fechada e semi-aberta (Ue).

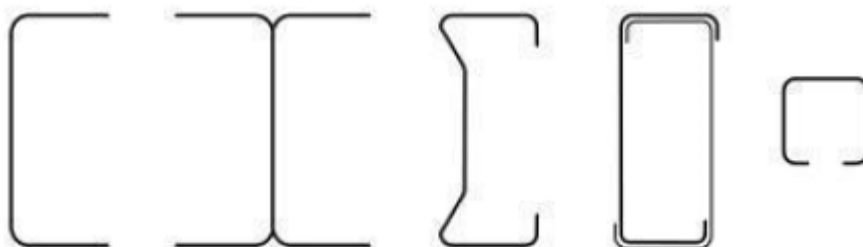


Figura 12 - Seções transversais usuais das vigas do Porta Pallets
Fonte: Ribeiro (2006)

As seções abertas são mais baratas, já que a fabricação é mais fácil em relação aos perfis fechados. O modo de operação de um PP geralmente é realizado com o armazenamento de dois pallets por par de longarina, porém pode chegar até três pallets por par conforme ilustra a Figura 13 (MIRANDA, 2011).



Figura 13 - Sistema Porta Pallets carregado com três ou dois pallets por viga
Fonte: Água Sistemas (2015)

Essa variação de peso e comprimento das longarinas irão sofrer alterações conforme solicitação do cliente e tipo de produto estocado.

3.2 COLUNAS

O tipo de coluna utilizada poderá variar conforme o fabricante da estrutura. Cada um apresenta um padrão de furos ao longo da coluna, que facilitam o encaixe com as garras das longarinas, travessas e diagonais e o encaixe do pino de segurança. Os sistemas mais utilizados são com colunas abertas do tipo U e rack (ou garrafa), conforme a Figura 14 (MIRANDA, 2011).

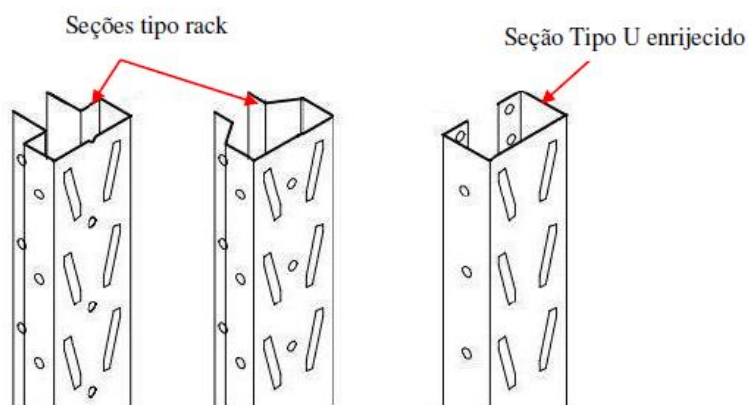


Figura 14 - Tipos de perfis/seções utilizadas nas colunas dos Porta Pallets
Fonte: Campos (2003)

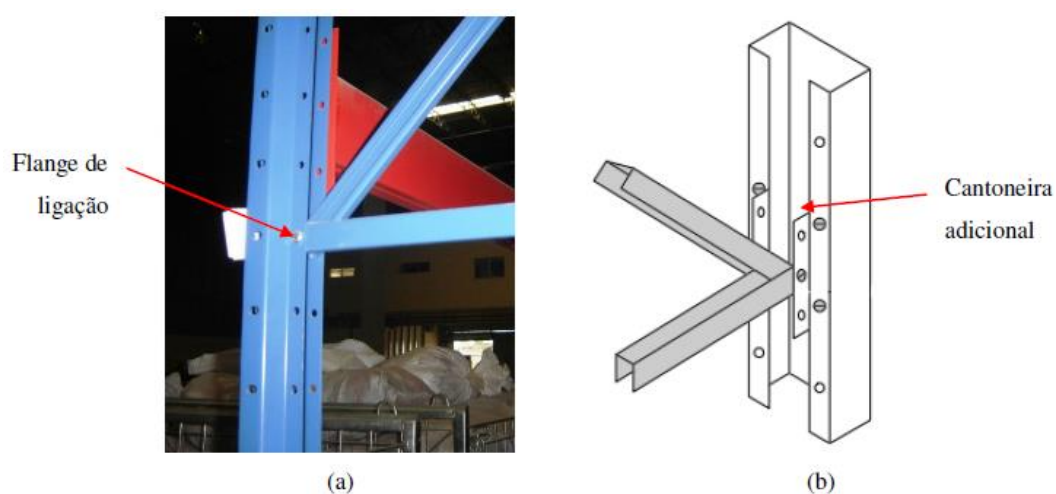


Figura 15 - Ligação das travessas e diagonais nas colunas: (a) com flanges de ligação da seção tipo rack; (b) com cantoneiras adicionais na seção U enrijecido
Fonte: Ribeiro (2006)

A Figura 15 mostra como é feita a ligação das travessas e diagonais nas seções do tipo rack e U enrijecido, sendo que a do tipo U deverá obrigatoriamente ter cantoneiras adicionais para a fixação (MIRANDA, 2011).

3.3 CONTRAVENTAMENTOS

As travessas e diagonais garantem a estabilidade e segurança do sistema, utilizando cantoneiras do tipo U enrijecido. No sistema de armazenagem do tipo PP, são fixados em suas faces laterais, nas colunas (Figura 16) (MIRANDA, 2011).



Figura 16 – Travessas e diagonais do sistema Porta Pallets
Fonte: Águia Sistemas (2015)

Dependendo da necessidade, é possível também inserir contraventamentos verticais de fundo no sistema (Figura 17).



Figura 17 - (a) e (b): Contraventamento vertical adicional para o sistema Porta Pallets
Fonte: Águia Sistemas (2015)

Este sistema possui a desvantagem da perda de acessibilidade aos produtos por um dos lados do Porta Pallets (MIRANDA, 2011).

3.4 DISTANCIADORES

Os distanciadores são utilizados para unir as colunas e estão posicionados na face lateral do sistema, ou seja, para realizar a união de dois módulos de PP como ilustra a Figura 18 (MIRANDA, 2011).

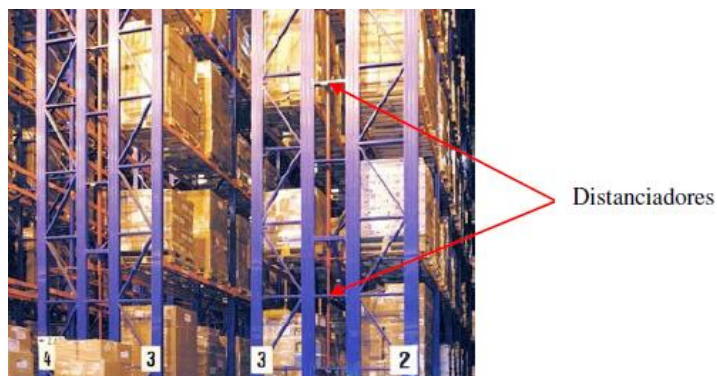


Figura 18 - Distanciadores do sistema Porta Pallets

Fonte: Esmena (2014)

Os distanciadores são geralmente compostos por seções do tipo U simples, pois não necessitam suportar grandes cargas sobre suas seções (MIRANDA, 2011).

3.5 PLACAS DE BASE/SAPATAS

As sapatas são utilizadas para fixar as colunas ao piso e distribuir a carga (ALTAMIRA, 2011). Como ilustrado na Figura 19.

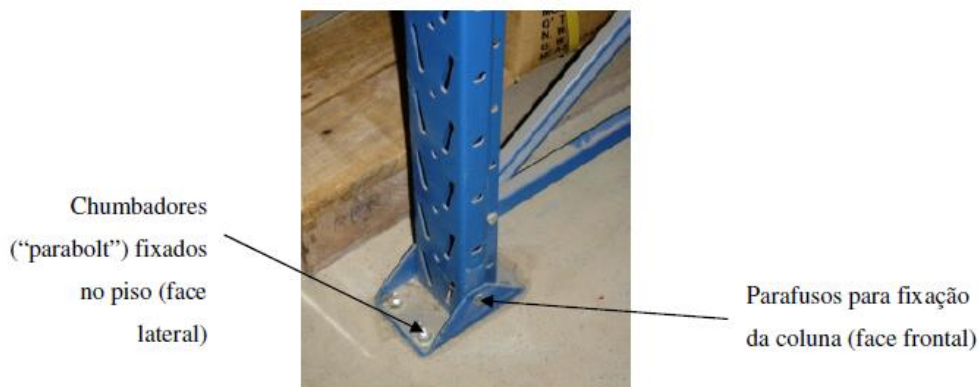


Figura 19 - Placa de base do sistema Porta Pallets

Fonte: Ribeiro (2006)

O nivelamento do piso é de suma importância para que as imperfeições geométricas não apareçam na estrutura. Caso sejam detectados desníveis elevados no piso, devem ser acrescentadas placas niveladoras (MIRANDA, 2011).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo são explanados a metodologia deste estudo, sendo apresentada a classificação e aplicação da pesquisa, bem como os passos e procedimentos para elaboração do trabalho.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Seguindo as classificações existentes tal pesquisa se caracteriza de acordo com:

- A natureza: aplicada, pois irá gerar conhecimento com a aplicação prática do modelo, onde poderão ser avaliadas as informações obtidas em um estudo de ACV e analisadas a fim de propor cenários alternativos para melhora de processo e/ou produto;
- A abordagem do problema: qualitativa, pois gera propostas de melhorias a fim de otimizar o sistema produtivo e quantitativa, pois comprova através de números os dados associados ao ciclo de vida do Porta Pallets, bem como suas avaliações de impactos;
- Os objetivos: descritiva, pois ela visa ampliar o nível de conhecimento sobre a ACV, assim após a coleta de dados será realizada uma análise de relações entre os dados (ICV) para posterior determinação dos efeitos resultantes (AICV) para o sistema do produto.
- Os métodos técnicos: estudo de caso, pois envolve um estudo profundo e específico de processos produtivos do Porta Pallets. Permitindo conhecimento amplo e detalhado de cada etapa do sistema do produto.

4.2 APLICAÇÃO DA PESQUISA

O caso foi realizado em uma indústria metalúrgica produtora de Porta Pallets, localizada no território nacional. A capacidade produtiva da empresa para o ano de 2014 foi de aproximadamente 24 mil toneladas de Porta Pallets, sendo que esse número pode sofrer alterações de acordo com a demanda do mercado. A indústria pesquisada fornece soluções na área de logística para todo o território nacional, com

vários tipos de produtos que complementam toda a infraestrutura e oferece soluções de movimentação e armazenagem de materiais, sendo o Porta Pallets um dos seus principais produtos. Ela também tem como clientes as maiores multinacionais presentes no país e recentemente figurou entre uma das 1500 empresas como o melhor desempenho financeiro do País. Tais fatos justificam a escolha da empresa para o estudo de caso.

4.3 PASSOS PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

As sugestões de melhorias de desempenho ambiental baseadas no ciclo de vida da produção do Porta Pallets, foram fundamentadas nos resultados de sua ACV, tornando-se então, o primeiro passo desta pesquisa.

Para a correta condução do trabalho, as normas ISO 14040 e 14044 (ABNT, 2009a, ABNT 2009b), estabelecem diretrizes para se conduzir e aplicar um estudo de ciclo de vida, diante disso, esta pesquisa atenderá tais requisitos.

Assim a realização da ACV ocorrerá durante suas quatro fases, sendo elas:

1ª Fase: Definição de Objetivo e Escopo

- Exposição dos objetivos da ACV;
- Definição do escopo do estudo;
- Definição do produto estudado: um Porta Pallets
- Definição das fronteiras do sistema de produto: berço ao portão
- Definição das funções do produto: armazenar/estocar produtos sob pallets
- Definição da unidade funcional: um Porta Pallets com 260,83 kg
- Procedimentos de alocações;
- Definição das categorias de impacto selecionadas, metodologia para avaliação de impactos e interpretação subsequente;
- Requisitos de qualidade de dados;
- Definição de pressupostos;
- Definição de limitações do estudo;
- Descrição do sistema a ser estudado;
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo

2ª Fase: Análise de Inventário do Ciclo de Vida

- Coleta de dados;
- Validação dos dados;
- Correlação dos dados aos processos elementares;
- Correlação dos dados à unidade funcional;
- Agregação dos dados;

3ª Fase: Avaliação de Impactos

- Seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização;
- Correlação dos resultados do ICV (classificação);
- Cálculo de resultados dos indicadores de categoria (caracterização).

4ª Fase: Interpretação

- Identificação de questões significativas;
- Construção da Matriz de Relacionamento dos Pontos Críticos Potenciais

Depois de finalizadas as quatro fases, são realizadas análises de cenários alternativos que possam auxiliar as empresas em propostas de ações de melhoria. Os cenários alternativos foram avaliados através do método ReCiPe 2008 a fim de verificar as relações entre causa e efeito das mudanças propostas e sua eficácia quanto aos impactos potenciais totais observados.

Sendo assim, as conclusões, limitações e recomendações estão apresentadas no Capítulo 7 – Conclusões – deste trabalho, bem como as Ações propostas de melhoria do desempenho ambiental estão no Capítulo 6.

4.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DE DADOS

O instrumento utilizado para a coleta dos dados foi um questionário (Apêndice A) aplicado junto aos gestores da indústria, tal questionário foi adaptado do modelo de Questionário para ACV do sistema produtivo do painel MDF (PIEKARSKI, 2013), o qual segue as sugestões das ISO 14040 e 14044.

O período total de análise e coleta dos dados, a qual reflete o Sistema Produtivo da indústria para o produto Porta Pallets, foi de 10 meses referentes ao ano operativo de 2014.

A coleta de dados teve participações também de supervisores e analistas de várias áreas a fim de se obter as informações necessárias. De tal forma a condução, coleta de dados e o preenchimento do questionário foram realizados pelo pesquisador *in loco*, isso para garantir a confiabilidade e qualidade dos dados fornecidos.

Como exposto na Seção B.1 – “Diagrama de Fluxos de Processos Elementares da Produção do Porta Pallets” (Apêndice A).

O questionário tem um total de seis seções. Sendo que a primeira seção (A.1) contém informações básicas referentes a identificação e caracterização do ano operativo para coleta dos dados da empresa.

A segunda seção (B.1) apresenta o diagrama de fluxos dos processos elementares da produção do Porta Pallets, nesta ocasião os gestores aprovam ou não as condições retratadas do processo produtivo, em caso afirmativo dá-se seguimento, em caso negativo, faz-se as correções necessárias até que estejam condizentes ao real sistema de produção estudado.

Depois de finalizadas as seções A.1 e B.1, ocorreu a coleta de dados dos processos elementares presentes na seção B.2, dos dados para Análise de Inventário de Ciclo de Vida da seção B.3, dos dados para transporte a montante do Processo na seção B.4 e dos dados para transporte interno na seção B.5. Sendo que os dados foram coletados individualmente para cada um dos processos ilustrados no diagrama de fluxo.

A Figura 20 a seguir representa o modelo de questionário utilizado nas Seções B.2 a B.5, bem como as instruções para preenchimento destacadas na cor azul.

Seção B.2: Dados do Processo Elementar				
Esta seção compreende as informações relativas a cada processo elementar citado na figura da seção B.1. Preencha uma tabela de dados para cada processo elementar de maneira mais completa e específica possível, garantindo a confiabilidade e qualidade do estudo.				
Tabela de Dados de Processo Elementar				
Preenchido por: (NOME DO GESTOR)		Data do preenchimento: (DIA/MÊS/ANO)		
Identificação do processo elementar: (NOME DO PROCESSO. EXEMPLOS: DESBOBINADERA LONGITUDINAL, ETC.)		Local de Origem dos Dados: (LOCAL EM QUE OS DADOS FORAM COLETADOS. EXEMPLOS: ERP, RELATÓRIO DE EMISSÕES, ETC.)		
Período de Tempo (ano): (ANO EM QUE OS DADOS SE REFEREM)		Mês de Início: (MÊS DE INÍCIO EM QUE OS DADOS SE REFEREM)	Mês de Término: (MÊS DE TÉRMINO EM QUE OS DADOS SE REFEREM)	
Descrição do Processo Elementar: (pode-se anexar folhas adicionais, se necessário) (DESCRIÇÃO DO QUE ACONTECEU NO PROCESSO ELEMENTAR, QUAIS AS TECNOLOGIAS UTILIZADAS, QUAL A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES EXECUTADAS E DEMAIS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO PROCESSO ELEMENTAR)				
Entrada de material	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
(NOME DO MATERIAL. EXEMPLO: BOBINA DE AÇO, ETC.)	(UNIDADE DE MEDIDA DO MATERIAL. EXEMPLO: KG, TONELADA, M ³ , ETC.)	(TOTAL DE ENTRADA DE MATERIAL NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A ENTRADA DE MATERIAL, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MATERIAL (DENSIDADE, VOLUME, ETC.))	(ORIGEM DOS DADOS COLETADOS. EXEMPLO: ERP, REGISTROS, ETC.)
Consumo de Água^a	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
(INFORMAR A ORIGEM DA ÁGUA. EXEMPLO: REDE MUNICIPAL, ARTESIANA, ESTAÇÃO DE TRATAMENTO INTERNA, ETC.)	(UNIDADE DE MEDIDA DA ÁGUA. EXEMPLO: M ³)	(TOTAL DE ENTRADA DE ÁGUA NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A ENTRADA DE ÁGUAS, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA MESMA)	(ORIGEM DOS DADOS COLETADOS. EXEMPLO: ERP, REGISTROS, ETC.)
Entradas de Energia^b	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
(TIPO DE ENERGIA CONSUMIDA. EXEMPLO: ELETRICIDADE, TÉRMICA, ETC.)	(UNIDADE DE MEDIDA DA ENERGIA. EXEMPLO: MJ, KWh, ETC.)	(TOTAL DE ENTRADA DE ENERGIA NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A ENTRADA DE ENERGIA, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA MESMA)	(ORIGEM DOS DADOS COLETADOS. EXEMPLO: ERP, REGISTROS, ETC.)
Saída de material (incluindo produtos)	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
(NOME DO(S) MATERIAL(S) GERADOS. EXEMPLO: COLUNA, LONGARINA, ETC.)	(UNIDADE DE MEDIDA DO MATERIAL. EXEMPLO: KG, TONELADA, M ³ , ETC.)	(TOTAL DE SAÍDA DE MATERIAL NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A SAÍDA DE MATERIAL, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO MATERIAL (DENSIDADE, VOLUME, ETC.))	(ORIGEM DOS DADOS COLETADOS. EXEMPLO: ERP, REGISTROS, ETC.)
NOTA Os dados nesta folha de coleta de dados referem-se a todas as entradas e saídas coletadas durante o período de tempo especificado, antes de possíveis alocações.				
^a Por exemplo água superficial, água potável.				
^b Por exemplo, óleo combustível pesado, óleo combustível médio, óleo combustível leve, querosene, gasolina, gás natural, propano, carvão, biomassa, eletricidade da rede.				
Seção B.3: Dados para Análise de Inventário de Ciclo de Vida				
O questionário abaixo permite a análise de Inventário do Ciclo de Vida. É necessário informar os dados para todos os processos elementares existentes no diagrama da seção B.1.				
Identificação de Processo Elementar:		Local de Origem dos Dados:		
Emissões atmosféricas^a	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
(NOME DO COMPONENTE EMITIDO PARA ATMOSFERA)	(UNIDADE DE MEDIDA DA EMISSÃO. EXEMPLO: KG, GRAMAS, ETC.)	(TOTAL DA SAÍDA DE EMISSÃO NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A SAÍDA DE MATERIAL, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA EMISSÃO (CONCENTRAÇÃO, VAZÃO, ETC.))	
Liberações para Água^b	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
(NOME DO COMPONENTE EMITIDO PARA ÁGUA)	(UNIDADE DE MEDIDA DA EMISSÃO. EXEMPLO: KG, GRAMAS, ETC.)	(TOTAL DA SAÍDA DE EMISSÃO NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A SAÍDA DE MATERIAL, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA EMISSÃO (CONCENTRAÇÃO, VAZÃO, ETC.))	
Liberações para o solo^c	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
(NOME DO COMPONENTE EMITIDO PARA SOLO)	(UNIDADE DE MEDIDA DA EMISSÃO. EXEMPLO: KG, GRAMAS, ETC.)	(TOTAL DA SAÍDA DE EMISSÃO NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A SAÍDA DE MATERIAL, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA EMISSÃO (CONCENTRAÇÃO, VAZÃO, ETC.))	
Outras Liberações^d	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
(NOME DO COMPONENTE EMITIDO EM OUTROS MEIOS)	(UNIDADE DE MEDIDA DA EMISSÃO. EXEMPLO: KG, GRAMAS, ETC.)	(TOTAL DA SAÍDA DE EMISSÃO NO PERÍODO ANALISADO)	(INFORMAR QUAIS OS CRITÉRIOS DE CÁLCULOS (LINEARES OU ESTATÍSTICOS) UTILIZADOS PARA QUANTIFICAR A SAÍDA DE MATERIAL, BEM COMO INFORMAR AS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA EMISSÃO (CONCENTRAÇÃO, VAZÃO, ETC.))	
Descrever quaisquer cálculos específicos, coleta de dados, amostragem ou variação da descrição das funções do processo elementar (anexar folhas, se necessário).				
^a Por exemplo, inorgânicos: Cl ₂ , CO, CO ₂ , poeira/particulado, F ₂ , H ₂ S, H ₂ SO ₄ , HCl, HF, N ₂ O, NH ₃ , NO _x , SO _x ; orgânicos: hidrocarbonetos, PCB, dioxinas, fenóis; metais: Hg, Pb, Cr, Fe, Zn, Ni.				
^b Por exemplo: DBO, DQO, ácidos, Cl ₂ , CN ₂ -, detergentes/óleos, compostos orgânicos dissolvidos, F ⁻ , íons de Fe, íons de Hg, hidrocarbonetos, Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , organoclorados, outros metais, outros compostos de nitrogênio, fenóis, fosfatos, SO ₄ ²⁻ , sólidos em suspensão.				
^c Por exemplo: resíduos minerais, resíduo industrial misto, resíduos sólidos urbanos, resíduos tóxicos (por favor listar os compostos incluídos nesta categoria de dados).				
^d Por exemplo: ruído, radiação, vibração, odor, calor perdido.				
Seção B.4: Dados para transporte a montante do Processo				
Este questionário permite analisar os dados referentes a transporte de produtos. O questionário abaixo refere-se ao transporte rodoviário. Caso exista o modal ferroviário ou aquático o padrão segue o mesmo.				
Nome do produto intermediário		Transporte rodoviário		
		Distância Km	Capacidade do Caminhão	Carga Real (toneladas)
(NOME DO INSUMO. EXEMPLO: BOBINA DE AÇO, ETC.)		(DISTÂNCIA MÉDIA DO(S) FORNECEDORES) E INDÚSTRIA	(CAPACIDADE DE CARGA DO CAMINHÃO)	(CAPACIDADE REAL DE CARGA FEITA PELO CAMINHÃO)
				(INFORMAR SE O CAMINHÃO RETORNA COMS EM CARGA A SUA ORIGEM)
Seção B.5: Dados para transporte interno				
Nesta seção é inventariado o transporte interno em uma instalação para cada processo elementar descrito na seção B.1. Os valores são coletados durante um período específico de tempo e mostram as quantidades reais de combustível utilizados.				
		Quantidade total de entrada transportada	Consumo total de combustível	
Combustível	Óleo Diesel	(TOTAL DE TRANSPORTE DE UM MATERIAL ESPECÍFICO NO PERÍODO DETERMINADO PARA O QUESTIONÁRIO. EXEMPLO: TRANSPORTE INTERNO DE COLUNAS, LONGARINAS)	TOTAL DE COMBUSTÍVEL UTILIZADO PARA TAL TRANSPORTE (INFORMAR A UNIDADE DE MEDIDA. EXEMPLO: LITROS, M ³ , ETC.)	
	Gasolina			
	GLP			

Figura 20 - Instruções relativas ao preenchimento do questionário
Fonte: Autoria Própria

4.5 SOFTWARE DE ACV E BASE DE DADOS UTILIZADOS

Nesta dissertação foi utilizado o Umberto® NXT Universal v. 7.1 como software, sendo que nele há interatividade com a Base de Dados de Inventários do Ciclo de Vida Ecoinvent v.3.2.

Os dados coletados foram alimentados e modelados no software, como ilustrado no Apêndice B, onde são apresentados o sistema e subsistemas da produção do Porta Pallets (*fronteira cradle-to-gate*).

Desta forma, depois de modelados e correlacionados os dados com os processos elementares e a unidade funcional (um Porta Pallets de 260,83 kg), foi possível avançar a terceira fase da ACV - Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida – através do uso dos métodos de AICV.

4.6 SELEÇÃO E CONSIDERAÇÕES DOS MÉTODOS DE AICV

Este estudo adotou o método ReCiPe 2008 para avaliação de impactos do ciclo de vida da produção do Porta Pallets.

A utilização desse método se deu por sua credibilidade em pesquisas a nível global de ACV. E, como não há estudos que antecedem esta pesquisa, correlacionando a ACV e o Porta Pallets, optou-se por utilizar um método atual.

A abordagem adotada para este estudo foi a de *midpoint* com perspectiva hierárquica.

As categorias de impactos selecionadas foram: mudança climática, depleção do ozônio, depleção do metal, acidificação terrestre, eutrofização aquática (água doce), eutrofização aquática (marinha), toxicidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, formação de matéria particulada e ecotoxicidade terrestre.

5 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DO PORTA PALLETS

O capítulo 5 ilustra os primeiros resultados obtidos na ACV da produção de Porta Pallets, estes, divididos entre as quatro fases da ACV que são: Definição de Objetivo e Escopo, Análise de Inventário do Ciclo de Vida, Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida e Interpretação.

5.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

A aplicação pretendida, as razões para se conduzir o estudo e o público alvo, são os principais objetivos a serem alcançados em um estudo de Avaliação de Ciclo de Vida e estes devem ser ilustrados com clareza (PIEKARSKI, 2013).

Com relação à aplicação pretendida, este estudo teve como intuito propor ações de melhoria de desempenho ambiental através da Avaliação do Ciclo de Vida na fabricação do Porta Pallets. Para chegar a tal resultado a ACV do produto foi realizada em uma indústria brasileira e se analisou diferentes situações da produção do mesmo.

Como razões para se conduzir o estudo, destacam-se a importância do produto no cenário mundial na área de logística e armazenagens, a falta de pesquisas correlacionando o Porta Pallets e a ACV e a geração de conhecimento científico a fim de nortear futuros estudos na área ambiental.

No que diz respeito ao público alvo, este trabalho é designado especialmente a pesquisadores de ACV e indústrias metalúrgicas. Porém seu grande viés é sua metodologia que foi desenvolvida para ser adaptada também em outras áreas, facilitando e proporcionando suporte a qualquer praticante de ACV e públicos de interesse.

O Escopo da ACV tem função delimitar onde o estudo se inicia e onde termina, quais seriam seus subsistemas e seu nível de detalhamento, possuindo como base seu objetivo e público alvo.

Assim, segundo a NBR ISO 14040 (2009) e NBR ISO 14044 (2009) o escopo deve detalhar os seguintes tópicos:

- O sistema de produto estudado:

O sistema de produto das etapas de produção *gate-to-gate* do Porta pallets bem como a fronteira *cradle-to-gate* são ilustradas na Figura 21.

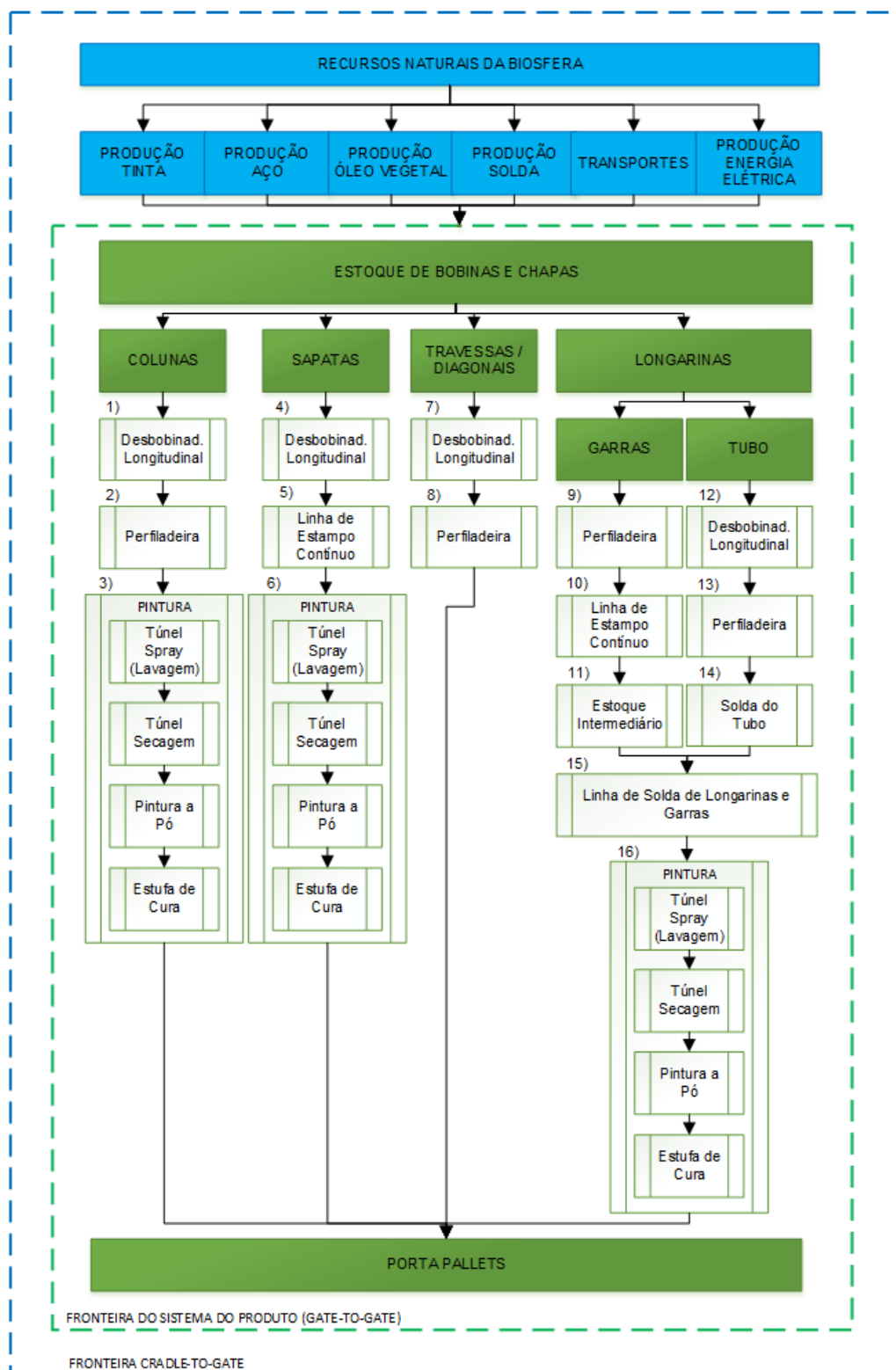


Figura 21 - Fronteiras e sistemas do Porta Pallets
Fonte: Autoria Própria

Na Figura 21 pode-se ver que há 4 processos para a produção do PP (cor verde) onde se identifica a fronteira *gate-to-gate*. Tais processos precisam de insumos para a produção do produto (fronteira *cradle-to-gate*), assim as cadeias produtivas dos materiais e serviços necessários são ilustradas na cor azul, perfazendo um total de seis subsistemas, sendo eles: produção de tinta, produção de aço, produção de óleo vegetal, produção de solda, transportes e produção de energia elétrica.

Na cor verde, identificam-se os processos de produção do PP. Sendo que o primeiro é a produção da coluna, onde há 3 unidades de subprocessos, iniciando na etapa “Desbobinadeira Longitudinal”, seguindo para a “Perfiladeira” e finalizando na etapa “Pintura”.

O segundo processo é a produção de sapatas, onde há 3 unidades de subprocessos, iniciando na etapa “Desbobinadeira Longitudinal”, seguindo para “Linha de Estampo Contínuo” e finalizando na etapa “Pintura”.

O terceiro processo é a produção de travessas e diagonais, onde há 2 unidades de subprocessos, iniciando na etapa “Desbobinadeira Longitudinal” e finalizando na etapa “Perfiladeira”.

E o quarto processo é a produção das Longarinas, que se subdivide inicialmente na produção das garras, onde há 2 unidades de subprocessos, “Perfiladeira” e “Linha de Estampo Contínuo”, e depois vão para o “Estoque Intermediário”; e na produção dos tubos, onde há 3 unidades de subprocessos, “Desbobinadeira Longitudinal”, “Perfiladeira” e “Solda do Tubo”. Completados esses primeiros processos de garras e tubos, os mesmos seguem para mais 2 unidades de subprocessos, assim de fato irão constituir uma longarina, sendo a primeira etapa “Linha de Solda de Tubos e Garras” e finalizando na etapa “Pintura”.

Depois de concluídos todos os subprocessos, os produtos são encaminhados para a Expedição.

- Fronteiras do Sistema de Produto

Em relação ao sistema natural, a ACV deste estudo apresenta uma abordagem *cradle-to-gate* para o sistema produtivo analisado. Ou seja, as fronteiras do sistema do Porta Pallets compreendem as etapas do ciclo de vida de extração e beneficiamento de recursos naturais, incluindo os elos produtivos industriais para a transformação das matérias-primas e insumos demandados para a sua produção. A

fase de uso e destinação final do Porta Pallets não abrangem as fronteiras definidas para este estudo.

O Quadro 2 apresenta os subsistemas que estão inclusos e os sistemas que foram excluídos das fronteiras do estudo. Nela foram também apresentadas as referências dos dados secundários adotados para os subsistemas definidos nas fronteiras do estudo.

	Origem dos Dados	Referências dos dados e Comentários
Subsistemas Incluídos		
Produção de energia elétrica	Dados Secundários	Ecoinvent v.3.2 - (electricity, high voltage, production mix [BR])
Produção de bobina de aço	Dados Secundários	Ecoinvent v.3.2 - (steel production, low-alloyed, hot rolled [RoW])
Transportes	Dados Secundários	Ecoinvent v.3.2 – (AÇO: transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 [RoW]; TINTA: transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO4 [RoW])
Óleo vegetal refinado	Dados Secundários	Ecoinvent v.3.2 – (market for vegetable oil, refined [GLO])
Água	Dados Secundários	Ecoinvent v.3.2 – (Water [water/unspecified])
Produção de tinta eletrostática	Dados Secundários	Ecoinvent v.3.2 – (paint production, for electrostatic painting [GLO])
Sistemas Não Considerados		
Materiais com massa menor de 1,0% em relação à massa total	-	Em virtude desta regra não foram contabilizados o uso de lubrificantes e a emissão de cinzas.
Infraestrutura	-	Esta ACV não englobou dados relativos a bens de capital, tais como unidades fabris, edifícios, maquinários, equipamentos e estradas.
Bens de capital pessoais	-	Itens como materiais de escritório, transporte e alimentação de funcionário não abrangem o escopo do estudo.
Insumos periódicos e/ou auxiliares	-	Não foram considerados insumos como embalagens de produtos, solventes para limpeza, lixas, fitas, componentes químicos utilizados no tratamento de água e esgoto da fábrica, etc.
Fase de uso e destinação final do produto	-	Devido ao objetivo traçado por esta ACV e pela dificuldade de rastrear o uso e o destino final do Porta Pallets, as fases posteriores à produção foram desconsideradas.

Quadro 2 - Sistemas incluídos e excluídos da ACV do Porta Pallets
Fonte: Autoria Própria

Quanto às fronteiras geográficas, cabe salientar que, apesar dos dados serem relativos a uma indústria fabricante de Porta Pallets no Brasil, as conclusões obtidas neste estudo podem ser utilizadas por outras indústrias e em pesquisas científicas a nível nacional, já que os processos tecnológicos para a produção do PP no Brasil possuem similaridade.

Em relação as fronteiras tecnológicas, as características observadas na empresa pesquisada, tais como tecnologia, equipamentos e sequenciamento de produção possuem semelhança com a realidade nas demais indústrias nacionais.

- As Funções do Produto

O Porta Pallets possui uma ampla aplicabilidade no setor de armazenagem, onde sua função principal seria de estocar/armazenar produtos. Permite a verticalização do espaço de forma simples e seletiva, possibilitando o acesso rápido a toda carga armazenada através do uso de empilhadeiras ou de forma manual. Possibilita, além da armazenagem paletizada (adotada neste estudo).

Para este estudo padronizou-se um Porta Pallets com dimensões de 2,30x1,00x8,00m (largura/profundidade/altura), composto de cinco (5) pares de longarinas que comportam dez pallets (2 pallets/par de longarina), cada um com dimensões de 1,00x2,40x1,30m (largura/profundidade/altura) e peso de 1000 kg. Desta forma a capacidade máxima de armazenamento deste Porta Pallets será de 31,2 m³, distribuídos em uma carga máxima de 10 toneladas.

- Unidade Funcional

A unidade funcional adotada neste estudo foi de um Porta Pallets com peso de 260,83 kg.

- Procedimentos de Alocação

O sistema de produto definido não apresentou multifuncionalidade e não gerou coprodutos para que haja necessidade de procedimento de alocação.

- Categorias de Impacto Seleccionadas, Metodologia para Avaliação de Impactos e Interpretação Subsequente

Para a avaliação de impactos associados ao ciclo de vida do Porta Pallets foi utilizado o método de AICV ReCiPe 2008 *midpoint* (H). A justificativa, considerações gerais e as características desse método foram apresentadas na metodologia e fundamentação teórica deste estudo.

De acordo com a base de dados Ecoinvent v.3.2 do software Umberto® utilizada neste trabalho, o método ReCiPe 2008 teve sua última atualização em dezembro de 2015.

A definição das categorias de impactos que envolvem este trabalho, bem como os métodos de AICV que as contemplam, podem ser visualizadas no Quadro 1 (pg. 32).

Para a avaliação de impactos foi utilizado como base o método ReCiPe 2008 *midpoint* (H), o qual foram analisadas 10 categorias de impactos.

Os resultados gerados nas avaliações de impactos foram interpretados com a identificação dos *hotspots* ambientais identificados nas categorias de impactos. Ou seja, foram identificados os materiais e processos que apresentaram maiores contribuições às categorias de impactos específicas do método utilizado.

Com a identificação destes *hotspots*, trabalhou-se com propostas de cenários alternativos de produção do Porta Pallets que melhorem o desempenho ambiental do produto e/ou processo produtivo.

- Requisitos de qualidade de dados:

Para se ter confiabilidade nas informações coletadas, e desta forma alcançar uma boa pesquisa de ACV, é de suma importância ter qualidade nos dados adquiridos.

Com a intenção de afirmar tais informações, os dados que envolvem a fronteira *gate-to-gate* do sistema de produção do Porta Pallets (os vinte e cinco subsistemas ilustrados anteriormente na Figura 21) foram coletados na indústria produtora configurada nesta pesquisa.

A indústria em questão obteve 256 dias de operação durante 2014, produzindo neste ano aproximadamente 24 mil toneladas de Porta Pallets.

Os dados primários contemplados foram obtidos através de entrevistas e pesquisa em registros históricos da empresa, amostras diretas em processos, consulta a especificações técnicas e cálculos mediante conversão de dados. Os pressupostos assumidos foram descritos no tópico “Pressupostos” (pg. 55).

Os dados coletados foram analisados qualitativamente através da análise de valores anômalos e da realização de balanço de massas e energias através do *software* Umberto®. Para qualquer valor coletado atípico, foi contatado e resolvido junto ao gestor responsável apropriado pelos dados.

Para dados referentes aos subsistemas da fronteira *cradle-to-gate*, que fornecem recursos e matérias-primas para o sistema do Porta Pallets, foram utilizados dados da Ecoinvent v.3.2 (ICVs). Buscou-se adotar o máximo de inventários do ciclo de vida condizentes à realidade brasileira.

- Pressupostos:

Pressupostos são as considerações adotadas para a pesquisa de ACV e suas justificativas. São baseados nas limitações do estudo, na ausência de base de dados, no estabelecimento de cenários, nas especificações técnicas realizadas em todos os níveis e nos procedimentos de cálculos necessários (PIEKARSKI, 2013).

Os pressupostos adotados para o estudo são descritos a seguir:

a) Quanto à energia elétrica:

A matriz elétrica disponibilizada pela base de dados Ecoinvent v.3.2, reflete a matriz relativa ao ano de 2015 no Brasil, assim por mais que os dados sejam de 2014, não houve mudanças significativas em relação a matriz energética de 2014. Devido a este fato não foram realizadas adaptações na composição das fontes para geração de eletricidade brasileira.

Os valores de consumo de energia elétrica foram mensurados em relação ao total consumido em todos os processos elementares. A indústria pesquisada não possuía o consumo específico para cada processo elementar, impossibilitando a análise por processos na fronteira *gate-to-gate*.

b) Quanto ao consumo de gás natural para transporte interno:

Até dezembro de 2014 não havia um controle específico para o consumo de gás natural para o transporte das peças no interior da indústria. Portanto, o consumo de gás natural durante todo o ano de 2014 não pode ser mensurado por inviabilidades técnicas, desta forma tal consumo foi excluído desta pesquisa.

c) Quanto ao ciclo de água para produção do Porta Pallets

O sistema hídrico da fábrica é em ciclo fechado, sem emissões de resíduos para rios ou córregos. A água utilizada é proveniente da Estação de Tratamento de Água (ETA) da indústria e de poços artesianos. Sendo sua utilização contabilizada nos impactos ambientais calculados na ACV.

- Limitações

As limitações e restrições deste estudo devem ser consideradas durante uma consulta, reprodução ou comparação com outros estudos científicos. Tais limitações podem ainda ser consideradas como oportunidades para desenvolvimento de estudos futuros.

O primeiro aspecto a ser considerado refere-se à abrangência do estudo. Apesar do alto grau de detalhamento do estudo e dos pressupostos tomados, deve-se ter claro que tais dados são de uma única empresa produtora de Porta Pallets. Apesar da possibilidade de generalização das conclusões desta pesquisa para o setor de produção do Porta Pallets no Brasil, por vezes podem ser encontrados processos diferentes em outras indústrias.

Outra limitação que pode ser elencada, seria a falta de métodos nacionais para AICV, o que poderia gerar alterações mais confiáveis e dar mais fidedignidade ao estudo.

- Tipo e Formato do Relatório Requerido para o Estudo

Esta dissertação substitui o relatório que segundo as Normas ISO deve-se realizar para oficializar um resultado de ACV. Pois a mesma retrata com clareza, exatidão e de forma clara os dados da pesquisa, segundo a NBR ISO 14040 sugere.

5.2 ANÁLISE DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

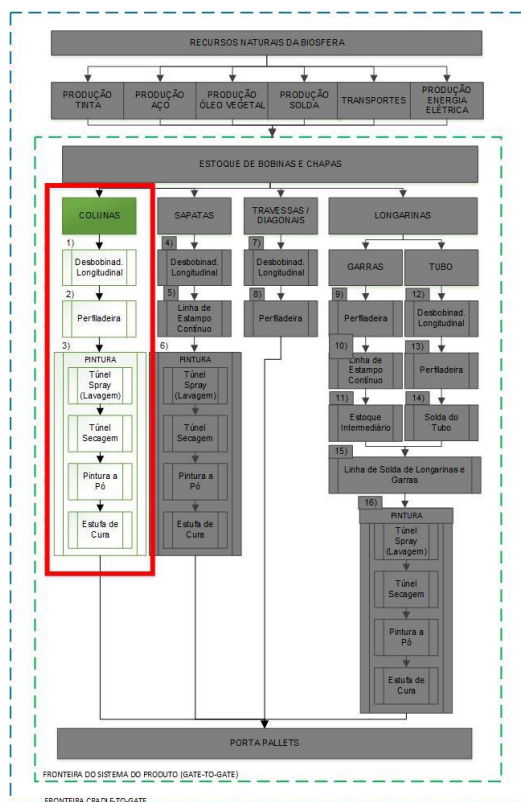
Nesta fase da ACV é realizada a construção e análise de inventários para a avaliação dos impactos ambientais da produção do Porta Pallets. Tais dados foram relatados com base no balanço de massa e energia, como recomendam as normas NBR ISO 14040 e 14044 (ABNT, 2009a; ABNT, 2009b).

Os processos ilustram as entradas e saídas de materiais e energias, as emissões geradas e os detalhes sobre a fonte de obtenção dos dados.

Os inventários foram apresentados de modo individual, primeiramente, pelos processos que compõe a produção industrial do Porta Pallets. As Figuras 22 a 28 disponibilizam os inventários específicos dos processos delimitados na fronteira do sistema do produto. Não se pode realizar o inventário do consumo de energia elétrica por processo devido à indisponibilidade deste rateio na fábrica.

Depois disso, é ilustrado o inventário principal deste estudo: o ICV da produção do Porta Pallets em função da unidade funcional definida, juntamente com seus aspectos ambientais (materiais, energias) (Figura 36). Este inventário foi apresentado com base na fronteira *gate-to-gate* da Figura 21, pg. 50.

A seguir foram expostos os inventários levantados nesta pesquisa, acompanhados de respectivas observações.



Identificação do Processo: Desbobinadeira Longitudinal (Coluna)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da bobina	Metrica (Ton*Km)	185,60	Bobina	Kg	116,00
Bobina de aço	Kg	116,00	////////////////////	//////////	//////////
Eletricidade	KWh	6,50	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Perfiladeira (Coluna)

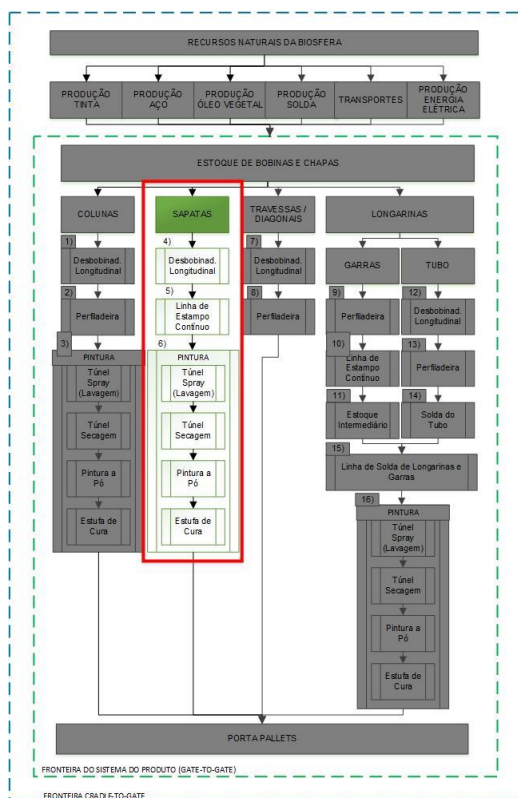
Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Água	m ³	1,00E-03	Bobina	Kg	116,00
Óleo Vegetal	Kg	0,87	////////////////////	//////////	//////////
Bobina de aço	Kg	116,00	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Pintura (Coluna)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da tinta	Metrica (Ton*Km)	0,75	4 Colunas pintadas	Kg	117,39
Tinta	Kg	1,39	////////////////////	//////////	//////////
Água	m ³	1,00E-03	////////////////////	//////////	//////////
Colunas	Kg	116,00	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 22 - Resultado da análise de inventário da Coluna

Fonte: Autoria Própria



Identificação do Processo: Desbobinadeira Longitudinal (Sapata)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da bobina	Metrica (Ton*Km)	4,80	Bobina	Kg	3,00
Bobina de aço	Kg	3,00	////////////////////	////////	////////
Eletricidade	KWh	6,50	////////////////////	////////	////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Linha de Estampo Contínuo (Sapata)

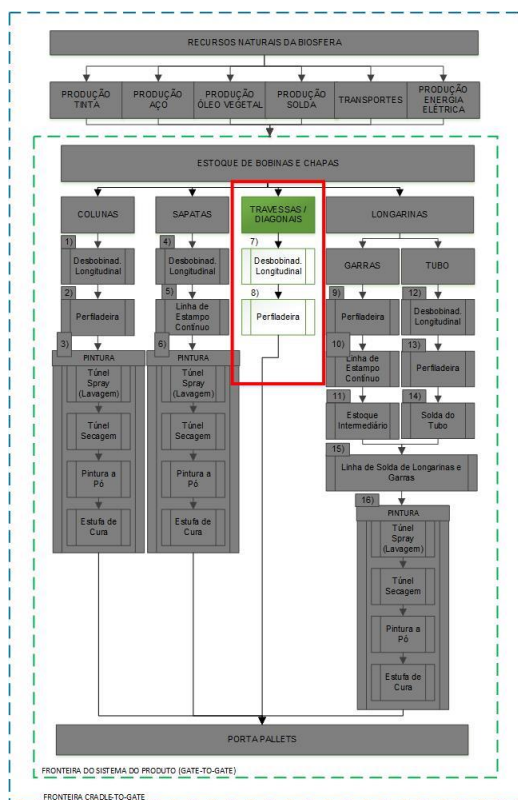
Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Água	m ³	1,00E-03	Sapata	Kg	3,00
Óleo Vegetal	Kg	0,87	////////////////////	////////	////////
Bobina de aço	Kg	3,00	////////////////////	////////	////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Pintura (Sapata)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da tinta	Metrica (Ton*Km)	0,02	Sapata pintada	Kg	3,04
Tinta	Kg	0,04	////////////////////	////////	////////
Água	m ³	1,00E-03	////////////////////	////////	////////
Sapata	Kg	3,00	////////////////////	////////	////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 23 - Resultado da análise de inventário da Sapata

Fonte: Autoria Própria



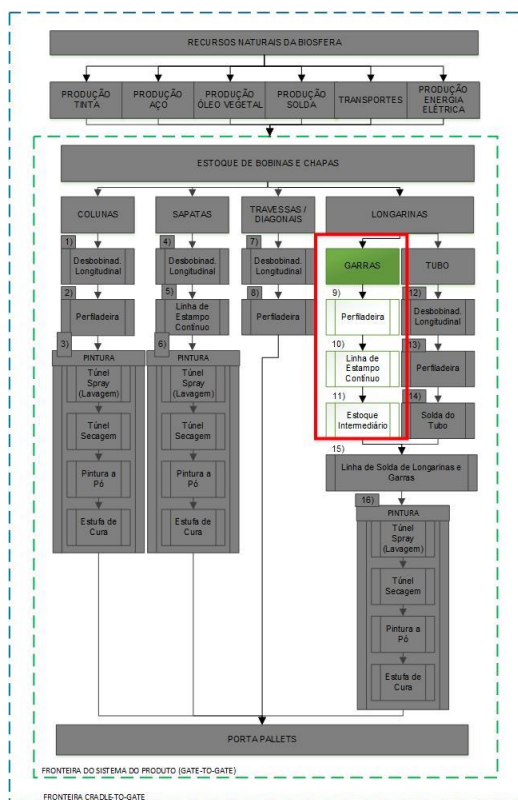
Identificação do Processo: Desbobinadeira Longitudinal (Trav/Diag)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da bobina	Metrica (Ton*Km)	51,20	Bobina	Kg	32,00
Bobina de aço	Kg	32,00	////////////////////	//////////	//////////
Eletricidade	KWh	6,50	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Perfiladeira (Trav/Diag)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Água	m ³	1,00E-03	Diagonal	Kg	17,00
Óleo Vegetal	Kg	0,87	Travessa	Kg	15,00
Bobina	Kg	32,00	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 24 - Resultado da análise de inventário das Travessas e Diagonais
Fonte: Autoria Própria



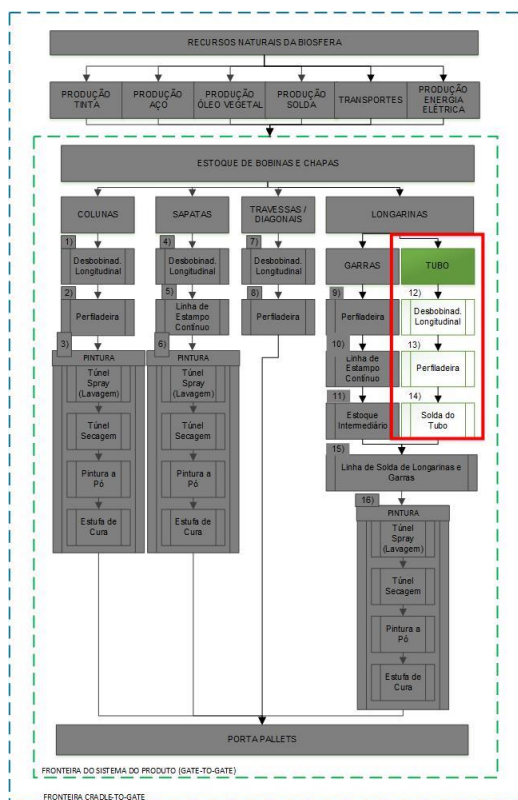
Identificação do Processo: Perfiladeira (Garra)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da bobina	Metrica (Ton*Km)	19,20	Garra	Kg	12,00
Bobina de aço	Kg	12,00	////////////////////	////////////////////	////////////////////
Eletricidade	KWh	6,50	////////////////////	////////////////////	////////////////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Linha de Estampo Contínuo (Garra)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Água	m ³	1,00E-03	Garra Dir.	Kg	6,00
Óleo Vegetal	Kg	0,87	Garra Esq.	Kg	6,00
Garra	Kg	12,00	////////////////////	////////////////////	////////////////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 25 - Resultado da análise de inventário das Garras
Fonte: Autoria Própria



Identificação do Processo: Desbobinadeira Longitudinal (Tubo)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da bobina	Metrica (Ton*Km)	152,00	Perfil	Kg	95,00
Bobina de aço	Kg	95,00	////	////	////
Eletricidade	KWh	6,50	////	////	////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Perfiladeira (Tubo)

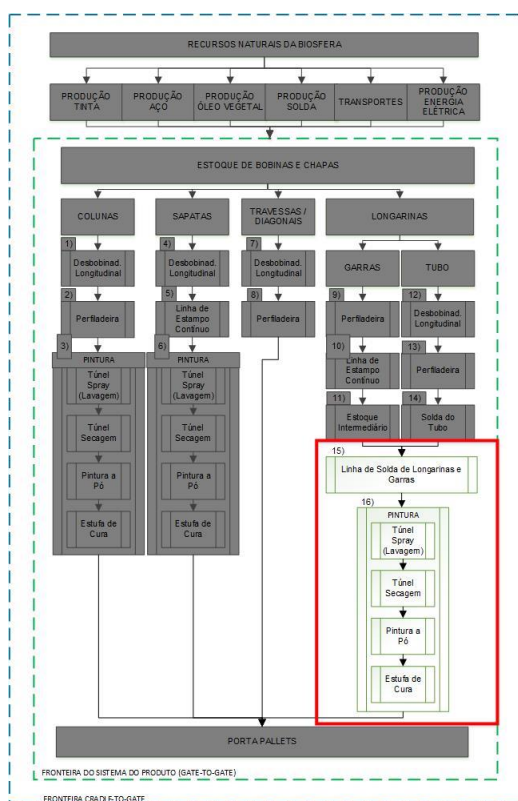
Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Água	m ³	1,00E-03	Perfil dobrado	Kg	95,00
Óleo Vegetal	Kg	0,87	////	////	////
Perfil	Kg	95,00	////	////	////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Solda do Tubo (Tubo)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Solda	m	2,30	Tubo	Kg	95,00
Perfil dobrado	Kg	95,00	////	////	////
			////	////	////
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 26 - Resultado da análise de inventário dos Tubos

Fonte: Autoria Própria



Identificação do Processo: Linha de Solda (Garra + Tubo)

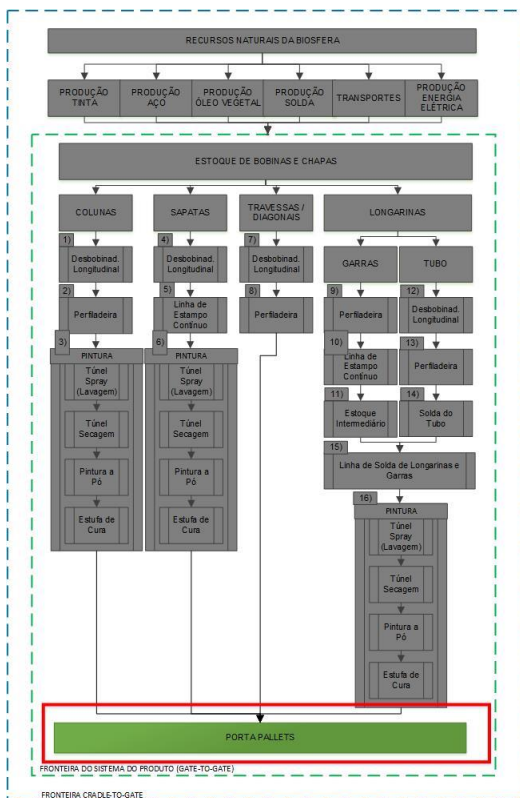
Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Tubo	Kg	95,00	Longarina	Kg	107,00
Garra Dir.	Kg	6,00	////////////////////	//////////	//////////
Garra Esq.	Kg	6,00	////////////////////	//////////	//////////
Solda	m	0,10	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Identificação do Processo: Pintura (Longarina)

Entradas			Saídas		
Materiais/ Energias	Unid.	Quant.	Materiais/ Energias	Unid.	Quant.
Transporte da tinta	Metrica (Ton*Km)	0,69	Longarina pintada	Kg	108,28
Tinta	Kg	1,28	////////////////////	//////////	//////////
Água	m ³	1,00E-03	////////////////////	//////////	//////////
Longarina	Kg	107,00	////////////////////	//////////	//////////
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 27 - Resultado da análise de inventário das Longarinas

Fonte: Autoria Própria



Identificação do Processo: Expedição (Porta Pallets)

Entradas			Saídas		
Materiais/Energias	Unid.	Quant.	Materiais/Energias	Unid.	Quant.
Coluna pintada	Kg	117,39	Porta Pallets	Kg	260,83
Sapata pintada	Kg	3,16	////////////////////	//////////	//////////
Diagonal	Kg	17,00	////////////////////	//////////	//////////
Travessa	Kg	15,00			
Longarina	Kg	108,28			
Período da coleta de dados			10 meses		

Figura 28 - Resultado da análise de inventário do Porta Pallets – Expedição
Fonte: Autoria Própria

Após a análise dos dados presentes nos processos elementares definidos neste estudo de ACV, o Quadro 3 sintetiza o ICV para a produção de um Porta Pallets, nas fronteiras *gate-to-gate*.

Dados da Produção	Unidade	Unid./m³
Entradas		
Aço – 258 kg (total)		
Bobina de aço (Coluna)	kg	116
Bobina de aço (Sapata)	kg	3
Bobina de aço (Travessa/Diagonal)	kg	32
Bobina de aço (Garra)	kg	12
Bobina de aço (Tubo)	kg	95
Químicos – 7,06 kg (total)		
Tinta (coluna)	kg	1,39
Tinta (Sapata)	kg	0,04
Tinta (Longarina)	kg	1,28
Óleo vegetal	kg	4,35
Soldagem		
Solda	m	25
Energia Elétrica		
Eletricidade	kWh	32,5
Consumo de Água		
Água	m ³	5
Saídas		
Porta Pallets	Kg	260,83

Quadro 3 - Inventário para produção de um Porta Pallets (gate-to-gate)

Fonte: Autoria Própria

O Quadro 3 fornece informações referentes as entradas e saídas para a produção de um Porta Pallets (modelo padronizado). As entradas produziram um Porta Pallets com 260,83 Kg a partir de 258 kg de aço e 2,71 Kg de tinta a pó.

5.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DO CICLO DE VIDA DO PORTA PALLETS

Nesta seção foram avaliados os impactos potenciais associados ao ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Os dados do inventário do ciclo de vida foram correlacionados com as categorias de impactos selecionadas para este estudo: mudança climática, depleção do ozônio, depleção do metal, acidificação terrestre, eutrofização aquática (água doce), eutrofização aquática (marinha), toxicidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, formação de matéria particulada, ecotoxicidade terrestre.

O método de AICV utilizado foi o ReCiPe 2008. Foram quantificados os potenciais impactos ambientais para cada categoria nas Figuras 29 a 38. Com o intuito de compreender os principais subsistemas contribuidores de impactos, cada categoria de impacto foi estratificada em termos de subsistemas da produção do Porta Pallets na fronteira *cradle-to-gate*, identificando assim os “*hotspots*”.

Com a identificação dos principais contribuidores, foram sugeridas ações de melhoria de desempenho ambiental associados ao ciclo de vida da produção do Porta Pallets, na próxima seção.

5.3.1 Potencial para Mudança Climática (PMC)

Mudança climática, também conhecida como aquecimento global se dá pelo aumento de temperatura média global, ou seja, é quando há um aumento das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera (CO₂ em particular).

O processo industrial de produção do Porta Pallets contribui com aproximadamente 630 Kg CO₂ Eq. para o potencial de mudança climática, este valor é composto pela somatória de todas as emissões constatadas nos subsistemas de produção do produto.

Desta maneira, identificou-se os seguintes resultados para os demais subsistemas de produção deste estudo ilustrados na Figura 29.

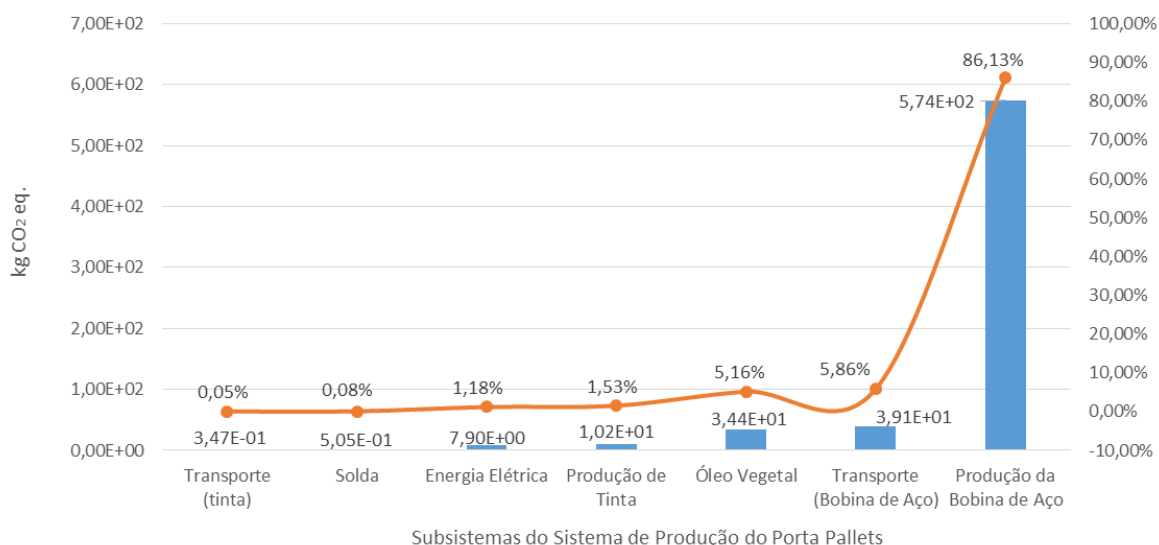


Figura 29 - Potencial de Mudança Climática para 100 anos
Fonte: Autoria Própria

O PMC é causado por emissões de hidrocarbonetos, CO, CO₂, CH₄ e outros gases que promovem o efeito estufa. Na abordagem cradle-to-gate, o maior influenciador desta categoria de impacto é o subsistema da produção da bobina de aço, representando 86,13% do total.

De acordo com as emissões geradas para a produção da bobina, as que mais se destacam como contribuidoras para PMC, são a emissão de dióxido de carbono representando 89,99% e o metano com 8,89%.

Em segundo lugar está o transporte da bobina utilizando caminhão com capacidade maior que 32 toneladas e com até dez anos de uso, com um total de 5,86% para PMC. As emissões derivadas da queima do diesel utilizado no transporte, as emissões de hidrocarbonetos e óxidos de carbono de origem fóssil, são responsáveis por tal índice de contribuição.

Com 5,16% dos impactos para a PMC está o subsistema para o óleo vegetal.

5.3.2 Potencial de Depleção do Ozônio (PDO)

Depleção do Ozônio, ou mais popularmente conhecido como depleção da camada de ozônio é ocasionada pela emissão de substâncias como clorofluorcarbonos (CFCs), que interferem nas reações químicas normais de oxigênio. Desta forma é ilustrado na Figura 30 a liberação de químicos que reduzem tal camada na estratosfera, somados todos os subsistemas esta categoria contribui com 4,06E-05 Kg de CFC Eq.

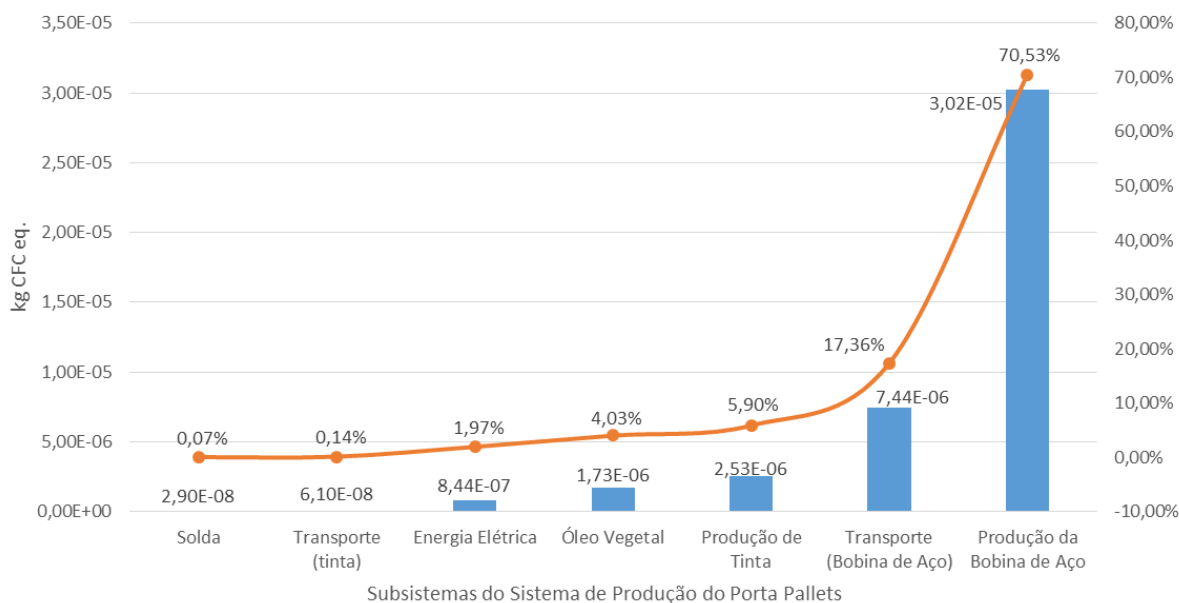


Figura 30 - Depleção da Camada de Ozônio
Fonte: Autoria Própria

Destaca-se para esta categoria de impacto a produção da bobina de aço com 70,53% dos impactos ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Entre as emissões geradas na produção, as que mais se destacam como contribuidoras para PDO são: material particulado, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre.

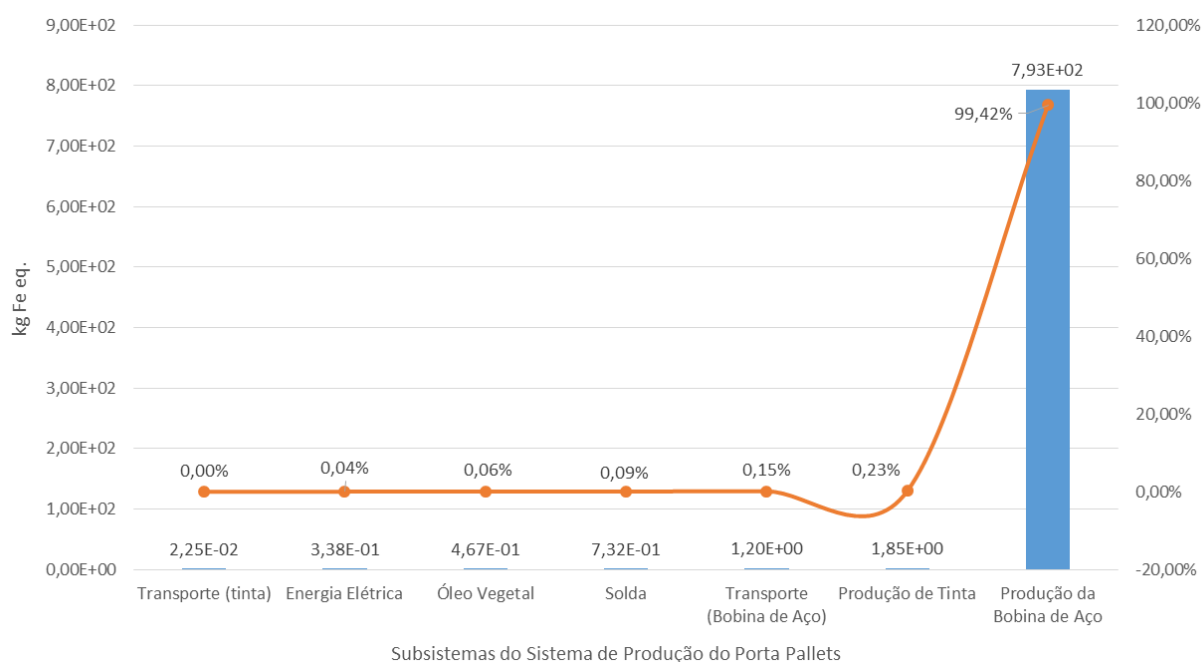
Em segundo lugar o transporte da bobina de aço ocupa 17,36% das emissões que ocasionam a redução da camada, sendo o consumo de óleo diesel como maior vilão.

Outro subsistema com potencial parcela nesta porcentagem é a produção de tinta eletrostática, com 5,90% do total da produção. Neste caso, os processos que mais contribuem para esse valor são: a produção de solventes químicos com 40,35%, a produção de éter monometílico de dipropileno com 23,24% e a produção de dióxido de titânio com 13,31%.

Em geral, os potenciais de impacto desta categoria acontecem em razão da combustão de recursos fósseis que emitem compostos que causam depleção na camada de ozônio, com destaque ao óxido nítrico e aos clorofluorcarbonos (CFCs).

5.3.3 Potencial de Depleção de Recursos Minerais (PDRM)

A Figura 31 ilustra os resultados para PDRM, para todos os subsistemas do ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui com 770,86 Kg de Fe Eq.



Subsistemas do Sistema de Produção do Porta Pallets

Figura 31 - Potencial de Depleção de Recursos Minerais

Fonte: Autoria Própria

Com uma expressividade considerável, mais precisamente 99,42%, o subsistema da produção da bobina de aço destaca-se para esta categoria de impacto ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Entre as emissões do ciclo de vida, as que mais se destacam como contribuidoras para o PDRM são: manganês com 32,30%, ferro com 22,98%, níquel com 19,35% e cromo com 14,94%.

Ilustrados com porcentagens abaixo de 1% no impacto para PDRM, são constatados os subsistemas de produção da tinta eletrostática (0,23%) e transporte da bobina (0,15%).

5.3.4 Potencial de Acidificação Terrestre (PAT)

A Figura 32 ilustra os resultados para acidificação terrestre, em um período de 100 anos, para todos os subsistemas do ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui 2,48 Kg de SO₂ Eq.

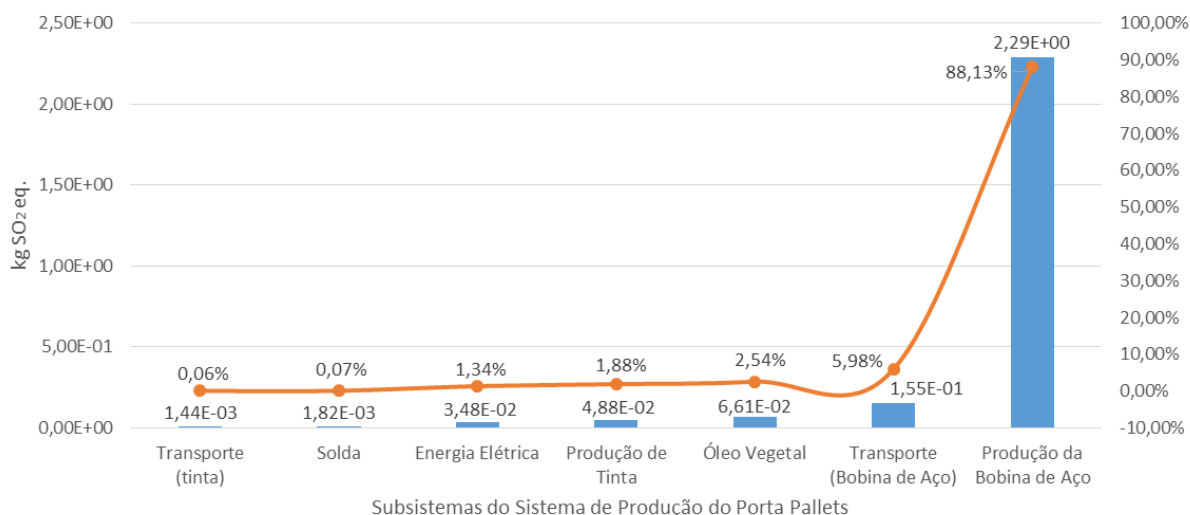


Figura 32 - Potencial de Acidificação Terrestre para 100 anos
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais emissões encontradas nesta categoria de impacto para PAT em um período de 100 anos, são as emissões de dióxido de enxofre (63,24%), óxidos de nitrogênio (32,04%) e amônia (4,72%).

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PAT, com 88,13%, foi a produção da bobina de aço, seguido do transporte da bobina de aço com caminhões de capacidade maior que 32 toneladas e com até 10 anos de uso, esse subsistema ficou com 5,98% do impacto total.

5.3.5 Potencial de Eutrofização Aquática - Água Doce (PEAD)

PEAD tem como princípio básico a gradativa concentração de matéria orgânica acumulada nos ambientes aquáticos, ou seja, quando há uma quantidade excessiva de minerais (fosfato e nitrato) e tal fato induz a multiplicação de micro-organismos que habitam a superfície da água, formando uma camada densa, impedindo a penetração da luminosidade.

A Figura 44 ilustra os resultados para os subsistemas da produção do Porta Pallets para a categoria de impacto eutrofização de água doce. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui 0,48 Kg de P Eq.

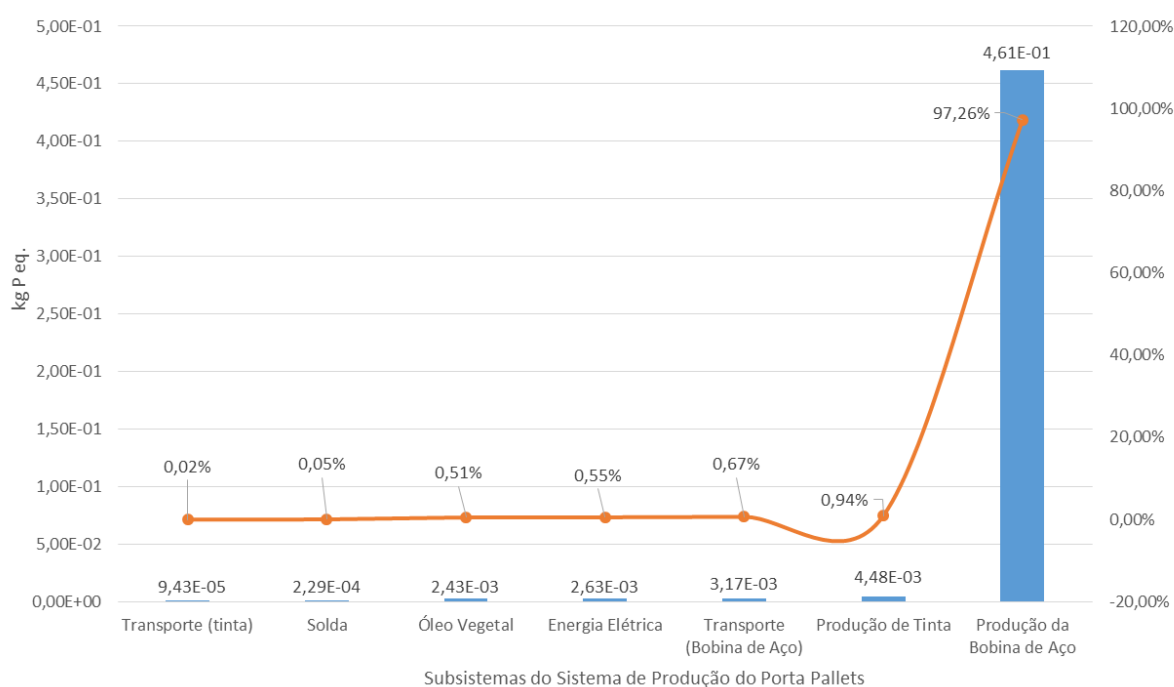


Figura 33 - Potencial de Eutrofização Aquática (Água Doce)
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais emissões encontradas nesta categoria de impacto para PEAD, são as emissões de fosfato (99,68%) e fósforo (0,26%).

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PEAD, com 97,26%, foi a produção da bobina de aço, seguido da produção da tinta eletrostática com 0,94% e o transporte da bobina de aço com 0,67% do impacto total desta categoria.

5.3.6 Potencial de Eutrofização Aquática - Água Marinha (PEAM)

PEAM é o enriquecimento abrupto e excessivo de nutrientes causados especificamente por substâncias a base de fósforo ou nitrogênio é a principal causa deste impacto para eutrofização aquática de águas marinhas. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui 0,66 Kg de **N** Eq.

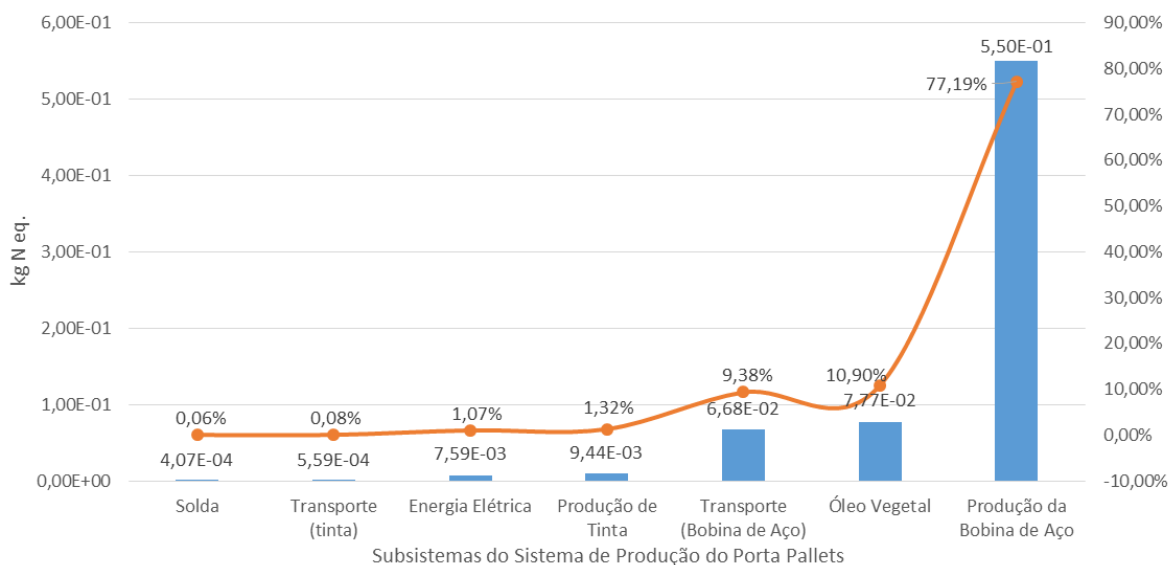


Figura 34 - Potencial de Eutrofização Aquática (Água Marinha)
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais emissões encontradas nesta categoria de impacto para PEAM, são as emissões de óxidos de nitrogênio (81,15%) e nitrato (16,68%).

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PEAM, com 77,19%, foi a produção da bobina de aço, seguido do mercado de óleo vegetal refinado com 10,90% e o transporte da bobina de aço com 9,38% do impacto total desta categoria.

5.3.7 Potencial de Toxicidade Humana (PTH)

Para esta categoria de impacto, a toxicidade humana é aferida através das emissões ao longo do ciclo de vida do Porta Pallets, e mede qual será o impacto na saúde humana, ou seja, a probabilidade de riscos potenciais de efeitos químicos.

A Figura 35 ilustra os resultados obtidos através do método ReCiPe para a categoria de impacto toxicidade humana deste estudo. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui 745,04 1,4 DCB eq.

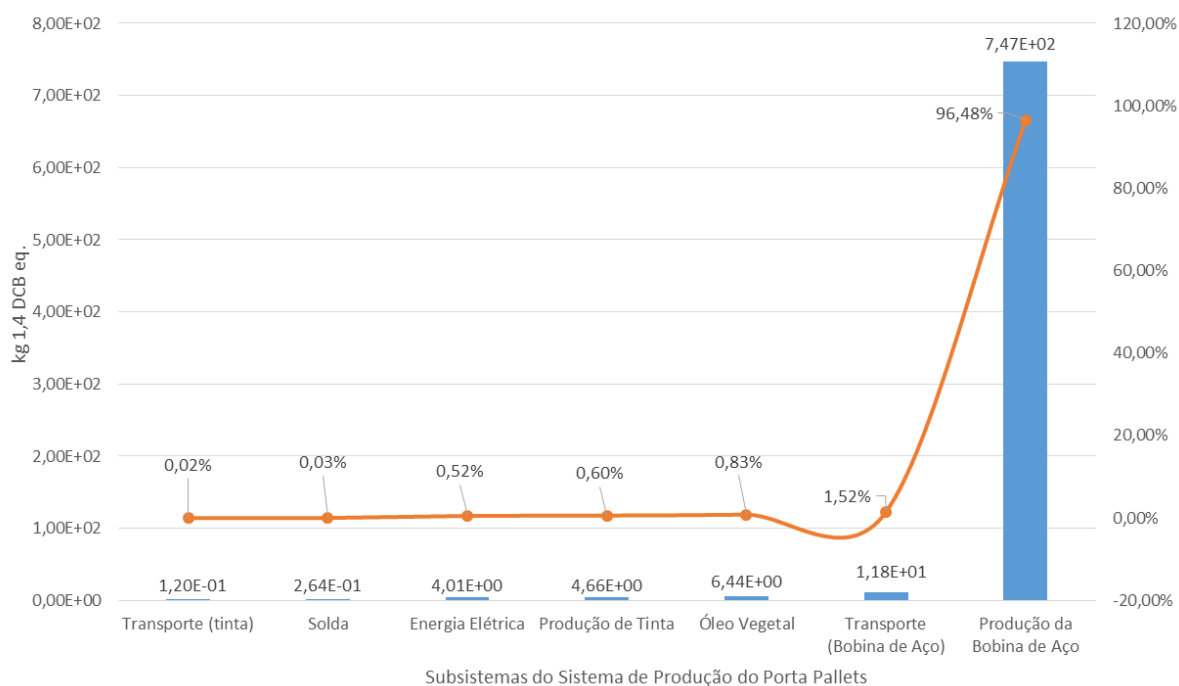


Figura 35 - Potencial de Toxicidade Humana
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais emissões encontradas nesta categoria de impacto para PTH, são as emissões de manganês (50,20%), mercúrio (18,69%) e arsênico (12,08%).

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PTH, com 96,48%, foi a produção da bobina de aço, seguido do transporte da bobina de aço com 1,52% e do mercado de óleo vegetal refinado com 0,83% do impacto total desta categoria.

5.3.8 Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (PFOF)

A formação de oxidante fotoquímico é um tipo de impacto que pode receber contribuições do CO e de todos os COV capazes de reagirem com o OH para formar radicais peróxidos, que na presença de NOx e UV podem induzir a formação de ozônio e outros compostos reativos na troposfera.

A Figura 47 ilustra os resultados obtidos através do método ReCiPe para a categoria de impacto formação de oxidante fotoquímico deste estudo. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui 2,50 Kg de NMVOC (Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos).

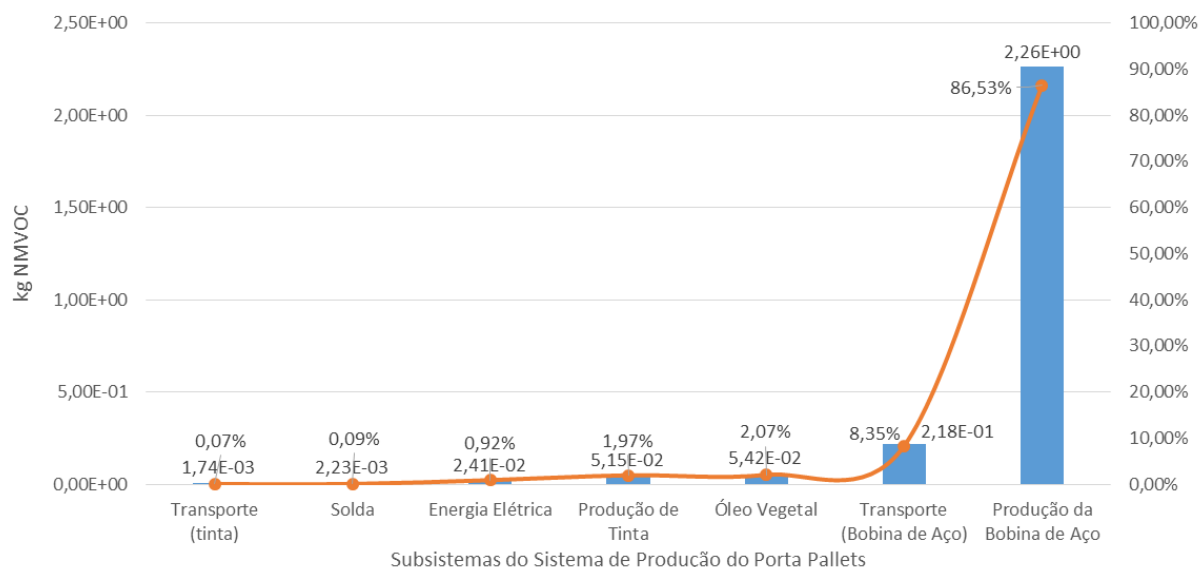


Figura 36 - Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais emissões encontradas nesta categoria de impacto para PFOF, são as emissões óxidos de nitrogênio (56,87%), NMVOC com 23,48%, monóxido de carbono (11,16%) e dióxido de enxofre com 5,10%.

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PFOF, com 86,53%, foi a produção da bobina de aço, seguido do transporte da bobina de aço com 8,35%, mercado de óleo vegetal refinado com 2,07% e a produção de tinta eletrostática com 1,97% do impacto total desta categoria.

5.3.9 Potencial de Formação de Material Particulado (PFMP)

Material particulado é o termo utilizado para uma mistura de partículas sólidas e gotas de líquidos encontrados na atmosfera. Algumas dessas partículas podem ser grandes, escuras e, portanto, visíveis, tais como a fumaça ou a fuligem (chamadas partículas grossas, ou maiores que 2,5 micrômetros). Outras são tão pequenas que somente podem ser vistas através de um microscópio (chamadas partículas finas, ou menores que 2,5 micrômetros).

A Figura 37 apresenta os resultados para os subsistemas estudados. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui com 2,22 Kg de NO₂/MP.

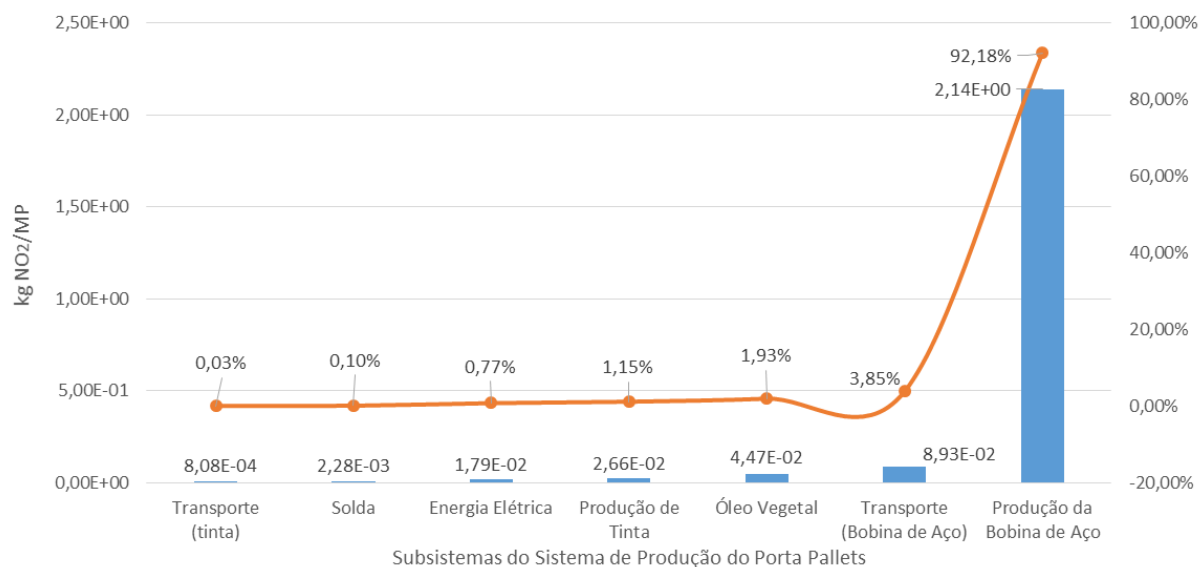


Figura 37 - Potencial de Formação de Material Particulado
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais emissões encontradas nesta categoria de impacto para PFMP, são: as partículas menores que 2,5 micrômetros (35,78%), as partículas maiores que 2,5 micrômetros e menores que 10 micrômetros (35,27%), dióxido de enxofre (14,17%), óxidos de nitrogênio (14,10%) e amônia com 0,69%.

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PFMP, com 92,18%, foi a produção da bobina de aço, seguido do transporte da bobina de aço com 3,85%, mercado de óleo vegetal refinado com 1,93% e a produção de tinta eletrostática com 1,15% do impacto total desta categoria.

5.3.10 Potencial de Ecotoxicidade Terrestre (PET)

Ecotoxicidade terrestre busca conhecer as consequências da liberação de substâncias químicas no ambiente, sobre os organismos nele existentes, tendo por finalidade compreender até que ponto substâncias químicas isoladas ou em forma de mistura, são nocivas a sistemas vivos, como e onde seus efeitos se manifestam.

A Figura 38 ilustra os resultados obtidos através do método ReCiPe para a categoria de impacto ecotoxicidade terrestre deste estudo. Somados todos os subsistemas esta categoria contribui com 0,79 Kg de 1,4 DCB Eq.

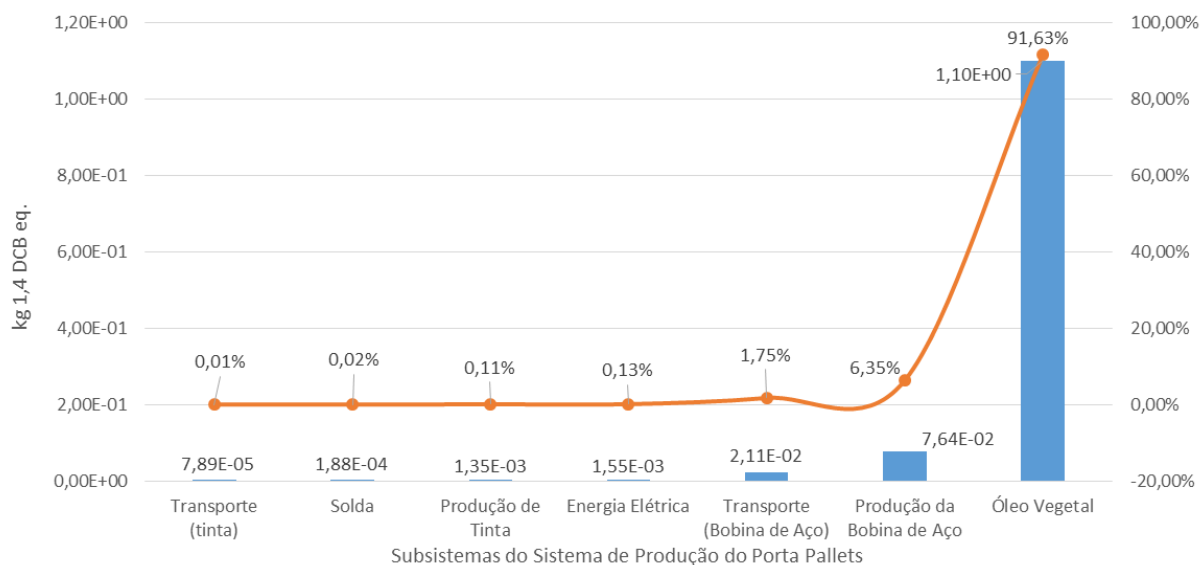


Figura 38 - Potencial de Ecotoxicidade Terrestre
Fonte: Autoria Própria

Ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, as principais saídas encontradas nesta categoria de impacto para PET, são: inseticidas (88,73%) que causam consideráveis danos à produção de diversas culturas, pesticidas (2,81%) e o mercúrio (2,32%).

Dentro do ciclo de vida do PP, a maior contribuição para PET, com 91,63%, foi o óleo vegetal refinado, seguido da produção da bobina de aço com 6,35% e o transporte da bobina de aço com 1,75% do impacto total desta categoria.

5.4 INTERPRETAÇÃO

Com base nos resultados apresentados na AICV, a fase de interpretação identificou os pontos críticos potenciais (hotspots) associados aos impactos observados ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets.

Analisando os resultados chegou-se a identificação de três principais *hotspots* no decorrer da ACV da produção do Porta Pallets, sendo eles: a produção da bobina de aço, o transporte da bobina de aço utilizando caminhão com capacidade de carga maior que 32 métrica/ton e com até dez anos de uso e o mercado de óleo vegetal como ilustra a Figura 39 a seguir por categoria de impacto, sendo elas: Potencial de Mudança Climática (PMC), Potencial de Depleção do Ozônio (PDO), Potencial de Depleção de Recursos Minerais (PDRM), Potencial de Acidificação Terrestre (PAT), Potencial de Eutrofização Aquática - Água Doce (PEAD), Potencial de Eutrofização

Aquática - Água Marinha (PEAM), Potencial de Toxicidade Humana (PTH), Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (PFOF), Potencial de Formação de Material Particulado (PFMP) e Potencial de Ecotoxicidade Terrestre (PET).

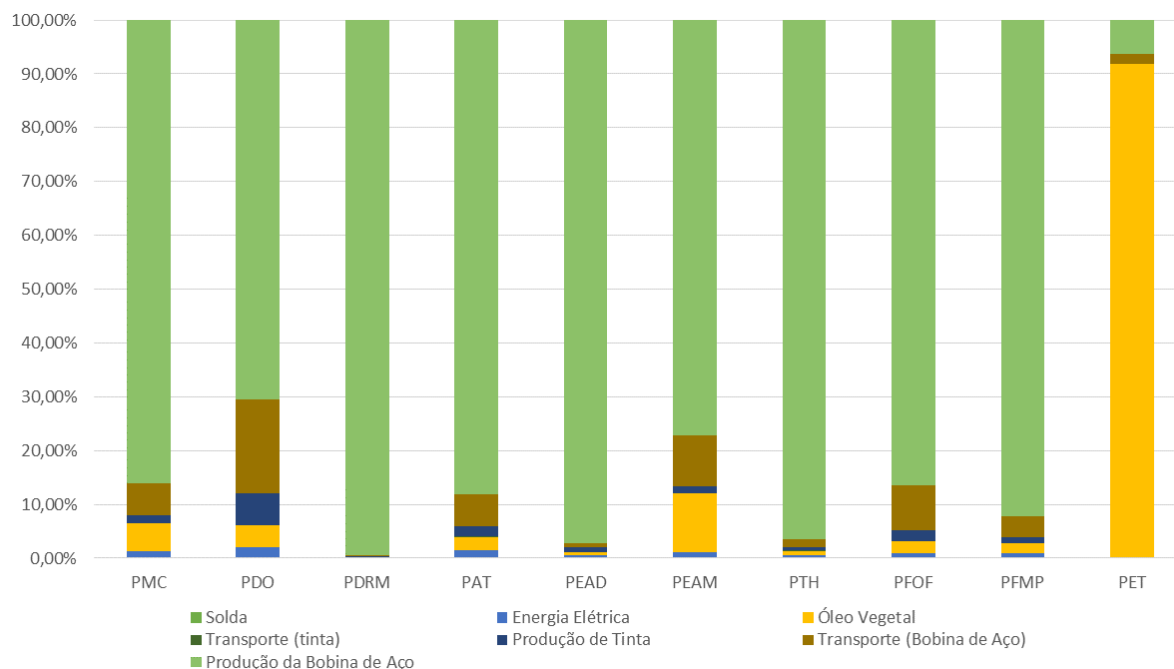


Figura 39 - Análise dos impactos ambientais totais por categoria de impacto
Fonte: Autoria Própria

Outras categorias foram identificadas na fase de ICV deste estudo, tais como a produção da tinta eletrostática, a produção de energia elétrica, o processo de solda das longarinas e o transporte da tinta utilizando caminhão com capacidade de carga entre 7,5 a 16 métrica/ton e com até dez anos de uso. Porém, apesar de constatados impactos ambientais, os mesmos não possuem grande importância no cenário como um todo do ciclo de vida (berço-ao-túmulo) da produção do Porta Pallets por expressarem valores muito pequenos de consumo, inferiores a 1% do peso total do produto.

Baseado nos três *hotspots* identificados, foi possível realizar propostas de melhoria do desempenho ambiental associadas ao ciclo de vida da produção do Porta Pallets através da análise sensitiva de cenários alternativos, a fim de viabilizar e encontrar sugestões de melhoria.

6 PROPOSTAS DE AÇÕES DE MELHORIA DO DESEMPENHO AMBIENTAL

O método ReCiPe 2008 foi utilizado para realizar as análises sensitivas e estão ilustradas nas seções posteriores, juntamente com a implementação de cenários alternativos.

6.1 ALTERAÇÕES QUANTO AO CONSUMO DA BOBINA DE AÇO

A produção da bobina de aço é o principal *hotspot* encontrado ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Sendo este subsistema o de maior impacto ambiental total. Das dez categorias estudadas, apenas em Ecotoxicidade Terrestre, a produção da bobina ficou como segundo maior contribuidor.

Já para Mudança Climática, Depleção do Ozônio, Depleção do Metal, Acidificação Terrestre, Eutrofização Aquática (água doce e marinha), Formação de Oxidantes Fotoquímicos, Formação de Material Particulado e Toxicidade Humana a produção da bobina de aço é o maior problema ambiental encontrado.

Porém, em consulta com os gestores, a princípio não se poderia realizar uma alteração no consumo do aço por diversos fatores. Os principais e que mais chamam atenção são:

- Superdimensionamento: se houver alteração para uma quantidade maior no consumo do aço, pode ocorrer da empresa vir a agregar um valor muito acima do que o consumidor espera, pois na prática, se o cliente requer um Porta Pallets com capacidade de 2000 Kg por plano, um superdimensionamento pode vir a suportar 3000 Kg por plano por exemplo. Algumas vezes por questões técnicas, segundo o gestor, isso pode acontecer, pois pode haver clientes que variam muito a capacidade de carga e então, uma flexibilidade de peso deve ser projetada.
- Subdimensionamento: se houver alteração para uma quantidade menor no consumo de aço, pode ocorrer da empresa não conseguir garantir a qualidade do Porta Pallets, ou seja, a capacidade de carga por plano requerida pelo cliente pode não suportar o produto estocado, pois esse subdimensionamento é diretamente proporcional a capacidade de carga.

Porém algumas vezes, segundo o gestor, isso pode ocorrer devido a visita técnica de uma pessoa especializada no local de instalação, se a mesma constatar que a empresa não armazenará a carga total inicial, pode ocorrer esse subdimensionamento.

Desta forma, propõe-se uma análise na variação do consumo da bobina de aço para seis cenários alternativos, sendo eles:

- CO - Cenário original analisado na pesquisa (PP com 258 kg de aço);
- -5% - Cenário com subdimensionamento do aço em -5% do CO.
- -2% - Cenário com subdimensionamento do aço em -2% do CO.
- -1% - Cenário com subdimensionamento do aço em -1% do CO.
- +1% - Cenário com superdimensionamento do aço em +1% do CO.
- +2% - Cenário com superdimensionamento do aço em +2% do CO.
- +5% - Cenário com superdimensionamento do aço em +5% do CO.

Os valores em escala de porcentagem para cada cenário das categorias de impactos são expressos na Figura 40.

Resultados das Categorias de Impacto	Cenários						
	-5%	-2%	-1%	Cenário Original	+1%	+2%	+5%
Potencial de Mudança Climática	95,92%	96,83%	97,01%	100,00%	100,17%	100,21%	101,18%
Potencial de Depleção do Ozônio	93,31%	95,99%	96,66%	100,00%	100,19%	100,29%	101,01%
Potencial de Depleção de Recursos Minerais	95,49%	96,02%	96,16%	100,00%	100,34%	100,48%	101,13%
Potencial de Acidificação Terrestre	96,62%	98,84%	99,28%	100,00%	100,61%	100,62%	105,37%
Potencial de Eutrofização Aquática (Água Doce)	92,29%	96,65%	98,83%	100,00%	100,15%	100,38%	103,17%
Potencial de Eutrofização Aquática (Água Marinha)	86,00%	89,20%	90,30%	100,00%	102,14%	102,15%	104,64%
Potencial de Toxicidade Humana	96,62%	97,99%	98,94%	100,00%	100,30%	100,44%	101,02%
Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos	96,18%	96,65%	96,66%	100,00%	100,22%	100,25%	101,01%
Potencial de Formação de Material Particulado	96,62%	96,65%	99,00%	100,00%	101,83%	102,12%	103,35%
Potencial de Ecotoxicidade Terrestre	91,38%	97,96%	98,76%	100,00%	102,08%	104,55%	115,90%

Figura 40 - Análise sensitiva de cenário – consumo de bobina

Fonte: Autoria Própria

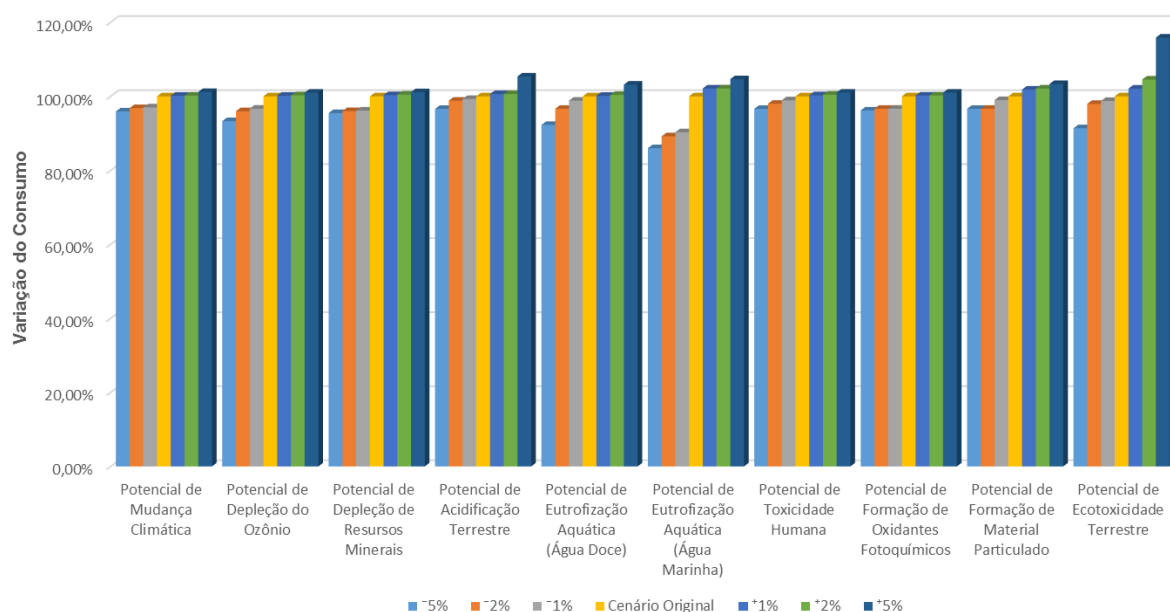


Figura 41 - Análise de cenário – categorias de impacto
Fonte: Autoria Própria

Analisando a Figura 40 e a Figura 41, é evidente que algumas categorias de impacto são mais sensíveis a variações no consumo da bobina de aço do que as outras.

Destaca-se depleção da camada de ozônio, depleção de recursos minerais, eutrofização aquática (água marinha), formação de oxidantes fotoquímicos e formação de material particulado como as categorias de impactos que sofreram maiores interferências com a análise sensitiva de cenários, indiferentemente se tal variação ocorreu para redução ou aumento no consumo da bobina de aço na produção do Porta Pallets.

Assim, uma proposta para esta temática seria a realização de uma análise específica no dimensionamento das estruturas do Porta Pallets, realizando testes físicos e pesquisas a fim de se encontrar alternativas e até novos modelos de colunas ou longarinas que suportem o peso requerido e utilizem menos aço.

6.2 ALTERAÇÕES QUANTO AO TRANSPORTE DA BOBINA DE AÇO

A principal matéria-prima da produção do Porta Pallets é a bobina de aço, e por esse motivo o transporte deste produto consequentemente é um dos *hotspots* encontrados nesta pesquisa.

O transporte é realizado por caminhões com até dez anos de uso, o que diminui bastante as emissões de gases, principalmente o dióxido de carbono. Porém devido à grande quantidade de fretes que são realizados para atender a demanda, este subsistema ficou comprometido ambientalmente.

Estes caminhões são próprios para o transporte de bobinas de aço, com capacidade maior que 32 toneladas, cada caminhão possui três berços que acomodam perfeitamente em cada berço uma bobina de aproximadamente 10 toneladas cada uma. Segundo o gestor, no ano estudado foram consumidas 2322 bobinas de aço (média de 100 fretes por mês), realizando uma média simples quase que em sua totalidade cada frete transportou apenas duas bobinas.

O principal fornecedor está situado a uma distância de 800 Km (por trecho) da fábrica estudada. Desta forma, unidos o grande volume de bobina transportada com a distância percorrida, faz com que a logística rodoviária gere impactos significativos devido à queima do óleo diesel utilizado pelos caminhões.

Assim, a fim de minimizar os impactos promovidos pelo transporte das bobinas de aço foi sugerida a seguinte proposta:

- Redução no transporte logístico das bobinas de aço: Optar pelo planejamento e compra de maior quantidade de bobinas, em média transportar três bobinas por caminhão em vez de apenas duas. Uma segunda alternativa seria tentar encontrar outro fornecedor com distância mais próxima, porém segundo o gestor, foi constatado que financeiramente ficaria inviável, pois o custo, mesmo que em larga escala de compra, subiria drasticamente, além do mais, este estudo já teria sido feito e como resultado chegou-se a unanimidade negativa para troca de fornecedor.

Desta forma, pelo fato da impossibilidade de se avaliar mudanças técnicas na área de fornecedores e logística, não foi viável a realização de análises sensitivas de cenários alternativos. Assim seria necessária uma pesquisa muito mais ampla de cotações de novos fornecedores e negociações de valores de venda no atacado das bobinas de aço. O que inviabiliza o objetivo deste estudo.

6.3 ALTERAÇÕES NO CONSUMO DE ÓLEO VEGETAL

A utilização do óleo vegetal nos processos de estampagem e de conformação das chapas de aço na perfiladeira caracterizou-se como um dos principais *hotspots* encontrados.

O óleo vegetal é utilizado para a lubrificação do aço antes dele passar pelos processos citados anteriormente. A bobina é inserida na desbobinadeira e segue para o primeiro processo, que dependendo da peça a ser fabricada, é encaminhada para a perfiladeira onde o aço será conformado mecanicamente ou é encaminhada para a linha de estampagem contínua, onde o aço será estampado, em ambos os casos deve-se ter tal lubrificação para que não haja ressecamento e assim a trinca/quebra do aço.

Como se percebe, a utilização do óleo vegetal é de extrema importância no processo de fabricação do Porta Pallets, ficando difícil a retirada desse produto por completo.

Os óleos vegetais são obtidos, predominantemente, a partir de sementes de diversas espécies vegetais. E devido a esse cultivo da produção da matéria-prima utilizada para a fabricação do óleo vegetal, são encontrados os principais contribuidores deste subsistema ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets. Podem ser citados a cipermetrina e o carbofuran como os principais contribuidores ambientais na produção do óleo.

O primeiro, a cipermetrina é um inseticida que age por contato e ingestão em alvos biológicos, o que ajuda na produção, mas também causa consideráveis danos à produção de outras culturas por afetar o solo. Já o carbofuran é um pesticida muito tóxico utilizado para controlar insetos e pragas. E por se tratar de um pesticida sistêmico, a planta o absorve através de suas raízes e a partir delas distribui para o restante das áreas afetadas, para o cultivo é bom, porém para o solo novamente se torna um vilão.

Devido a tais fatos, foi proposto cenários para a melhora do desempenho ambiental no consumo do óleo vegetal refinado, onde foram formuladas ações para redução do consumo do mesmo. No total foram analisados três cenários, que segundo o gestor, devido as barreiras tecnológicas, seriam percentualmente viáveis.

- Cenário Original – Cenário original da pesquisa.
- -3% - Cenário com redução de 3% no consumo de óleo vegetal refinado.

- -5% - Cenário com redução de 5% no consumo de óleo vegetal refinado.

Os resultados são expostos a seguir na Figura 42.

Categorias de Impacto	Cenários		
	Cenário Original	-2%	-5%
Potencial de Mudança Climática (Kg CO2 Eq.)	34,4310	33,7423	32,7094
Potencial de Depleção do Ozônio (Kg CFC Eq.)	1,73E-06	1,69E-06	1,64E-06
Potencial de Depleção de Recursos Minerais (Kg Fe Eq.)	0,4668	0,4575	0,4435
Potencial de Acidificação Terrestre (Kg SO2 Eq.)	0,0661	0,0648	0,0628
Potencial de Eutrofização Aquática (Água Doce) (Kg N Eq.)	0,0024	0,0024	0,0023
Potencial de Eutrofização Aquática (Água Marinha) (Kg N Eq.)	0,0777	0,0762	0,0738
Potencial de Toxicidade Humana (CTU)	6,4381	6,3094	6,1162
Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (Kg NMVOC)	0,0542	0,0531	0,0515
Potencial de Formação de Material Particulado (Kg NO2/MP)	0,0447	0,0438	0,0424
Potencial de Ecotoxicidade Terrestre (Kg 1,4 DCB Eq.)	1,1016	1,0795	1,0465

Figura 42 - Análise de cenário – consumo de óleo vegetal

Fonte: Autoria Própria

De um modo geral, houve uma redução dos impactos totais no consumo do óleo vegetal refinado na produção do Porta Pallets em todas as categorias de impacto, como ilustrado na Figura 42, comprovando que há uma sensível melhora nos impactos ambientais.

O que remete que é de suma importância analisar mais aprofundado este *hotspot*, pois é necessário que se façam testes físicos para avaliar a confiabilidade destas reduções na quantidade de óleo utilizado. Desta forma conseguindo solucionar de uma maneira rápida e quase que sem custos adicionais para se chegar a um resultado bastante convincente e ao mesmo tempo lucrativo tanto para o meio ambiente quanto para a empresa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi propor ações de melhoria de desempenho ambiental através da Avaliação do Ciclo de Vida na fabricação do Porta Pallets. Desta forma para se chegar a resultados confiáveis e para que tal objetivo almejado fosse concluído, se fez necessário responder aos objetivos específicos traçados.

No que se refere ao primeiro objetivo específico que era realizar o Inventário do Ciclo de Vida (ICV) da produção de Porta Pallets, foi criado e ilustrado o ICV *gate-to-gate*. Os dados foram coletados pessoalmente na indústria ao longo de um período de 10 meses para a produção de um Porta Pallets de 260,83 kg. O ICV desta natureza na esfera metalúrgica para tal produto é pioneiro na cadeia produtiva brasileira e mundial, o que contribui com as pesquisas acadêmicas no que diz respeito a avanços nas construções das bases de dados de ICVs nacionais e internacionais.

Com relação ao segundo objetivo específico que era aplicar o método ReCiPe 2008 *midpoint* (H) de avaliação a fim de quantificar os impactos ambientais agregados à produção de Porta Pallets, foi alcançado com êxito, pois as categorias de impactos estudadas obtiveram resultados e puderam ser interpretados.

Resultados estes que subsidiaram este estudo a alcançar o terceiro objetivo específico que era determinar quais atividades de produção contribuem de maneira mais significativa para os impactos potenciais totais relacionados ao produto. Com a avaliação do inventário de ciclo de vida da produção do Porta Pallets pode-se identificar os principais *hotspots* e posteriormente encontrar alternativas realizando propostas de melhorias.

Em resposta ao último objetivo específico que era propor ações de melhorias baseadas em análises de sensibilidade em cenários alternativos, foram identificados três principais *hotspots* como contribuidores ambientais, sendo formuladas propostas de melhoria.

O primeiro *hotspot* e com mais impacto ao longo do ciclo de vida da produção do Porta Pallets, é a produção da bobina de aço. Sua produção possui contribuições significativas em todas as categorias de impacto estudadas, sendo para potencial de mudança climática (86,13%), potencial de depleção do ozônio (70,53%), potencial de depleção de recursos minerais 99,42%, potencial de acidificação terrestre (88,13%), potencial de eutrofização aquática (água doce) (97,26%), potencial de eutrofização aquática (marinha) (77,19%), potencial de toxicidade humana (96,48%), potencial de

formação de oxidantes fotoquímicos (86,53%) e potencial de formação de matéria particulada (92,18%) a produção da bobina de aço é o principal problema, já para ecotoxicidade terrestre (6,35%) perde apenas para o mercado de óleo vegetal refinado (91,63%).

O segundo subsistema que mais contribui com os impactos totais observados é o transporte da bobina de aço, pois há uma grande quantidade de fretes realizados, somente para o ano de 2014, foram consumidas cerca de 2322 bobinas, cada uma pesando em torno de 10 toneladas. Sendo assim as principais categorias que este subsistema se destaca negativamente são: potencial de mudança climática com emissão de 39,1 Kg de CO₂ eq., potencial de depleção da camada de Ozônio com emissão de 7,44E-06 Kg de CFC eq. e potencial de toxicidade humana com 11,8 kg de 1,4 DCB eq.

Tais resultados são reflexo das emissões derivadas da queima do diesel utilizado no transporte, as emissões de hidrocarbonetos e óxidos de carbono de origem fóssil, são responsáveis por tal índice de contribuição.

Por fim, o terceiro subsistema com maior contribuição foi o óleo vegetal, pois em sua composição ele utiliza matérias primas com um alto teor de impacto ambiental na sua produção. As principais categorias de impactos para esse produto utilizado para a lubrificação das bobinas de aço utilizadas na produção do Parte Pallets são: potencial de mudança climática com 10,2 kg de emissão de CO₂, potencial de toxicidade humana com 6,44 kg de 1,4 DCB eq. e potencial de ecotoxicidade terrestre com 1,10 kg de 1,4 DCB Eq.

Estes três subsistemas foram identificados como maiores contribuidores negativos para o desempenho ambiental da produção do Porta Pallets, a partir disso foram propostas ações de melhoria para o processo estudado.

Com relação a produção da bobina de aço, foram analisados três cenários otimistas para redução de 1%, 2% e 5% no consumo do aço e três cenários pessimistas com aumento no consumo do aço em 1%, 2% e 5%.

Para redução de 1% no consumo, as principais categorias que sofreram alterações consideráveis, aproximadamente redução de 2,12% em média nos impactos totais, foram de potencial de mudança climática, potencial de depleção da camada de ozônio, potencial de depleção de recursos minerais, potencial de eutrofização aquática (água marinha) e potencial de formação de oxidantes fotoquímicos.

Já para redução de 2% no consumo, as principais categorias que sofreram alterações consideráveis, aproximadamente redução de 3,35% em média nos impactos totais, foram o potencial de mudança climática, potencial de depleção da camada de ozônio, potencial de depleção de recursos minerais, potencial de eutrofização aquática (água doce), potencial de eutrofização aquática (água marinha), potencial de formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de formação de material particulado.

Para redução de 5% no consumo, as principais categorias que sofreram alterações consideráveis, aproximadamente redução de 4,29% em média nos impactos totais, foram: potencial de Mudança Climática, potencial de Depleção da Camada de Ozônio, potencial de Depleção de recursos minerais, potencial de Eutrofização Aquática (Água Doce), potencial de Eutrofização Aquática (Água Marinha), potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos, potencial de Formação de Material Particulado e potencial de Ecotoxicidade Terrestre.

Com uma redução de 2% e 5% no consumo do óleo vegetal refinado, há uma sensível melhora no desempenho ambiental do produto ao longo do seu ciclo de vida, principalmente para potencial de Mudança Climática (redução de 0,7 Kg de CO₂ aproximadamente para 1% e redução de 1,7 Kg de CO₂ para 5%) e em potencial de Toxicidade Humana (redução de 0,2 kg 1,4 DCB eq. para 1% e redução de 0,4 kg 1,4 DCB eq. para 5%).

Assim, com o alcance das respostas para os objetivos específicos traçados, utilizando as afirmações apresentadas nesta seção e nos resultados, pôde-se chegar as respostas adequadas e fidedignas sobre quais seriam as ações de melhoria de desempenho ambiental através da Avaliação do Ciclo de Vida na fabricação do Porta Pallets. Desta forma, esta pesquisa subsidia a gestores, acadêmicos e pesquisadores da área, a tomada de decisão sustentável nas várias áreas da Engenharia de Produção.

7.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Com o passar do tempo e o avanço deste estudo, foram identificadas algumas oportunidades para trabalhos futuros relacionados ao tema em questão. São elas:

- Realizar a ACV do aço no Brasil, para maior compreensão e aprofundamento da área.
- Replicar este estudo realizando a ACV para outros produtos da área metalúrgica.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Brasil, 2009b.
- AGUIA SISTEMAS. Detalhes do Porta Pallets, 2015. Disponível em:< <http://www.aguiasistemas.com.br/produtos/porta-pallets-detail>>. Acesso em: 22 de janeiro. 2015.
- ALTAMIRA. Vantagens e Desvantagens do Porta Pallets, 2015. Disponível em:< <http://www.altamira.com.br/produtos/porta-paletes>>. Acesso em: 22 de janeiro. 2015.
- ALVARENGA, R. A. F. **Avaliação de métodos de AICV**: Um estudo de caso de quatro cenários de ração para frangos de corte. 2010. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- BARBIERI, C. J. **Gestão ambiental empresarial**. São Paulo: Saraiva, 2004.
- BURCHART-KOROL, D.; KOROL, J.; CZAPLICKA-KOLARZ, K. Life cycle assessment of heat production from underground coal gasification. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1-13, 2016.
- BUXEL, H.; ESENDURAN, G.; GRIFFIN, S. Strategic Sustainability: Creating Business Value with Life Cycle Analysis. **Business Horizons**, v. 58, n. 1, p. 109-122, 2015.
- CAMPOS, S. R. **Estudo Teórico-Experimental de sistemas de armazenagem industrial tipo Drive-in**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG.2003.
- CAVALETT, O.; CHAGASM, M. F.; SEABRA, J. E. A.; BONOMI, A. Comparative LCA of ethanol versus gasoline in Brazil using different LCIA methods. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 2012.
- CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- CHUM, J. C. B. Gestão do processo de desenvolvimento de produtos e a Gestão do ciclo de vida: proposta de um modelo para o Desenvolvimento de produtos sustentáveis. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- COMISSÃO MUNDIAL PARA O AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro em comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COSTA, M. S. V. **O enfoque de ciclo de vida como estratégia para a gestão sustentável: um estudo de caso sobre pneus**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CURRAN, M. A. **Life cycle assessment: principles and practice**. Cincinnati, Ohio 2006. Disponível em <<http://www.epa.gov/nrmrl/lcaccess/pdfs/600r06060.pdf>>. Acesso em: 23 julho. 2015.

DURÃO, V. L. C. **Análise comparativa de sistemas centralizados e descentralizados de valorização de chorumes de suinoculturas, utilizando o software Umberto**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Lisboa, 2009.

EC-JRC – JOINT RESEARCH CENTRE OF THE EUROPEAN COMMISSION. Analysis 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.

ECOINVENT. **Database**. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/database/>>. Acesso em: 27 outubro 2014.

ELKINGTON, J. **Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business**. Capstone: New Society, 1997, 407 p.

ESMENA. Esmena Portugal Sistemas de Armazenagem. Disponível em: <<http://www.esmenapt.pt>>. Acesso em: 29 outubro 2014.

GOEDKOOP et al. **ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level**. First edition. Report I: Characterisation. Ruimte en Milieu Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Jan. 2009.

GODLEY, M. H. R., 1991. Storage Racking in Design of Cold Formed Steel Members, chapter 11, Ed.Rhodes. Elsevier Applied Science, Amsterdam, p.361-399.

GUINÉE, J. B.; GORÉE, M.; HUPPES, R. H. G.; KLEIJN, R.; KONING, A.; SLEESWIJK, L. O. A. W.; SUH, S.; HAES, H. A. U. **Handbook on Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards**. Publisher: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001.

GUINEE, J. B. et al. Life cycle assessment: past, present, and future. **Environmental science & technology**, v. 45, n. 1, p. 90-96, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14040: Environmental Management –Life Cycle Assessment – Principles and Framework**. Geneva (Switzerland): European Standard, 2006a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14044: Environmental management – life cycle assessment – Requirements and Guidelines**. Geneva (Switzerland): European Standard, 2006b.

KLÖPFER, W. The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044: rigin, purpose and practical performance. **The International Journal Of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, p.1-7, 2012. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/mk77544m09113412/fulltext.pdf>>. Acesso em: 05 novembro 2014.

LUZ, L. M. da. **Proposta de modelo para avaliar a contribuição dos indicadores obtidos na análise do ciclo de vida sobre a geração de inovação na indústria**. Dissertação (mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

MECALUX. Cargas Paletizadas – Porta Pallets, 2015. Disponível em:< <http://www.mecalux.com.br/cargas-paletizadas/porta-pallets>>. Acesso em: 22 de janeiro. 2015.

MIRANDA, S. A. **Análise de ligações de sistemas de armazenagem Industrial tipo Porta-Pallets**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto-Escola de Minas, Ouro Preto, 2013.

NUNES, I. S. et al. Estudo do fluxo de materiais e energia na produção de creme base utilizando o software Umberto®: Os potenciais impactos ambientais da produção farmacêutica magistral. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30. 2010, São Carlos. **Anais...** . São Carlos: Abepro, 2010. p. 1 - 13.

OLIVEIRA, A. M. **Análise Teórico-Experimental de Sistemas Industriais de armazenagem (“Racks”)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. 2000

PASSUELO, A. C. B. **Aplicação da Avaliação do ciclo de vida em embalagens descartáveis para frutas: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PEREIRA, C. L. F. **Avaliação da Sustentabilidade Ampliada de Produtos Agroindustriais: estudo de caso suco de laranja e etanol**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PIEKARSKI, Cassiano Moro. **Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF**. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

RASHID, A. F. A.; YUSOFF, S. A review of life cycle assessment method for building industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 244-248, 2015.

RIBEIRO, F. S. **Análise Teórico-Experimental de colunas curtas em Perfis Formados a frio de Seção Transversal tipo Rack**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. 2006.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. **Gestão do ciclo de vida de produtos inovadores e sustentáveis**. 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/27/SD04_Gestão_do_Ciclo.pdf>. Acesso em: 04 out. 2014.

SARAIVA, G. D. I.; LIMA JUNIOR, J. A. T. de; XAVIER, L. S.; PEIXOTO, J. A. A. A metodologia da análise do ciclo de vida, apoiada pelo software Umberto®, como ferramenta de gestão na perspectiva da sustentabilidade: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. 4., Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2007.

SILVA, D. A. L. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012. 207 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, G. A.; KULAY, L. A. **Avaliação do ciclo de vida**. In: VILELA JUNIO, A.; DEMAJOROVIC, J. **Modelos de ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Senac, 2006.

TATEYAMA, R. T. **Softwares de análise do ciclo de vida: uma contribuição à difusão da ferramenta no Brasil**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisa Tecnológicas do Estado São Paulo, São Paulo, 2007.

UMBERTO. **Conheça Umberto**. Disponível em: <<http://www.umberto.de/en/home/language/portuguese/>>. Acesso em: 27 fev. 2014c.

UMBERTO. **Software for your Material Flow Management**. Disponível em: <<http://www.ifu.com/en/products/umberto>>. Acesso em: 27 fev. 2014b.

UMBERTO. **The software for process optimization**. Disponível em: <http://www.umberto.de/export/download/umberto_en/umberto_i_fly_en.pdf >. Acesso em: 27 fev. 2014a.

UNEP - **UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME**. Life cycle management: a business guide to sustainability. 2011. Disponível em: <<http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0889xPALifeCycleManagement.pdf>>. Acesso em: 26 abril de 2014.

UNEP/SETAC, 2007, "Life Cycle Management: A Business Guide for Sustainability" UNEP/SETAC publication. Disponível em: <http://www.unep.fi/scp/lcinitiative/publications/>. Acesso em: 13 novembro de 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability**. Paris: United Nations Publication, 2007, 50 p.

WBCSD, 1992, "Changing Course: A global business perspective on development and the environment". Disponível em: www.wbcsd.org. Acesso em: 20 agosto de 2015.

APÊNDICE A – Questionário de Pesquisa

QUESTIONÁRIO PARA ACV – SISTEMA PRODUTIVO DO PORTA PALLETS

QUESTIONÁRIO 1 (SISTEMA PRODUTIVO "A" - ANO 2014)				
PARTE A - INFORMAÇÕES GERAIS DA FÁBRICA				
Seção A.1: Questões Básicas				
1	Por favor, complete as seguintes informações:			
	Nome da Empresa:			
	Nome do Gestor:			
	Cargo do Gestor:			
	Telefone:			
	E-mail:			
2	Quantos dias a empresa operou durante o ano de 2014?			
3	Qual foi a Produção total anual para o ano de 2014?			
4	Nas linhas abaixo informe as dimensões mínimas, máximas e médias das colunas, longarinas e montantes dos Porta Pallets produzidos no ano de 2014:			
	Altura Mínima Coluna:	Altura Média Coluna:	Altura Máxima Coluna:	
	Comprimento Mínimo Longarina:	Comprimento Médio Longarina:	Comprimento Máximo Longarina:	
	Largura Mínima Montante:	Largura Média Montante:	Largura Máxima Montante:	
5	Qual a quantidade de Porta Pallets produzidos no ano de 2014?			
6	Qual é o período da coleta de dados?			
7	Qual foi o total de Energia Elétrica consumida no ano de 2014?			
8	Qual foi o total de Gás Natural consumido no ano de 2014? (Ou outros gases)			
9	Qual foi o total de Água consumida no ano de 2014? Quais eram as fontes?			
PARTE B - SISTEMA PRODUTIVO "A" DO PORTA PALLETS				
<p>A Parte B do questionário divide-se em 5 seções:</p> <ul style="list-style-type: none"> B.1. Diagrama de fluxo de processos elementares da Produção do Porta Pallets B.2. Dados do Processo Elementar B.3. Dados para Análise de Inventário de Ciclo de Vida B.4. Dados para transporte a montante do Processo B.5. Dados para transporte interno 				
Seção B.1: Diagrama de fluxo de processos elementares da Produção do Porta Pallets				
<p>Esta parte do questionário é baseado no fluxo genérico de processos elementares do processo produtivo do Porta Pallets no ano de 2014. A figura abaixo ilustra o limite de fronteira do sistema de produção do mesmo.</p>				
1.	A figura acima retrata a realidade em relação ao seu processo produtivo?	SIM	NÃO	Comentários
2.	Há algum outro processo elementar do sistema que não está ilustrado no diagrama acima?			

(CONTINUA)

(CONTINUAÇÃO)

Seção B.2: Dados do Processo Elementar				
Esta seção compreende as informações relativas a cada processo elementar citado na figura da seção B.1. Preencha uma tabela de dados para cada processo elementar de maneira mais completa e específica possível, garantindo a confiabilidade e qualidade do estudo.				
Tabela de Dados de Processo Elementar				
Preenchido por:		Data do preenchimento:		
Identificação do processo elementar:		Local de Origem dos Dados:		
Período de Tempo (ano):		Mês de Início:	Mês de Término:	
Descrição do Processo Elementar: (pode-se anexar folhas adicionais, se necessário)				
Entrada de material	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
Consumo de Água ^a	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
Entradas de Energia ^b	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
Saída de material (incluindo produtos)	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem	Origem
NOTA Os dados nesta folha de coleta de dados referem-se a todas as entradas e saídas coletadas durante o período de tempo especificado, antes de possíveis alocações.				
^a Por exemplo água superficial, água potável.				
^b Por exemplo, óleo combustível pesado, óleo combustível médio, óleo combustível leve, querosene, gasolina, gás natural, propano, carvão, biomassa, eletricidade da rede.				
Seção B.3: Dados para Análise de Inventário de Ciclo de Vida				
O questionário abaixo permite a análise de Inventário do Ciclo de Vida. É necessário informar os dados para todos os processos elementares existentes no diagrama da seção B.1.				
Identificação de Processo Elementar:		Local de Origem dos Dados:		
Emissões atmosféricas ^a	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
Liberações para Água ^b	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
Liberações para o solo ^c	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
Outras Liberações ^d	Unidade	Quantidade	Descrição dos procedimentos de amostragem (anexar folhas, se necessário)	
Descrever quaisquer cálculos específicos, coleta de dados, amostragem ou variação da descrição das funções do processo elementar (anexar folhas, se necessário).				
^a Por exemplo, inorgânicos: Cl ₂ , CO, CO ₂ , poeira/particulado, F ₂ , H ₂ S, H ₂ SO ₄ , HCl, HF, N ₂ O, NH ₃ , NOx, SOx; orgânicos: hidrocarbonetos, PCB, dioxinas, fenóis; metais: Hg, Pb, Cr, Fe, Zn, Ni.				
^b Por exemplo: DBO, DQO, ácidos, Cl ₂ , CN ₂ -, detergentes/óleos, compostos orgânicos dissolvidos, F-, íons de Fe, íons de Hg, hidrocarbonetos, Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , organoclorados, outros metais, outros compostos de nitrogênio, fenóis, fosfatos, SO ₄ ²⁻ , sólidos em suspensão.				
^c Por exemplo: resíduos minerais, resíduo industrial misto, resíduos sólidos urbanos, resíduos tóxicos (por favor listar os compostos incluídos nesta categoria de dados).				
^d Por exemplo: ruído, radiação, vibração, odor, calor perdido.				
Seção B.4: Dados para transporte a montante do Processo				
Este questionário permite analisar os dados referentes a transporte de produtos. O questionário abaixo refere-se ao transporte rodoviário. Caso exista o modal ferroviário ou aquático o padrão segue o mesmo.				
Nome do produto intermediário	Transporte rodoviário			
	Distância Km	Capacidade do Caminhão	Carga Real (toneladas)	Retorno Vazio (Sim/Não)
Seção B.5: Dados para transporte interno				
Nesta seção é inventariado o transporte interno em uma instalação para cada processo elementar descrito na seção B.1. Os valores são coletados durante um período específico de tempo e mostram as quantidades reais de combustível utilizados.				
Combustível	Quantidade total de entrada transportada		Consumo total de combustível	
	Óleo Diesel			
	Gasolina			
	GLP			

Figura 43 - Questionário para ACV
 Fonte: Adaptado de Piekarski (2013)

APÊNDICE B – Modelagem do sistema de produção do Porta Pallets

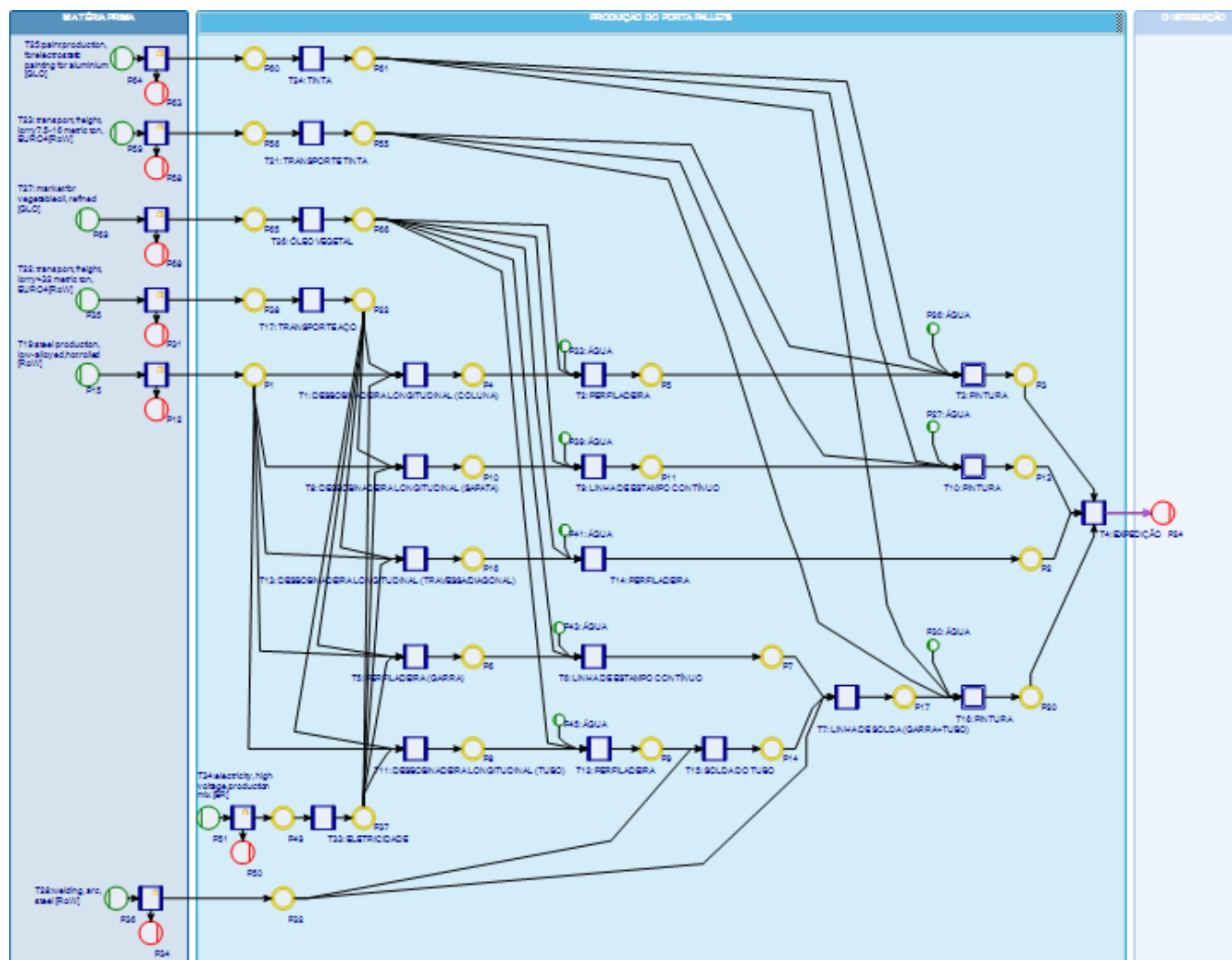


Figura 44 - Modelagem sistema de produção do Porta Pallets, fronteira *cradle-to-gate*
 Fonte: Autoria Própria

* Os subsistemas representados pelas transições T3, T10 e T16, foram modeladas através de subredes apresentadas na Figura 45.

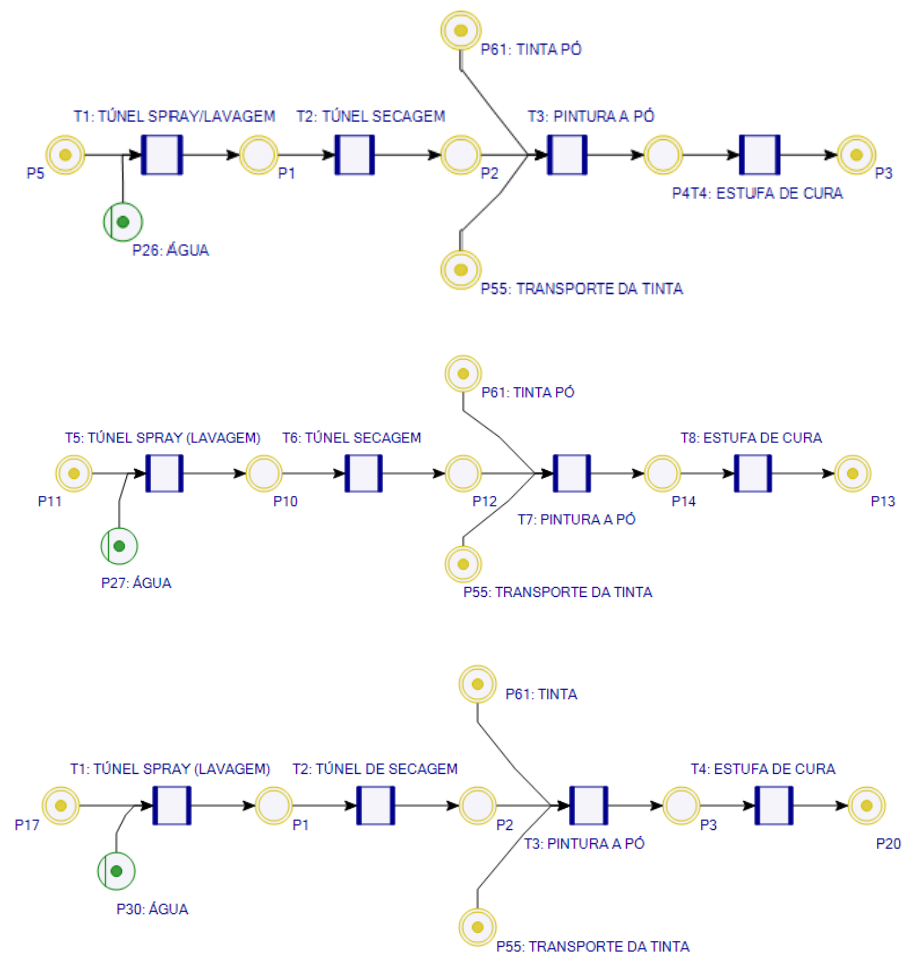


Figura 45 - Modelagem dos subsistemas sistema de produção do Porta Pallets, fronteira cradle-to-gate
Fonte: Autoria Própria