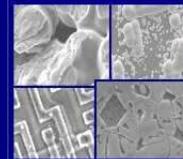




PUCRS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

Faculdade de Engenharia
Faculdade de Física
Faculdade de Química



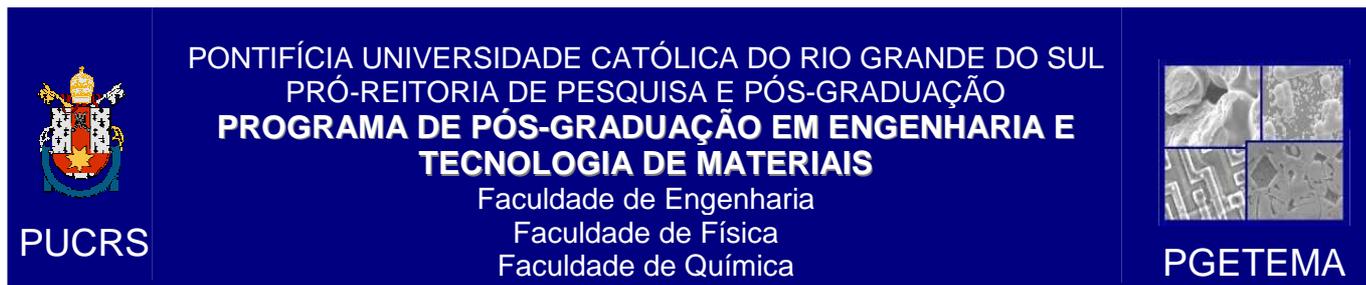
PGETEMA

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA CALÇADISTA DO RIO GRANDE DO SUL

Fabiana de Araújo Ribeiro
LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

**DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
ENGENHARIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS**

Porto Alegre
Agosto, 2009



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA CALÇADISTA DO RIO GRANDE DO SUL

FABIANA DE ARAÚJO RIBEIRO
LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

ORIENTADOR: PROF(a). Dr(a) ROSANE LIGABUE

Dissertação realizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Tecnologia de Materiais.

Porto Alegre
Agosto, 2009

PROJETO ECOSHOES

Projeto: Avaliação do Ciclo de Vida na Indústria Calçadista do Rio Grande do Sul

Linha de Pesquisa do PGETEMA: Tecnologias Limpas

Instituição Credenciada Executora: Faculdade de Química - FAQUI

Coordenador: Prof. Dr. Marcus Seferin

Objetivo: O projeto tem como objetivo desenvolver duas coleções de calçados sociais feminino com componentes ecologicamente responsáveis amparados na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida

“Na longa história da humanidade – e no reino animal, aqueles que aprenderam a cooperar e improvisar, prevaleceram”

(Charles Darwin)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha querida vó Branca, de quem recebo, amor, carinho, cuidado, dedicação e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, meu marido e meu irmão pelo apoio, paciência e compreensão durante os dois anos de mestrado. Agradeço também aos meus orientadores Rosane Ligabue e Marcus Seferin, aos meus colegas de pesquisa Felipe Migliavacca, Renato Diaz Santa Helena, Tiago Accorsi, e em especial a Morgana Streicher, Roberto Bender e Wagner Menezes pela incansável dedicação.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	5
AGRADECIMENTOS	6
SUMÁRIO	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE QUADROS	10
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Definição dos Objetivos e do Escopo	21
3.2. Análise do Inventário	21
3.2.1. Desenvolver um Fluxograma	22
3.2.2. Desenvolver um Plano de Coleta de Dados	23
3.2.2.1. Definir Metas de Qualidade de Dados	23
3.2.2.2. Identificar fontes e tipos de dados	23
3.2.2.3. Identificar indicadores de qualidade de dados	24
3.2.2.4. Desenvolver uma Planilha de Dados	24
3.2.3. Coleta de Dados	25
3.2.3.1. Alocação	25
3.2.3.2. Análise de Entradas no Inventário de Ciclo de Vida do Produto.....	26
3.2.3.2.1 <i>Energia</i>	27
3.2.3.2.2 <i>Fontes de Energia</i>	27
3.2.3.2.3 <i>Eletricidade</i>	28
3.2.3.2.4 <i>Água</i>	28
3.2.3.3. Análise de saídas do Inventário de Ciclo de Vida do Produto.....	29
3.2.3.3.1 <i>Emissões Atmosféricas</i>	29
3.2.3.3.2 <i>Resíduos Líquidos</i>	30
3.2.3.3.3 <i>Resíduo Sólido</i>	30
3.2.3.3.4 <i>Produtos</i>	31

3.2.3.3.5 Transporte.....	31
3.2.3.4. Dados de Período de Tempo	32
3.2.3.5. Dados Específicos versus Dados Compostos	32
3.2.3.6. Categoria de Dados	32
3.2.4. Avaliação e documentação dos resultados do ICV	33
3.3. Avaliação do Impacto Ambiental	33
Passos chave na Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida	34
Seleção e Classificação das Categorias de Impacto	34
Caracterização	35
Normalização.....	37
Agregação	38
Ponderação	38
3.4. Interpretação dos Resultados	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1. Definição de Objetivos e Escopo.....	42
4.2. Inventário do Ciclo de Vida	50
4.2.1. Subsistema 1 – Produção do Salto.....	51
4.2.2. Subsistema 2 – Produção da Plataforma ou Meia pata	52
4.2.3. Subsistema 3 – Produção da Palmilha de Montagem.....	52
4.2.4. Subsistema 4 – Produção do Cabedal.....	53
4.2.5. Subsistema 5 – Produção da Sola.....	53
4.2.6. Subsistema 6 – Produção da Embalagem.....	54
4.2.7. Subsistema 0 – Montagem, Acabamento e Expedição.....	54
4.3. Avaliação do Impacto.....	55
4.4. Interpretação dos Resultados	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
6. CONCLUSÕES	62
7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXO 1.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Estágios do Ciclo de Vida [6].	18
Figura 3.2. Interação entre os estágios da ACV [21]......	21
Figura 4.1. Fluxograma de produção do calçado.	43
Figura 4.2. Componentes de um calçado social feminino.	44
Figura 4.3. Percentagem em massa dos componentes de um calçado social feminino	45
Figura 4.4. Fronteiras do sistema com os respectivos subsistemas estudados.	46
Figura 4.5a. Cenário Genérico.	46
Figura 4.5b. Cenário Alternativo.	47
Figura 4.6. Sistema de produção/cenário genérico.	48
Figura 4.7. Sistema de produção/cenário alternativo.	49
Figura 4.8. Estrutura da oferta interna de energia elétrica (ano 2007). [37]	51
Figura 5.1 Modelos dos calçados ECOSHOES apresentados na Couromoda 2009.	61
Figura 5.2 Marca ECOSHOES, registrada pelo Instituto By Brasil.	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. 1. Empresas Participantes do Projeto.	15
Quadro 3. 1. Categorias de impacto de ciclo de vida normalmente utilizadas. Adaptado da Análise do Ciclo de Vida dos Produtos. [35]	36
Quadro 4.3.1. Avaliação do impacto subsistema 1.	56
Quadro 4.3.2. Avaliação do impacto subsistema 2.	56
Quadro 4.3.3. Avaliação do impacto subsistema 4.	57
Quadro 4.3.4. Avaliação do impacto subsistema 6.	57
Quadro 4.3.5. Avaliação do impacto dos subsistemas 3 e 5.	58

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida

ICV - Inventário do Ciclo de Vida

AICV - Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

ISO - International Organization for Standardization

EPA - Environmental Protection Agency

BEPO - Best Practicable Environmental Option

IPPC - Directive on Integrated Pollution Prevention and Control

EMAS - Eco Management and Audit Schemes

SEM - Environmental Management System (Sistema de Gestão Ambiental)

ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno

SBR - Borracha Estireno Butadieno

TPU - Poliuretano Termoplástico

PU - Poliuretano

PS - Poliestireno

EVA - Etileno Vinil Acetato

TR - Resina Termoplástica

ODP - Ozone Depletion Potential (Potencial de Depleção do Ozônio)

WMO - World Meteorological Organisation (Organização Mundial de Meteorologia)

GWP – Global Warming Potential (Potencial de Aquecimento Global)

RESUMO

DE ARAÚJO RIBEIRO, Fabiana. **Avaliação do Ciclo de Vida na Indústria Calçadista do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 2009. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.

O desenvolvimento e a demanda de atividades industriais do setor calçadista têm preocupado empresários no sentido de mudar a natureza e a extensão dos impactos ambientais decorrentes da produção de calçados e artefatos para calçados. Um dos principais problemas associados a estas atividades é que elas podem não ter um efeito imediato e algumas podem ter ainda um efeito global sobre o meio ambiente. Muitas indústrias têm respondido a estas questões investigando formas de minimizar seus efeitos no meio ambiente explorando estratégias de prevenção à poluição e sistemas de gerenciamento ambiental. A Avaliação do Ciclo de Vida está sendo usada, neste trabalho, como metodologia para a minimização de impactos ambientais no sistema de produção de calçados sociais femininos. O processo de produção de um calçado feminino foi avaliado em dois cenários para quatro dos sete subsistemas descritos. As intervenções realizadas nos subsistemas 1, 2 e 4, foram plenamente satisfatórias. As intervenções realizadas no subsistema 6 se mostraram menos eficientes.

Palavras-Chaves: Avaliação do Ciclo de Vida; Calçado feminino, Indústria Calçadista.

ABSTRACT

DE ARAÚJO RIBEIRO, Fabiana. **Life Cycle Assessment in Footwear Industry of Rio Grande do Sul** Porto Alegre. 2009. Master Thesis. Pos-Graduation Program in Materials Engineering and Technology, PONTIFICAL CATHOLIC UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL.

The development and demand for industrial activities of the footwear industry are concerned entrepreneurs to change the nature and extent of environmental impacts from the production of shoes and footwear for artifacts. One of the main problems associated with these activities is that they may not have an immediate effect and some may even have an overall effect on the environment. Many industries have responded to these questions investigating ways to minimize its effects on the environment exploring strategies to prevent pollution and environmental management systems. The Life Cycle Assessment is being used in this work as a methodology to minimize environmental impacts in the system of production of shoes for women. The production process of a women's shoe was evaluated in two scenarios for four of the seven subsystems described. The interventions in subsystems 1, 2 e 4 was plainly satisfactory. Interventions in the subsystem 6 were less efficient.

Key-words: Life Cycle Assessment; female footwear; footwear industry.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias e os mercados globalizados tem ocasionado mudanças nas atividades industriais, principalmente em países em desenvolvimento [1]. A partir da Conferência Rio Summit 1992, a sustentabilidade dos processos produtivos tem sido um fator considerado pelo setor produtivo para ampliar sua participação no mercado. O setor industrial tem buscado formas de integrar o uso racional dos recursos naturais com os processos de produção, desenvolvimento do produto, fornecimento de matéria-prima e distribuição. Como consequência, é preciso que o uso dos recursos seja mais efetivo e a gestão de resíduos seja mais eficiente [1,2].

A eco-eficiência serve de base, nesse contexto, para que as empresas possam desenvolver e implementar estratégias voltadas a sustentabilidade. Essas estratégias priorizam inovações tecnológicas e sociais, na transparência, na contabilização ambiental e na cooperação com os demais segmentos da sociedade [2].

O setor calçadista do Rio Grande do Sul tem se alinhado à tendência de produtos e processos concebidos com responsabilidade ambiental. No Brasil e no mundo são observadas iniciativas em produção mais limpa, estratégias de prevenção à poluição, sistemas de gerenciamento ambiental, uso racional de energia e dos recursos materiais. Há no mercado uma série de iniciativas com o intuito de desenvolver produtos e processos com tal concepção. No entanto, existem poucos, senão apenas um caso, onde todo um parque industrial contempla, ao menos em parte, os conceitos da ecologia industrial. Esse é justamente o caso do projeto “Um amanhã mais feliz”, do Sindicato das Indústrias de Calçados de Três Coroas, no Rio Grande do Sul.

Há mais de dez anos, esse projeto mantém uma Central de triagem de resíduos industriais originários de 93 empresas locais, destinando 250 toneladas resíduos sólidos por mês, com reaproveitamento de aproximadamente 68% em peso

desse material em indústrias diversas [3]. O projeto “Um amanhã mais feliz” abarca ciclos de materiais no âmbito *do portão de entrada ao portão de saída* das indústrias, representando um importante avanço para o setor na produção sustentável.

Concebido pela ASSINTECAL – INSTITUTO BY BRASIL, em conjunto com a Faculdade de Química da PUCRS, o projeto ECOSHOES surgiu como opção para o aumento do escopo desse tipo de iniciativa, ampliando a abordagem para o que poderia ser chamado de *ecodesign do berço ao portão de saída*. Para a viabilização do projeto ECOSHOES foram reunidos juntamente com o INSTITUTO BY BRASIL e a PUCRS, 14 empresas produtoras de componentes e serviços para a indústria calçadista, dois fabricantes de calçados filiados ao Sindicato das Indústrias de Calçados de Três Coroas com o apoio financeiro do FINEP, SEBRAE e APEX BRASIL.

Quadro 1. 1. Empresas Participantes do Projeto.

Empresa	Sede
Box Print	Campo Bom
BS Indústria de Botões	Gravataí
Comlasa	Novo Hamburgo
D'Latéx Indústria e Comércio de Componentes para Calçados	Novo Hamburgo
Dublauto Gaúcha Ind. e Comércio de Comp. para Calçados	Ivoti
Ecopol Reciclagem de Polímeros	Farroupilha
Evatec Produtos de EVA	São Leopoldo
Pau Brasil Indústria de Componentes para Calçados	Sapiranga
Injetados Paranhana	Igrejinha
Matrizaria Igrejinha	Igrejinha
Novo Ciclo Ind. e Com. de Resíduo Industrial	Charqueadas
Rollafio Indústria e Comércio de Passamanarias	Novo Hamburgo
Romana Indústria Química	Campo Bom
Termotêxtil Indústria e Comércio	Novo Hamburgo
Calçados Miúcha	Três Coroas
Calçados Q-Sonho	Três Coroas

Na procura de processos eco-eficientes na indústria de calçados, se faz necessária a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) como ferramenta de diagnóstico dos pontos críticos da produção e identificação da melhor opção de prática ambiental. Este trabalho aponta para a sustentabilidade do processo produtivo de calçados sociais femininos levando em conta apenas aspectos ambientais.

O calçado gera diversos tipos de resíduos ao longo de seu ciclo de vida, desde a fase de extração da matéria-prima, projeto, manufatura, uso até a fase de disposição final. O processo de produção de um calçado é composto por diversos estágios com o consumo de grandes quantidades de energia, uso de fontes não renováveis, bem como, uma geração significativa de resíduos sólidos. Além disso, envolve muitas etapas para a manufatura dos diversos componentes envolvidos.

Nesta perspectiva, a Avaliação do Ciclo de Vida foi escolhida como metodologia de trabalho para o estudo de comparação do desempenho ambiental do processo de produção de um calçado social feminino em dois cenários:

- Sistema de produção de um calçado social feminino genérico e;
- Sistema de produção de um calçado social feminino ambientalmente responsável.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar a Avaliação do ciclo de vida de calçados sociais femininos considerando a produção dos componentes com maior relevância em massa dentro do processo de montagem, acabamento e embalagem do produto final através da quantificação e a avaliação dos impactos do processo de manufatura destes calçados nas diversas etapas como base para que fossem propostas ações de melhoria

2.1. Objetivos Específicos

- Utilizar a Avaliação do ciclo de vida como ferramenta de tomada de decisão para o desenvolvimento de um calçado social feminino com componentes ecologicamente responsáveis;
- Identificar os pontos críticos no ciclo de vida de calçados femininos tais como desperdício de energia, desperdício de matéria prima, gestão de resíduos;
- Minimizar os Impactos Ambientais associados às etapas do ciclo de vida do calçado feminino como qualidade do ecossistema e esgotamento de recursos naturais;
- Avaliação comparativa dos impactos ambientais e demanda de energia em dois cenários: um calçado feminino genérico e um calçado feminino ecológico;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A consciência ambiental tem aumentado e indústrias e empresas são questionadas a respeito dos efeitos ambientais de suas atividades. A sociedade tornou-se consciente sobre os problemas relacionados ao esgotamento de recursos naturais e a degradação ambiental. Muitas indústrias têm respondido a estas questões, fornecendo produtos ou usando processos ambientalmente responsáveis [4]. Muitas companhias têm achado vantajoso explorar estratégias de prevenção à poluição e sistemas de gerenciamento ambiental para promover a melhoria do desempenho ambiental [5]. Para isso, uma metodologia que vem sendo utilizada é a Avaliação do Ciclo de Vida.

O termo ciclo de vida refere-se às atividades importantes no curso de vida do produto desde sua manufatura, uso, manutenção e sua disposição final, incluindo a aquisição de matéria prima requerida para a manufatura do produto. A figura 3.1 exibe os possíveis estágios de um ciclo de vida que podem ser considerados em uma ACV com entradas e saídas medidas.

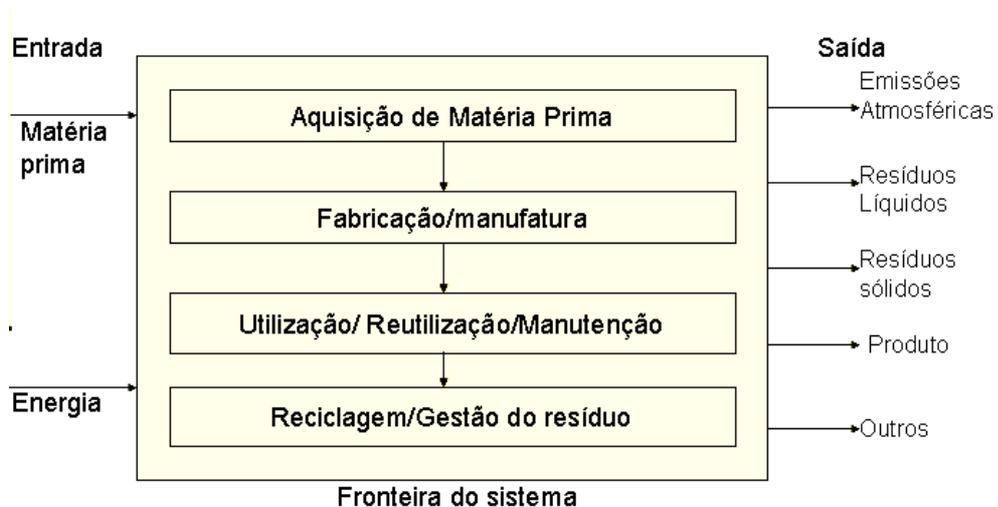


Figura 3.1. Estágios do Ciclo de Vida [6].

Os quatro estágios do ciclo de vida de um produto ou processo estão descritos abaixo:

Aquisição de Matéria Prima

O ciclo de vida de um produto começa com a remoção de matéria prima e energia da Terra. Transporte desses materiais do ponto de aquisição para o ponto de processamento também é incluído nesse estágio.

Manufatura

Durante o estágio de manufatura, a matéria prima é transformada em um produto ou embalagem. O produto ou a embalagem é então entregue ao consumidor. O estágio de manufatura consiste em três etapas: manufatura do material, fabricação do produto e embalagem/preenchimento/distribuição.

Manufatura do material - consiste na atividade que converte a matéria prima em uma forma que pode ser usada para a fabricação do produto final.

Fabricação do produto - consiste no material manufaturado e processado, pronto para ser preenchido ou embalado.

Embalagem e Distribuição - Este passo prepara e finaliza o produto para seu transporte; isto inclui todas as atividades como manufatura e transportes necessários para preencher, embalar e distribuir o produto final.

Uso/Reuso/Manutenção

Este estágio envolve o uso por seu consumidor, reuso e manutenção do produto.

Reciclagem/Gestão de Resíduos

O estágio de reciclagem e gestão de resíduos inclui a energia requerida e os resíduos associados com a disposição final do produto ou material. Os produtos são transportados tanto para pontos de varejo como diretamente para o consumidor. A esse passo são atribuídos os efeitos causados pelo modo de transporte: caminhão, navio, etc.

A Avaliação do Ciclo de Vida de um produto, processo ou atividade é uma avaliação sistemática que quantifica os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida de um produto. A avaliação inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou atividade, ou seja, a extração e o processamento da matéria prima, a fabricação, o transporte e a distribuição: o uso, o reemprego, a manutenção, a reciclagem, a reutilização e a disposição final [6], ou ainda, a avaliação do ciclo de vida é uma

metodologia para identificar e avaliar os impactos ambientais de produtos e serviços dos recursos de entrada a eventuais disposições do produto ou seu resíduo [7-20].

Três abordagens de ACV são geralmente usadas para o desenvolvimento do processo ou produto: do “berço à cova”, do “berço ao portão” e do “portão ao portão”. ACV do “berço à cova” é normalmente usada para o desenvolvimento de um produto. São definidas as fronteiras do sistema da extração de materiais até sua disposição final. Do “berço ao portão” leva em conta todos os danos ambientais começando pela extração da matéria prima até a produto final, enquanto do “portão ao portão” leva em conta apenas os danos dentro das fronteiras da planta, por exemplo do portão de entrada da planta até o portão de expedição [21].

Embora tenha sido utilizada em alguns setores industriais por cerca de 20 anos, ACV recebeu maior atenção e desenvolvimento metodológico apenas no início da década de 1990, quando a relevância quanto a um auxílio no gerenciamento ambiental na tomada de decisões tanto do público como das corporações se tornou mais evidente. Exemplos destes incluem a incorporação da ACV dentro das ISO (International Standard Organisations) 14000 Sistemas de Gestão Ambiental, sistemas de auditoria, e CE Diretiva relativa à prevenção e controle integrados da poluição que obrigam as empresas a ter um conhecimento integral das conseqüências ambientais das suas ações, tanto *on* como *off-site* [18].

O mais importante efeito da aplicação de uma ACV é a minimização da magnitude da poluição causada por um determinado processo. A conservação de matérias primas não-renováveis, como fontes de energia, pode ser também o objetivo de uma avaliação, assim como a conservação de sistemas ecológicos em áreas sujeitas a um balanço de suprimentos delicados, como regiões onde a água seja escassa. A produção de resíduos representa a perda de reservas e resulta em degradação do meio ambiente [5]. Neste contexto, a ACV proporciona uma ferramenta útil para identificação da melhor opção de prática ambiental (BEPO) [16].

A metodologia de trabalho para a condução de uma ACV baseia-se na série ISO 14040 - 14043 e é composta de quatro estágios: ISO 14040 – Princípios e Estrutura; ISO 14041 - (1) Definição de Metas e escopo; (2) Análise do Inventário; ISO 14042 - (3) Avaliação do Impacto; ISO 14043 – (4) Interpretação dos Resultados [21-31]. A interação entre os estágios são apresentadas na figura 3.2.



Figura 3.2. Interação entre os estágios da ACV [21].

No Brasil, as NBR ISO 14040 e 14044/2009 definem os princípios e estrutura para a metodologia de avaliação do ciclo de vida.

3.1. Definição dos Objetivos e do Escopo

Esta fase inclui a definição dos objetivos do estudo unidade funcional e fronteiras do sistema. Os executores de uma ACV definem como os dados devem ser organizados em termos de unidade funcional que descreve apropriadamente a função do produto ou processo que está sendo estudado [9,10,18, 22,31].

Quando uma ACV é usada para comparar dois ou mais produtos, a base de comparação deve ser de uso equivalente. Para estudos comparativos, o uso de equivalentes, pode ser baseado em volume ou peso [6].

3.2. Análise do Inventário

A análise do Inventário também chamada de inventário do ciclo de vida (ICV) é a segunda fase em uma ACV. A Realização do inventário de entradas e saídas de energia e materiais relevantes para o sistema em estudo consiste basicamente em um balanço de massa e energia em que todos os fluxos de entrada devem corresponder a um fluxo de saída quantificado como produto, resíduo ou emissão

[9,10,22,31]. Além disto, o inventário auxilia na determinação da poluição associada a uma unidade do sistema a fim de identificar pontos críticos de desperdício de matéria prima, energia e produção de resíduos.

Para a confecção do inventário do ciclo de vida, os seguintes passos são necessários [6]:

- Desenvolver um fluxograma dos processos que serão avaliados.
- Desenvolver um plano de coleta de dados.
- Coletar os dados.
- Avaliar e relatar os resultados.

3.2.1. Desenvolver um Fluxograma

Um fluxograma é uma ferramenta para mapear as entradas e saídas de um processo ou sistema. Unidades de processos dentro das fronteiras do sistema ligadas formam o ciclo de vida completo com entradas e saídas de material e energia requeridas.

Para a coleta de dados é apropriado que se veja o sistema como uma série de subsistemas. Um subsistema é definido como um passo individual que é parte do sistema de produção definido [22].

Os fluxogramas são usados para modelar todas alternativas em apreciação (ex., sistema de ponto de partida e sistemas alternativos). Para um estudo comparativo, é importante que tanto o ponto de partida como alternativas usem a mesma fronteira de sistema e sejam moldados ao mesmo nível de detalhe. Se não, a exatidão dos resultados pode ser distorcida.

Cada subsistema exige entrada de energia e materiais; transporte de um produto produzido; e saída de produtos, co-produtos, emissões atmosféricas, resíduos líquidos, resíduos sólidos, e outras emissões. Para cada subsistema, a análise do inventário deve descrever os materiais e fontes de energia usadas e os possíveis impactos causados. Embora indicadores formais de qualidade de dados como exatidão, precisão, representatividade, e integralidade são preferidas, uma descrição de como os dados foram gerados pode ser útil para julgar a qualidade dos mesmos [9,10,15,22,,26,31] .

3.2.2. Desenvolver um Plano de Coleta de Dados

Como parte da etapa de definição de metas e escopo de estudo, é determinada a exatidão necessária dos dados.

Elementos chave de um plano de coleta de dados:

- Definir metas de qualidade de dados
- Identificar fontes de dados e tipos
- Identificar indicadores de qualidade de dados
- Desenvolver uma planilha de coleta de dados e lista de conferência

Cada elemento é descrito abaixo:

3.2.2.1. *Definir Metas de Qualidade de Dados*

As metas de qualidade de dados fornecem uma estrutura para o tempo disponível de balanço e recursos contra a qualidade dos dados necessários a fim de uma decisão concernente em relação ao impacto do meio ambiente ou impacto à saúde humana. As metas de qualidade de dados estão intimamente ligadas a todo o estudo, e servem a dois propósitos principais.

- Auxiliar os executores de ACV a estruturar um meio de coleta de dados baseado na qualidade de dados necessário para a análise.
- Servir como critério de desempenho de qualidade de dados.

3.2.2.2. *Identificar fontes e tipos de dados*

Para cada estágio do ciclo de vida de uma unidade de processo ou tipo de emissão ao meio ambiente, especifica-se necessariamente a fonte de dados e o tipo apropriado para fornecer suficiente exatidão e qualidade para encontrar as metas do estudo. Definir previamente as fontes de dados necessárias e tipo coleta de dados, auxilia na redução de custos e no tempo exigido para os mesmos.

O nível necessário de agregação de dados também deve ser especificado, por exemplo, se dados são representativos de um processo ou de vários processos.

3.2.2.3. *Identificar indicadores de qualidade de dados*

A identificação de indicadores de qualidade de dados é uma referência na qual os dados coletados podem ser comparados, determinando se os requisitos de qualidade de dados foram atingidos. Semelhante as metas de qualidade de dados, não há nenhuma lista pré-definida de indicadores de qualidade de dados para todos ICVs. A seleção dos indicadores de qualidade de dados depende de quais indicadores são mais apropriados e aplicáveis às fontes específicas de dados avaliados. Exemplos de indicadores de qualidade de dados: precisão, integridade, representatividade consistência e reprodutibilidade.

3.2.2.4. *Desenvolver uma Planilha de Dados*

O próximo passo é desenvolver uma planilha de dados do inventário de ciclo de vida que cobre a maioria das áreas de decisão no desempenho de um inventário. A planilha de dados pode ser preparada a partir da coleta de dados, validação e capacitação de uma base de dados armazenada eletronicamente. A seguir oito áreas gerais de decisão devem constar na planilha de dados do inventário:

- Propósito do inventário
- Fronteiras do Sistema
- Escopo geográfico
- Tipos de dados usados
- Procedimento de coleta de dados
- Qualidade dos dados medidos
- Construção de uma planilha de dados
- Apresentação dos resultados

O fluxograma total de sistema, definido previamente, é importante na construção das planilhas de cálculos porque definem numericamente as relações dos subsistemas individuais na produção do produto final. Estas relações numéricas tornam-se a fonte dos "fatores de proporcionalidade", que são relações quantitativas que refletem as contribuições relativas dos subsistemas ao sistema total.

3.2.3. Coleta de Dados

Os esforços para a coleta de dados envolvem uma combinação de pesquisa, visitas de campo e contato direto com especialistas, o que produzirá grande quantidade de dados. Para uma melhora em relação ao custo-benefício, uma alternativa é a compra de um software de ACV disponível no mercado. Antes de comprar um software os tomadores de decisão, ou práticos da ACV devem assegurar-se de que esta compra proporcionará o nível requerido para a análise de dados [6].

3.2.3.1. Alocação

Um procedimento de alocação é requerido quando um processo dentro de um sistema compartilha uma estrutura comum de gerência, ou quando múltiplos produtos ou co-produtos são produzidos [18,26, 33].

Todos os processos industriais possuem muitas correntes de entrada e muitas dessas geram múltiplas correntes de saída. Geralmente apenas uma das correntes de saída é de interesse da pesquisa da ACV, então o estudo terá que conduzir as necessidades do analista em determinar quanto de energia, requisitos materiais e liberações ambientais associados devem ser atribuídos ao processo, ou à produção de cada co-produto suprimento das diversas saídas do processo que devem ser alocadas para cada co-produto.

Para encontrar as matérias primas necessárias para produzir um produto, um simples balanço de massa ajudará a listar os vários materiais de entrada e saída [6].

É recomendado pela ISO 14041 que a alocação deve ser evitada ou minimizada sempre que for possível. Isto pode ser feito subdividindo a unidade do processo em dois ou mais subprocessos, alguns dos quais podem ser excluídos do sistema sob estudo [18,26,33].

3.2.3.2. *Análise de Entradas no Inventário de Ciclo de Vida do Produto*

A decisão sobre qual matéria prima ou matéria intermediária devem ser incluídas no ICV é complexa, mas existem diversas opções:

- Incorporar todos os requerimentos, não importando quão pequeno, assumindo que é impossível, a priori, decidir por excluir qualquer coisa.
- Com o escopo de estudo definido, excluir, entradas determinadas que pareçam negligenciáveis.
- Com o escopo de estudo definido, excluir constantemente, certas classes e tipos de entradas.

A vantagem da primeira opção é que nenhuma incorporação é feita ao se definir e desenhar o sistema. O analista não tem que explicar ou difundir o que está sendo incluído. A desvantagem é que aplicar este método de abordagem pode ser um exercício sem fim. O número de entradas pode ser muito grande e, também pode incluir alguns sistemas pouco relacionados ao sistema em questão. Além da complexidade computacional, a interpretação dos resultados relacionados pode ser difícil.

A segunda opção, se implementada com completa explicação de qual fronteira e por que foi selecionada, terá vantagens de consistência, o menor custo e menor investimento de tempo. Duas sub-opções podem ser identificadas dependendo da natureza da fronteira. Uma é especificar uma contribuição percentual sobre qual material será excluído, por exemplo: 1% da entrada para determinados subsistemas ou sistema todo. Outra sub-opção é escolher uma fronteira baseada no número de passos em que a matéria prima e a matéria intermediária são removidas do processo principal.

A terceira opção, desenhando fronteiras baseadas em análises sensíveis, trás a vantagem de ser sistemática ao invés de arbitrária em definir limites. A vantagem desta opção é que muitos subsistemas são excluídos. As desvantagens são as mesmas da primeira opção, uma atividade muito importante pode ser eliminada. O analista deve realizar uma análise preliminar para caracterizar as atividades básicas para cada tipo de entrada para se assegurar que uma contribuição significativa possa ser deixada de fora.

3.2.3.2.1 Energia

A energia representa a combinação de energia requerida para os subsistemas. Três categorias de energia são quantificáveis: processo, transporte e energia de fontes materiais (energia inerente).

Energia do processo é a energia requerida para operar e fazer funcionar os processos dos subsistemas, incluindo itens como reatores; trocadores de calor, misturadores, injetoras, bombas, sopradores. Energia de transporte é energia necessária para fazer funcionar vários tipos de transporte como caminhões, carregadores de trilhos, barcas, barcos e linhas tubulares. Esteiras, empilhadeiras e outros equipamentos que poderiam ser considerados transportes ou processos são classificados de acordo com seu papel no subsistema. Por exemplo, o suprimento de energia de uma esteira usada para carregar material de um ponto do subsistema, seria classificado como energia do processo. Por outro lado, a energia necessária para fazer uma esteira transportar material de um subsistema para outro subsistema seria considerada energia transportadora.

3.2.3.2.2 Fontes de Energia

A energia é obtida de várias fontes, incluindo carvão, energia nuclear, hidrelétrica, gás natural, petróleo, energia eólica, energia solar, resíduo sólido, e biomassa. As empresas podem e usam múltiplas formas de fontes de energia, fazendo possível uma decisão econômica baseado no custo de energia por Quilowatt-Hora de eletricidade gerada. No entanto, outras razões além de custo, tal como escassez ou emissões ao meio ambiente, também afetam a decisão de escolha da fonte de energia. O inventário deve caracterizar requisitos de energia de acordo com fontes básicas de energia. Assim, a eletricidade não pode ser considerada única, mas também as fontes básicas (tal como carvão, energia nuclear, hidrelétrica, gás natural, e petróleo) que produzam eletricidade.

3.2.3.2.3 Eletricidade

As considerações associadas com eletricidade incluem a fonte de combustível usada e a eficiência do sistema que gera. As empresas de utilidade pública geradoras de energia elétrica usam tipicamente carvão, energia nuclear, energia hidrelétrica, gás natural, ou óleo.

A eficiência da energia de eletricidade gerada e o sistema de entrega também devem ser considerados. A conversão teórica da unidade comum de energia de quilowatt-hora a unidades comuns de combustível (megajoules) é 3,61 MJ por kWh. Idealmente, o analista calcularia uma eficiência específica baseada na mistura de combustível realmente usada para geração elétrica. Este valor é derivado pela comparação dos combustíveis reais consumidos pela indústria de geração de eletricidade na grade regional ou nacional apropriada a quilowatt-hora real de eletricidade entregues para trabalho útil. O valor inclui ineficiência de caldeira e perdas da linha de transmissão. No entanto, para entregar eletricidade ao consumidor da grade nacional, a conversão de 11,3 MJ por kWh pode ser usada na maioria dos casos para refletir o uso real de combustível.

3.2.3.2.4 Água

Os requisitos de volume de água devem ser incluídos num ICV. Em algumas situações, a água é abundante. Ao longo dos litorais, água do mar está disponível para resfriamento ou outros propósitos industriais. No entanto, em outros lugares a água é um recurso escasso e deve ser atribuído para usos específicos. Algumas áreas possuem água em abundância durante alguns anos e estoques limitados em outros anos. Algumas aplicações industriais reutilizam a água com pequena porção de água nova e outra porção de água tratada. Em outras aplicações, no entanto, grandes quantias de novas entradas de água são exigidas.

Como a água deve ser incorporada num inventário? A meta do inventário é medir, a quantidade de água requerida, por unidade de produto que representam a água indisponível para usos benéficos (tal como navegação, habitat aquático, e água para beber). A água retirada de um córrego, usada num processo, tratada, e devolvida essencialmente na mesma qualidade e mesma situação não deve ser

incluída nos dados de inventário de uso de água. Idealmente, deve ser incluída a água retirada de um lençol de água e subseqüentemente descarregada a um corpo de água de superfície, porque os propósitos benéficos do lençol não são preservados. Os dados desta distinção podem ser difíceis de obter num estudo genérico onde a informação local específica não está disponível.

Em prática, a quantidade de água a ser estimada é o líquido consumido usado. O líquido consumido usado em uma entrada do ICV é a fração de água total retirada da superfície ou fontes de lençol de água que também são incorporadas no produto, co-produto (se houver), resíduos, ou de evaporação. Como no caso geral de recursos renováveis contra recursos não renováveis, a avaliação do grau a que a água é ou não é reabastecida é a melhor forma para a avaliação de impacto.

3.2.3.3. *Análise de saídas do Inventário de Ciclo de Vida do Produto*

Um inventário tradicional qualifica três categorias de liberações ou emissões ao meio ambiente: emissões atmosféricas, resíduos líquidos e resíduos sólidos. Produto e co-produtos também são quantificados.

3.2.3.3.1 Emissões Atmosféricas

Emissões Atmosféricas são relatadas em unidades de massa e incluem todas as substâncias classificadas como poluentes por unidade de peso ou produto de saída. Essas emissões geralmente incluem aquelas substâncias requeridas monitoradas por agências reguladoras, mas deve ser expandido onde for possível. As quantias informadas representam descargas reais na atmosfera depois de passar por artifícios de controle de emissão. Algumas emissões, como emissões de escapamento de válvulas ou áreas de armazenamento, não podem passar por artifícios de controle antes da liberação ao ambiente. Emissões atmosféricas da produção e combustão de combustível para processo ou energia de transporte (emissões relacionadas a combustíveis), assim como as emissões de processos, são incluídas no inventário do ciclo de vida.

Os particulados, óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, óxidos de enxofre, monóxido de carbono, aldeídos, amônia e chumbo são típicas emissões

atmosféricas. Esta lista não abrange tudo nem é uma listagem padrão de quais emissões devem ser incluídas no inventário do ciclo de vida. A prática recomendada é obter e informar dados de emissões mais específicos possíveis. Algumas emissões atmosféricas como os particulados e compostos orgânicos voláteis, são compostos de múltiplos materiais dos quais as composições específicas podem variar de processo para processo. Todas as emissões das quais os dados são acessíveis devem ser incluídos no inventário. Portanto, as emissões específicas relatadas para qualquer sistema, subsistema, ou processo irão variar dependendo do limite de regularização e não regularização de produtos químicos.

3.2.3.3.2 Resíduos Líquidos

Resíduos líquidos são relatados em unidades de massa e incluem todas as substâncias consideradas poluentes por unidade de produto de saída. Estes resíduos incluem apenas itens requeridos por agências reguladoras, mas a lista deve ser expandida como os dados estão disponíveis. Os valores de efluente incluem essas quantias ainda presentes no córrego de resíduos depois do tratamento do resíduo líquido, e representa descargas reais sobre as águas.

Algumas das informações dos resíduos líquidos mais comumente informados são Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, óleos e graxas, sulfato, ferro, cromo, estanho, cianeto, fluoreto, fenol, fosfato, e amônia. Novamente esta listagem de emissões não é padrão para o que deve ser incluído num inventário. Alguns resíduos líquidos, tal como DBO e DQO, consistem em múltiplos materiais cuja composição pode variar de processo para processo. Resíduos líquidos reais irão variar para cada sistema dependendo do limite de regularização e não regularização de produtos químicos.

3.2.3.3.3 Resíduo Sólido

Resíduos sólidos incluem todo material sólido que é disposto de todas fontes dentro do sistema. Os resíduos sólidos tipicamente são informados por massa. Uma distinção é feita em resumos de dados entre resíduos sólidos industriais e resíduos sólidos do consumidor, como eles geralmente são dispostos em meios diferentes e,

em alguns casos, em instalações diferentes. Resíduo sólido industrial refere-se ao resíduo sólido gerado durante a produção de um produto e sua embalagem e tipicamente é dividido em duas categorias: processo de resíduo sólido e resíduo sólido combustível-relacionado. Resíduo sólido do consumidor refere-se ao produto/embalagem uma vez usado e descartado em aterro municipal de resíduo sólido.

Processo de resíduo sólido é o resíduo gerado no processo real, tal como aparas ou materiais desperdiçados que não são reciclados, assim como lodos e sólidos de emissões controladas. O resíduo de combustível relacionado é resíduo sólido produzido na produção e combustão de combustíveis para transporte e operação do processo. Os resíduos da combustão de combustível, resíduos de extração mineral, e resíduos sólidos de mecanismos de controle do ar são exemplos de resíduos de combustível relacionados.

3.2.3.3.4 Produtos

Os produtos são definidos pelo sistema e/ou subsistema sob avaliação. Em outras palavras cada subsistema terá um produto resultante com respeito ao sistema inteiro. Este produto do subsistema pode ser considerado como qualquer matéria-prima ou material intermediário com respeito a outro sistema, ou o produto acabado do sistema.

3.2.3.3.5 Transporte

O inventário do ciclo de vida inclui a energia requerida e emissões geradas pelo transporte necessário entre os subsistemas para distribuição e disposição dos resíduos. Dados de transporte são relatados em milhas ou quilômetros navegados. Essa distância então é convertida em unidades de toneladas/milhas ou toneladas/quilômetro que é uma expressão envolvendo o peso do que é carregado pela distância que é percorrida.

Materiais são tipicamente transportados por trem, caminhão, barcaças, oleodutos e transportes oceânicos. A eficiência de cada meio de transporte é usada para converter as unidades de toneladas por milhas em unidades de combustível (ex: galões de diesel combustível) As unidades de combustíveis são então

convertidas em unidades de energia e cálculos são feitos para determinar as emissões geradas pela combustão do combustível.

3.2.3.4. *Dados de Período de Tempo*

Os dados de período de tempo devem ser suficientes para esclarecer qualquer variação nas operações padrão da fábrica. Essas variações podem incluir fechamentos da fábrica para manutenção de rotina, atividades de partida e flutuações nos níveis de produção. Normalmente, os dados são avaliados por ano fiscal de produção, que usualmente é tempo suficiente para cobrir tais variações.

3.2.3.5. *Dados Específicos versus Dados Compostos*

Quando o propósito do inventário é encontrar maneiras de melhorar as operações internas, é melhor utilizar dados específicos do sistema que está sendo examinado. Esses tipos de dados geralmente são os mais exatos e os que mais ajudam na análise de potenciais melhorias no ambiente de um sistema. Porém, dados privados geralmente são guardados por contratos confidenciais e estão protegidos de uso público. Dados compostos, de indústrias “em geral” são preferíveis quando os resultados do inventário serão usados para aplicações além da indústria, particularmente em estudos que serão exibidos em público. Embora dados compostos possam ser menos específicos para uma companhia em particular, eles geralmente são mais representativos da indústria como um todo. Dados compostos também estão disponíveis publicamente, são mais amplamente utilizáveis e mais gerais por natureza. Variabilidade, representatividade e outros indicadores de qualidade dos dados podem ser especificados para dados compostos.

3.2.3.6. *Categoria de Dados*

Dados sobre emissões ambientais normalmente só cobrem poluentes ou itens pedidos pelas agências reguladoras para serem relatadas. Por exemplo, como mencionado antes, a questão de se relatar apenas emissões regulamentadas ou todas as emissões é complicada pela dificuldade em obter dados para emissões

irregulares. Em alguns casos, as emissões que se suspeita que são prejudiciais a saúde não são relatadas por um agência reguladora por que o processo de adicioná-las a lista é lento.

3.2.4. Avaliação e documentação dos resultados do ICV

Quando se documentam os resultados do Inventário do Ciclo de Vida, é importante descrever a metodologia utilizada, definir os sistemas analisados e os limites que foram definidos, e todas as suposições feitas durante o desempenho da análise. O uso de uma planilha auxilia a clarear o processo de documentar essa informação.

Os resultados do inventário podem ser apresentados mais compreensivelmente na forma de tabelas. A escolha de como as tabelas serão criadas varia, baseada no propósito e escopo do estudo. Se o inventário foi feito para ajudar a decidir qual tipo de embalagem usar para determinado produto, mostrar o resultado geral do sistema é a forma mais útil de apresentar os dados. De outra forma, quando a análise é feita para determinar como uma embalagem pode ser modificada para reduzir suas emissões no ambiente, é importante apresentar não apenas os resultados gerais, mas também as contribuições feitas por cada componente do sistema de embalagens. Por exemplo, analisando o sistema de entrega de um líquido que utiliza garrafas plásticas, pode ser necessário mostrar como a garrafa, a tampa, a etiqueta, a caixa de envio e o papel em volta dela, contribuem para o resultado. Os práticos da ACV podem então se concentrarem em melhorar os componentes que trazem uma contribuição substancial [6].

3.3. Avaliação do Impacto Ambiental

A fase de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) é a análise dos potenciais impactos à saúde humana e ao ambiente por parte das emissões identificadas no Inventário. A Avaliação de impacto visa efeitos ao meio ambiente e à saúde humana, visa também o esgotamento de recursos. A avaliação de impacto do ciclo de vida é a fase da ACV onde os resultados do inventário são acessados baseados nas entradas de recursos e emissões de saída ao longo do ciclo de vida [9,10,15,18, 22,26,31,34].

Os resultados do AICV mostram as diferenças relativas em impactos potenciais no ambiente para cada opção. A AICV possui cinco etapas fundamentais.

Passos chave na Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

Os passos chaves na Avaliação do impacto do ciclo de vida são descritos abaixo.

Seleção e Classificação das Categorias de Impacto

Aqui as categorias de impacto são definidas. Após a seleção as emissões são classificadas de acordo com a habilidade de contribuir com diferentes problemas ambientais [9, 10, 15, 22, 26,31].

Para os elementos do ICV que contribuem somente para uma categoria de impacto, o procedimento é uma atribuição direta. Por exemplo: as emissões de dióxido de carbono (CO₂) podem ser classificadas na categoria aquecimento global. Para os elementos do ICV que contribuem para duas ou mais categorias de impacto diferentes, a regra estabelecida para classificação é a seguinte:

- Mecanismo paralelo (os efeitos são dependentes uns dos outros) - afetar uma porção representativa dos resultados de ICV às categorias de impacto para as quais eles contribuem;
- Mecanismo série (os efeitos são independentes uns dos outros) – afetar todos os resultados de ICV a todas as categorias de impacto para as quais eles contribuem. Por exemplo, uma molécula de SO₂ pode ficar ao nível do solo ou viajar através da atmosfera, ela pode afetar ou a saúde humana ou a acidificação (mas não ambas ao mesmo tempo). Por isso, as emissões de SO₂ devem tipicamente ser divididas entre aquelas duas categorias de impacto (p.ex, 50% afeta à saúde humana e 50% afeta à acidificação). Pelo contrário, dado que o dióxido de nitrogênio NO₂ pode potencialmente afetar a formação de ozônio fotoquímico e a acidificação (ao mesmo tempo), a quantidade total de NO₂ deve ser afetada a ambas as categorias de impacto (p.ex, 100% à formação de ozônio fotoquímico e 100% à acidificação) [35].

Caracterização

Onde o impacto de cada emissão é modelada e expressa como um valor com uma unidade comum para todas as contribuições dentro das categorias de impacto (por exemplo: kg CO₂ equivalentes para todas as emissões relacionadas ao efeito estufa) [9, 10, 15,18, 22, 26, 31,34].

A caracterização é realizada de acordo com ISO 14042, a fase na qual os valores do indicador são calculados para cada categoria de impacto, utilizando fatores de caracterização. A estrutura matemática da fase de caracterização é a seguinte:

$$S_j = \sum Q_{ji} x m_i$$

Onde:

S_j - representa o resultado do impacto na categoria de impacto j ;

m_i - representa a quantidade de carga ambiental do tipo (i) que é geralmente uma massa expressa em kg, podendo no entanto ser expressa em outras unidades, tal como: m³, m².ano; e,

Q_{ji} - representa o fator de caracterização que liga a carga ambiental (i) à categoria de impacto (j).

A saída da fase de caracterização pode ser referida como o *perfil ambiental*, consistindo de um número de medidas de impacto ou descrições. O cálculo dos resultados do indicador envolve duas fases:a) seleção e utilização dos fatores de caracterização para converter os resultados de ICV atribuídos em unidades comuns;b) agregação dos resultados de ICV convertidos no resultado do indicador.

As fases de classificação e caracterização podem ser resumidas conforme Quadro 3. 1, para as categorias de impacto mais utilizadas, em estudos AICV, e que tipicamente focam os potenciais impactos em três principais categorias: saúde humana, saúde ecológica, e depleção de recursos [35].

Quadro 3. 1. Categorias de impacto de ciclo de vida normalmente utilizadas.
Adaptado da Análise do Ciclo de Vida dos Produtos. [35]

Categoria de Impacto	Escala	Exemplos de Dados do ICV (classificação)	Fator de Caracterização	Descrição do Fator de Caracterização
Aquecimento Global	Global	Dióxido de carbono Dióxido de nitrogênio Metano Clorofluorcarbonos Hidroclorofluorcarbonos Brometo de metila	Potencial Aquecimento Global	Converter dados do ICV a equivalentes de dióxido de carbono. nota: potencial aquecimento global podem ser potenciais 50, 100 ou 500 anos.
Esgotamento de Ozônio da Estratosfera	Global	Clorofluorcarbonos Hidroclorofluorcarbonos Halons Brometo de Metila	Potencial Esgotamento de Ozônio da Estratosfera	Converter dados do ICV para o equivalente Triclorofluor-metano
Acidificação	Regional Local	Óxidos de Enxofre Óxidos de Nitrogênio Ácido clorídrico Ácido fluorídrico Amônia	Potencial Acidificação	Converter dados do ICV Para equivalentes ion hidrogênio (H ⁺)
Eutrofização	Local	Fosfato Óxido de nitrogênio Dióxido de nitrogênio Nitratos Amônia	Potencial Eutrofização	Converter dados do ICV para equivalentes de PO ₄
Poluição Fotoquímica (Smog)	Local	Hidrocarboneto não metano	Potencial de Criação de Oxidantes fotoquímico	Converter dados do ICV Para equivalentes do etano
Toxicidade Terrestre	Local	Substâncias Químicas tóxicas com uma concentração letal para roedores informadas	LC ₅₀	Converter dados LC ₅₀ para equivalentes;
Toxicidade Aquática	Local	Substâncias Químicas tóxicas com uma concentração letal para peixes informadas	LC ₅₀	Converter dados LC ₅₀ para equivalentes;
Saúde Humana	Global Regional Local	Liberações para o Ar, Água e Solo	LC ₅₀	Converter dados LC ₅₀ para equivalentes;
Esgotamento De Recursos	Global Regional Local	Quantidade de Minerais usados Quantidade de Combustível Fóssil usado	Potencial Esgotamento De Recursos	Converter dados do ICV para razão de quantidade de recursos usados versus quantidade de recursos restantes
Uso da Terra	Global Regional Local	A quantidade disposta em aterros ou outras modificações da terra.	Disponibilidade de Terra	Converter a massa do resíduo sólido em volume usando como densidade estimada
Uso da Água	Regional Local	Água usada ou consumida	Potencial Falta de Água	Converter dados do ICV para razão de quantidade de água usada versus quantidade de recursos restantes

Normalização

A normalização dos resultados do indicador é, segundo a ISO 14042, um elemento opcional da fase de AICV, que tem como objetivo compreender melhor a magnitude relativa de cada resultado do indicador do sistema de produto em estudo [9,10,15,22,26,31]. Normalizar os resultados do indicador é calcular a sua magnitude relativamente a uma informação de referência, que pode ser útil, por exemplo, para verificar inconsistências, prover e comunicar informação numa significância relativa do resultado dos indicadores e preparar para procedimentos adicionais, tais como, agrupamento, ponderação ou interpretação do ciclo de vida. Alguns exemplos de valores de referência são: as emissões totais ou utilização de recursos para uma dada área, a qual pode ser global, regional, nacional ou local; as emissões totais ou utilização de recursos para uma dada área numa base *per capita* ou medição similar; e, um cenário base, tal como um dado sistema de produto. Como a normalização dos resultados do indicador altera a saída dos elementos obrigatórios da fase AICV pode ser desejável utilizar mais que um sistema de referência (análise de sensibilidade), para mostrar as consequências na saída dos elementos obrigatórios da fase AICV. A estrutura matemática da fase de normalização é a seguinte:

$$N_j = \frac{S_j}{A_j}$$

onde:

N_j - representa o resultado normalizado do impacto na categoria de impacto j ;

S_j - representa o resultado do impacto na categoria de impacto j ;

A_j - representa o fator de normalização.

O fator de normalização A_j representa a extensão do impacto na categoria de impacto j , num determinado período de tempo (normalmente um ano) e numa dada área, sendo calculado através da seguinte expressão:

$$A_j = \sum Q_{ji} \Phi_i$$

onde:

Q_{ji} - representa o fator de caracterização para a categoria de impacto j , devida à carga ambiental i ;

Φ_i - representa o fluxo atual da carga ambiental i na área escolhida e no período de tempo escolhido.

A saída da fase de normalização é normalmente referida como o “*perfil de impacto normalizado*”, consistindo de resultados de impactos normalizados representando a contribuição específica da unidade funcional para as diferentes categorias de impacto. Existem alguns problemas ligados com a normalização, nomeadamente os relacionados com a escolha da área de referência e incerteza adicional relacionada com a falta de dados apropriados acerca dos fluxos atuais. Uma abordagem consistente para ultrapassar aqueles problemas é escolher a área do Mundo para todas as categorias. Outra possibilidade é escolher uma região menor (p.ex., um país) e transferir estes dados para o nível mundial na base da razão do PIB desse país e do PIB mundial ou na base da razão dos consumo de energia desse país e do consumo de energia mundial. Uma outra possibilidade é escolher uma região por categoria de impacto e tornar os dados depois comparáveis pelo cálculo do impacto por habitante [35].

Agregação

A agregação é também, segundo a ISO 14042, um elemento opcional da fase de AICV e compreende a atribuição das categorias de impacto numa ou mais séries, como pré-definido nos objetivos e âmbito estabelecidos, e pode envolver separação e/ou ordenação. Os procedimentos de agregação possíveis são:

- Separar (a qual é descritiva) as categorias de impacto numa base nominal, p.ex., pelas características, tais como, emissões e recursos ou por escalas espacial global, regional e local; e,
- Ordenar (a qual é normativa) as categorias de impacto numa dada hierarquia, p.ex., prioridade alta, média e baixa. A ordenação é baseada na escolha de valores [10,35].

Ponderação

Onde o ranking é realizado entre as diferentes categorias de impacto e consumo de recursos refletindo a importância desses no estudo de uma ACV. A ponderação é, de acordo com a ISO 14042, um elemento opcional da fase de AICV, no qual são atribuídos pesos ou valores relativos às diferentes categorias de impacto

baseado na sua importância ou relevância percebida, de acordo com os seguintes procedimentos possíveis:

- Converter os resultados do indicador ou resultados normalizados com fatores de peso selecionados; e,
- Possivelmente agregar estes resultados de indicador convertidos ou resultados normalizados, ao longo das categorias de impacto [10, 29, 34, 35 38].

O valor ou índice proveniente da agregação dos resultados dos indicadores pesados, representa a *performance* ambiental do sistema de produto em estudo. De acordo com a ISO 14040 não existe forma científica de reduzir resultados da ACV a um resultado global único ou número, pelo que ela não pode ser utilizada para reivindicação comparativa.

A estrutura matemática da fase de ponderação é a seguinte:

- Para métodos de avaliação que necessitam de normalização:

$$X = \sum W_j N_j$$

onde:

X - representa o “*índice ambiental*”;

W_j - fator de peso em relação à categoria de impacto j;

N_j - resultado do impacto j normalizado.

- Para métodos de avaliação que não necessitam de normalização:

$$X = \sum W_j S_j$$

onde:

- Para uma avaliação puramente social ou monetária:

$$W_j = R_j$$

onde:

W_j - fator de peso em relação à categoria de impacto j;

R_j - representa o fator inter-impacto relativamente ao impacto j.

- Para uma avaliação combinando distância-ao-alvo e social ou monetária:

$$W_j = R_j \frac{A_j}{T_j}$$

Onde:

A_j - representa a extensão atual do impacto j num certo período e numa certa área;

T_j - valor alvo para o impacto j [35].

3.4. Interpretação dos Resultados

A *interpretação do ciclo de vida* tem sido introduzida na metodologia, para responder a questões, tais como: “Qual a confiança dos resultados deste estudo ACV?”; “O que significam estas diferenças?”; “Estão os resultados de acordo com o objetivo e âmbito do estudo?”. O seu objetivo principal é aumentar a confiança e significado do estudo ACV executado. De acordo com a ISO 14043, a *interpretação do ciclo de vida* é um procedimento iterativo e sistemático que tem como objetivo: identificar, qualificar, verificar, analisar os resultados, esclarecer limitações, sugerir recomendações baseadas nas descobertas das fases precedentes do estudo ACV ou ICV e relatar os resultados da interpretação do ciclo de vida de um modo transparente com intuito de encontrar os requisitos da aplicação como descrito nos objetivos e escopo do estudo [9,10,15,18,22,26,31,34] . A fase de interpretação do ciclo de vida de um estudo ACV ou ICV compreende três elementos:

a) Identificação dos pontos significativos baseados nos resultados das fases de ICV ou AICV do estudo ACV. Os pontos significativos podem ser: categorias dos dados de inventário, tais como, energia, emissões, resíduos, etc.;

b) Avaliação pela verificação da completeza, sensibilidade e consistência. O objetivo da verificação da completeza é assegurar que toda a informação relevante e dados necessários para a interpretação estejam disponíveis e completos. O objetivo da verificação de sensibilidade é avaliar a confiança dos resultados e conclusões finais, verificando se eles são afetados pelas incertezas dos dados, métodos de afetação ou cálculos dos resultados dos indicadores de categoria. Esta avaliação deve incluir os resultados das análises de sensibilidade e de incerteza. O objetivo da verificação da consistência é determinar se as suposições, métodos e dados são consistentes com os objetivos e âmbito do estudo.

c) Conclusões, recomendações e relatório. O objetivo deste terceiro elemento é desenhar conclusões preliminares e verificar que elas estão consistentes com os requisitos do objetivo e âmbito do estudo, incluindo, em particular, requisitos de qualidade dos dados, suposições e valores pré-definidos, e requisitos orientados-aplicação. Se as conclusões estão consistentes, relatar todas as conclusões. Se não, voltar às fases prévias a), b) ou c) como apropriado. O relatório deve dar uma

descrição completa e imparcial do estudo, devendo o documento de referência consistir dos seguintes elementos:

- Informação administrativa:
Nome e endereço de quem conduziu o estudo
Data do relatório; e,
Outra informação de contato ou de divulgação;
- Definição dos objetivos e âmbito;
- Análise de inventário do ciclo de vida (recolha de dados e procedimentos de cálculo);
- Análise de impacto do ciclo de vida (metodologia e resultados da análise de impacto que foram executadas);
- Interpretação do ciclo de vida:
- Resultados
- Suposições e limitações
- Análise da qualidade dos dados
- Revisão crítica (interna ou externa):
- Nome e filiação dos revisores;
- Relatório de revisão crítica;
- Réplicas a recomendações

A revisão crítica, como apresentado na ISO 14040, deve ser conduzida, quando o estudo é utilizado para suportar reivindicação comparativa, que é revelada ao público [35].

4. MATERIAIS E MÉTODOS

. Foi desenvolvida a Avaliação do ciclo de vida como metodologia de trabalho baseada na série ISO 14040-14043 (no Brasil as normas vigentes são NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044), para a comparação do desempenho de dois cenários de produção de calçados sociais femininos.

Metodologia de trabalho:

- 1) Visitas às empresas participantes;
- 2) Levantamento das informações (coleta de dados), através de instrumentos diversos, como questionários, entrevistas, informações de entidades de classes e bases de dados;
- 3) Confecção da avaliação do ciclo de vida dos subsistemas inseridos no cenário genérico com o auxílio do software GaBi 4.3 para a modelagem do sistema e avaliação do impacto ambiental;
- 4) Confecção da avaliação do ciclo de vida modificado após as intervenções propostas no cenário genérico pelo Projeto ECOSHOES com o auxílio do software GaBi 4.3 para a modelagem do sistema e avaliação do impacto ambiental.

4.1. Definição de Objetivos e Escopo

A fim de avaliar e minimizar os impactos ao meio ambiente na produção de calçados sociais feminino, este trabalho aponta para uma comparação integral entre dois processos de produção de calçados:

- Cenário 1: Sistema de produção de 3200 calçados sociais femininos genéricos por dia – cenário genérico;
- Cenário 2: Sistema de produção de 3200 calçados sociais femininos ambientalmente responsáveis - cenário alternativo.

Diante do grande número de entradas e saídas de energia e materiais do processo de fabricação de um calçado social foi determinada a abordagem “do berço ao portão”, ou seja, incluindo as etapas: extração da matéria-prima, manufatura e produção. Os estágios do ciclo de vida do calçado como uso, reuso, manutenção e disposição final não estão incluídos neste estudo. A Figura 4.1 ilustra o fluxograma produtivo de calçados (com simplificações impostas pela grande diversidade de materiais componentes envolvidos no produto final).

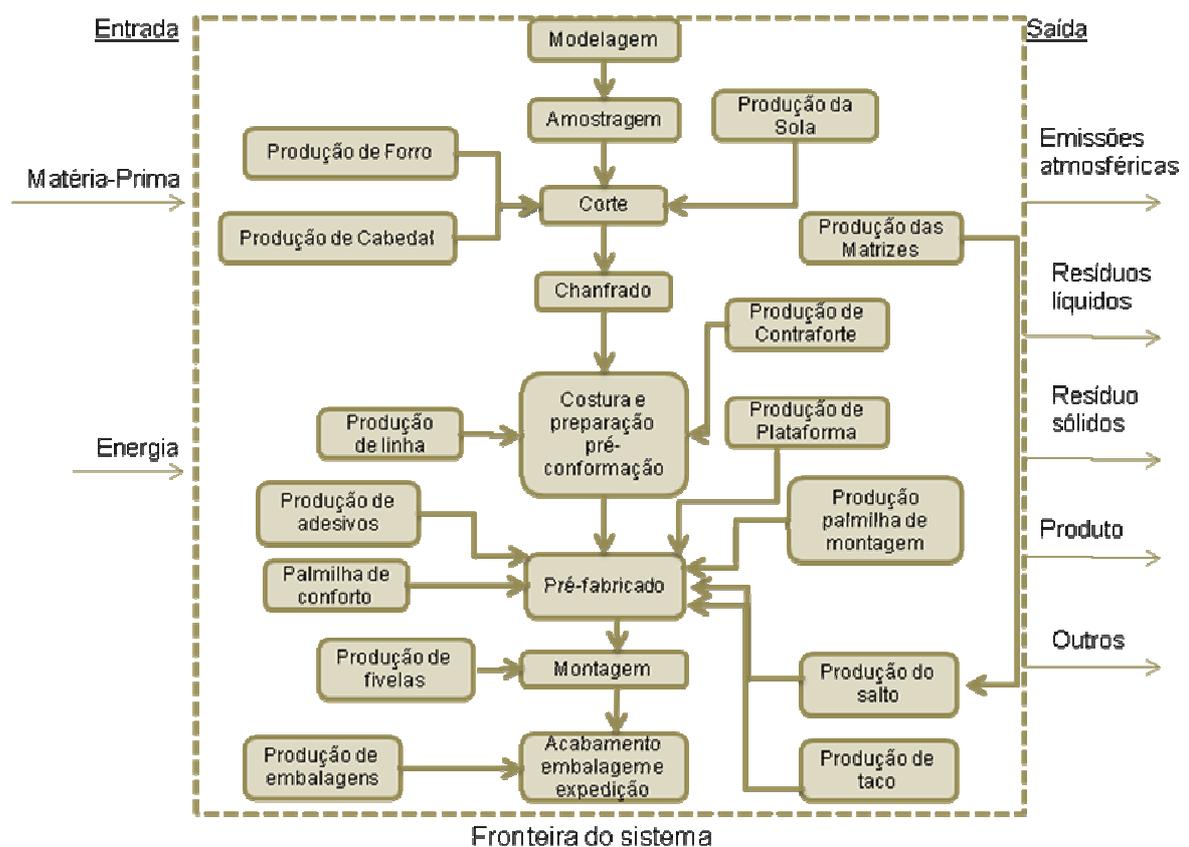


Figura 4.1. Fluxograma de produção do calçado.

Como visto na figura 4.1, a produção de calçados é um processo que possui diversas etapas para a manufatura de diversos componentes para só então, estes se tornem matéria primas destinadas as linhas de montagem, acabamento e expedição das fábricas. Diante disso, procurou-se por trabalhar com os componentes com maior relevância em relação à massa total do calçado. A decisão sobre quais materiais de entrada devem ser inclusos no ICV (Inventário de Ciclo de Vida) é complexa, mas optou-se pelo critério de corte de entradas do processo de produção de calçados que representem valores menores ou iguais a 5% em massa.

A Figura 4.2 apresenta os principais componentes encontrados em um calçado social feminino genérico, onde ao centro da figura encontra-se o calçado e em volta seus componentes, como: cabedal, fivela, forro, palmilha de montagem, palmilha de conforto, sola, salto, taco e meia pata. Esses componentes compõem um calçado social feminino juntamente com adesivo, pregos, linhas, fitas de reforço, e outros com menor relevância em massa.



Figura 4.2. Componentes de um calçado social feminino.

A Figura 4.3 mostra a percentagem em massa dos componentes de um calçado social feminino. Esses dados foram obtidos por análise de calçados sociais femininos produzidos pelas empresas que fazem parte do projeto ECOSHOES.

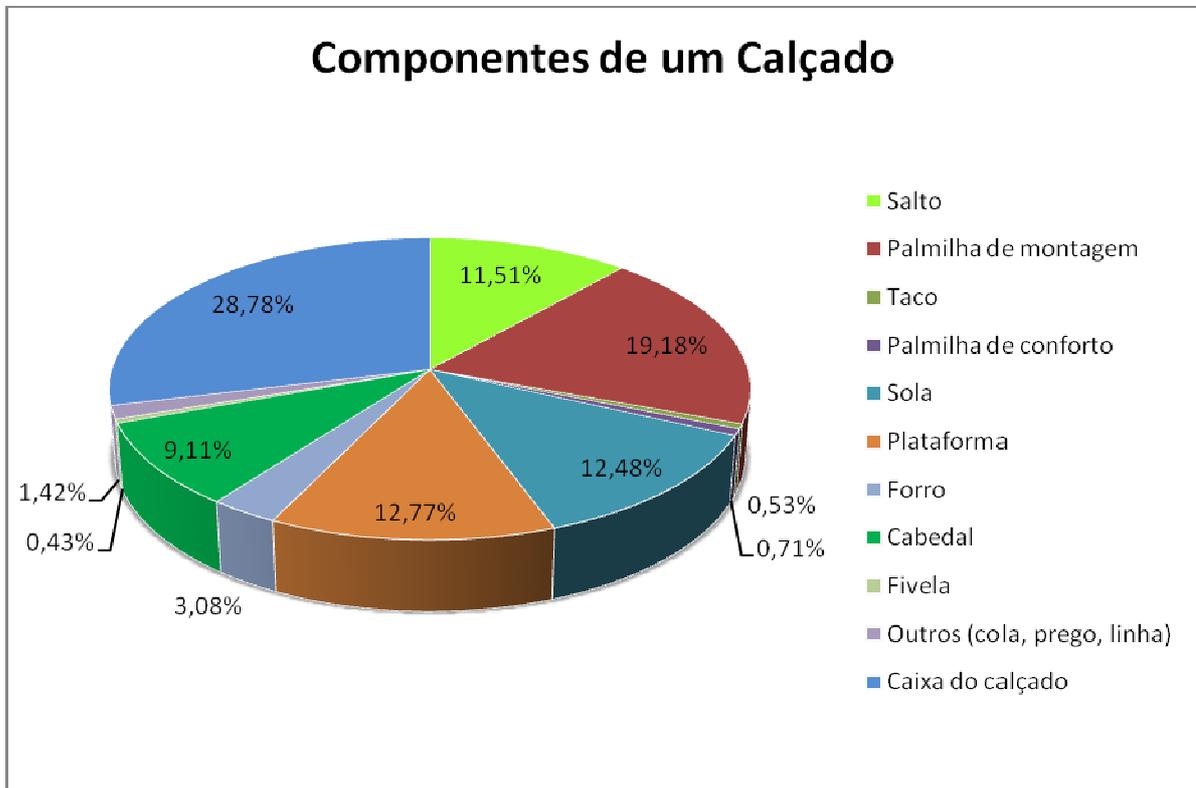


Figura 4.3. Percentagem em massa dos componentes de um calçado social feminino

Para a comparação do desempenho dos dois cenários considerados, a unidade funcional foi definida como a produção de 3200 calçados/dia ou 1600 pares por dia. Com base no critério de corte selecionado, são considerados sete subsistemas:

- Subsistema 1 - produção do salto;
- Subsistema 2 - produção da plataforma ou Meia pata;
- Subsistema 3 - produção da palmilha de montagem;
- Subsistema 4 - produção do cabedal;
- Subsistema 5 - produção da sola;
- Subsistema 6 - produção das embalagens;
- Subsistema 0 - montagem e acabamento.

A Figura 4.4 mostra as fronteiras do sistema estudado bem como seus respectivos subsistemas.

Os subsistemas 1 (produção do salto), 2 (produção da plataforma), 4 (produção do cabedal) e 6 (produção das embalagens) são descritos em dois cenários. O cenário genérico descreve a produção usual de cada componente e o cenário alternativo descreve outro cenário já com as modificações propostas pelo projeto Ecoshoes, como mostra as figuras 4.5a e 4.5b.

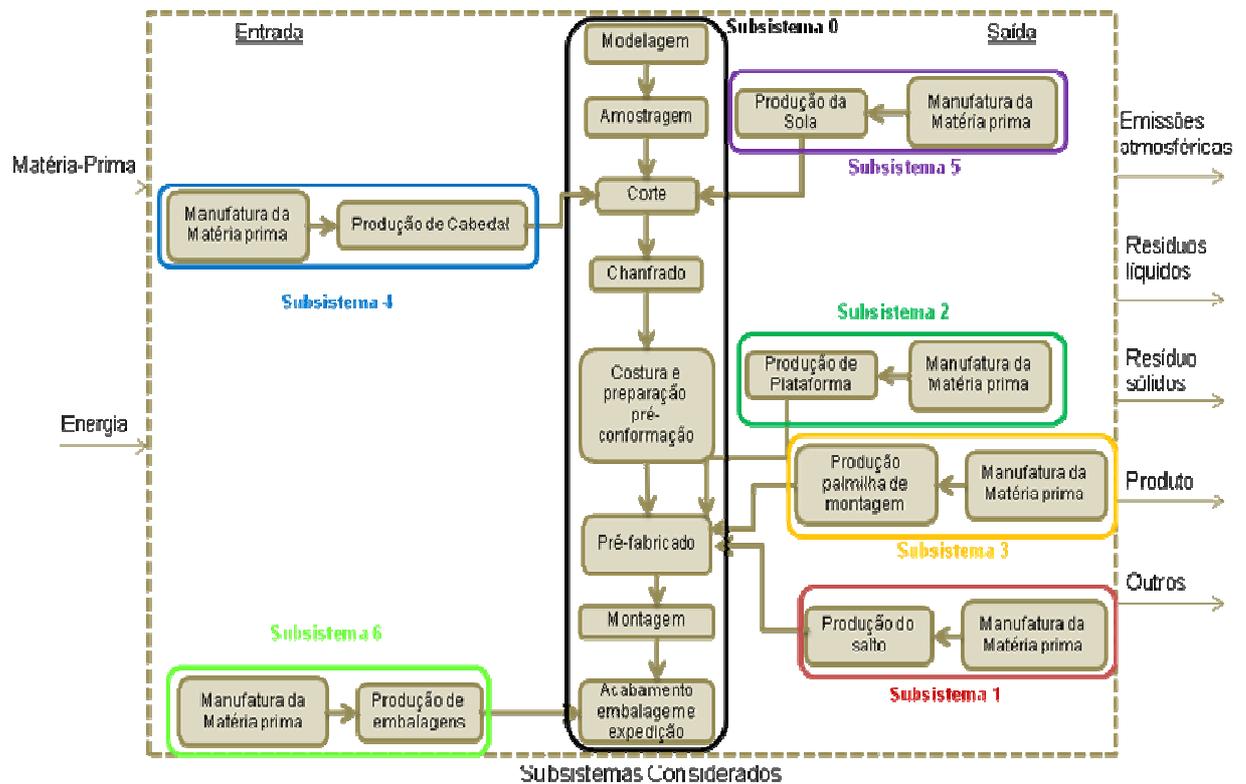


Figura 4.4. Fronteiras do sistema com os respectivos subsistemas estudados.



Figura 4.5a. Cenário Genérico.

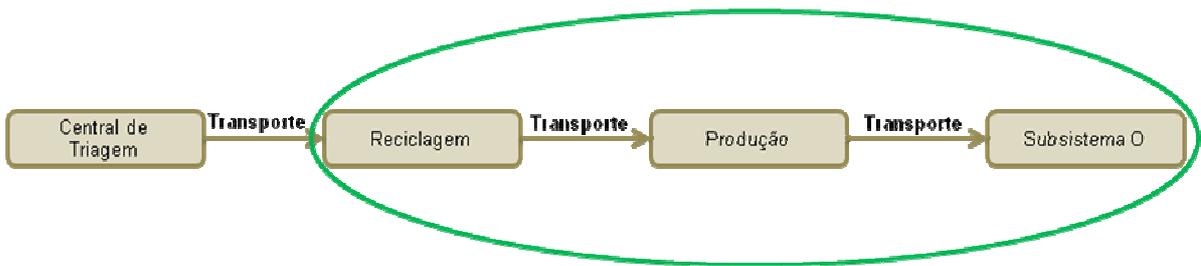


Figura 4.5b. Cenário Alternativo.

No cenário genérico foram consideradas as etapas: extração e manufatura da matéria-prima, produção do componente e montagem/acabamento/embalagem do calçado (subsistema 0). No cenário alternativo a matéria prima é resíduo proveniente de diversas empresas do setor calçadista e de outros setores, as etapas consideradas foram: reciclagem do resíduo, produção do componente e montagem/acabamento/embalagem do calçado. A coleta, triagem e transporte do material a ser reciclado não foram incluídos neste estudo.

Nas figuras 4.6 e 4.7 são mostrados os Planos ou os Sistemas de produção dos cenários genérico e alternativo respectivamente. O processo descrito neste trabalho inclui todas as etapas de fabricação do calçado bem como matéria prima, energia requerida e transporte.

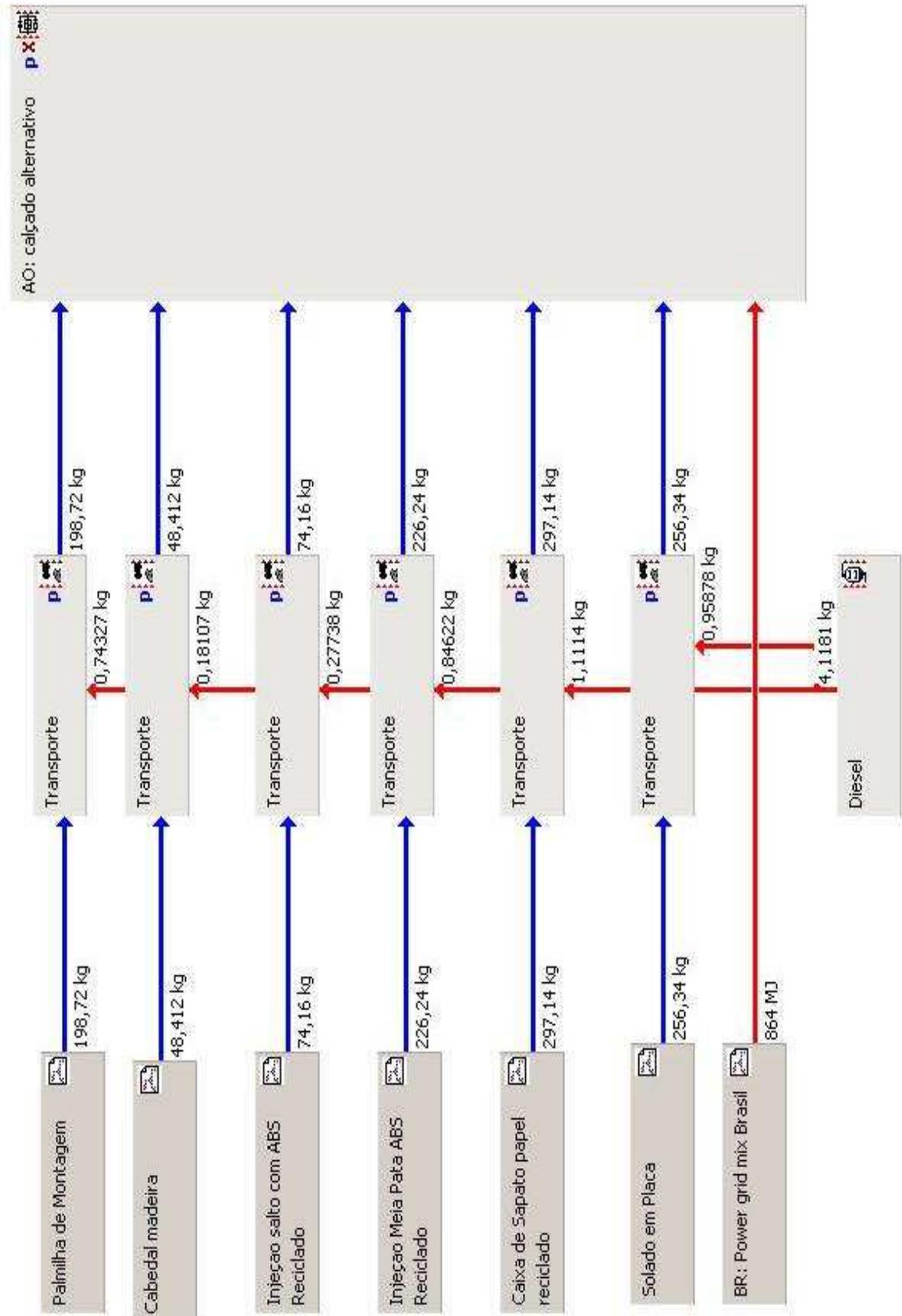


Figura 4.7. Sistema de produção/cenário alternativo.

4.2. Inventário do Ciclo de Vida

Para a coleta de dados foram realizadas visitas técnicas, formulários (Anexo 1) e entrevistas por telefone com as dezesseis empresas do projeto Ecoshoes com o objetivo de ter um conhecimento detalhado dos processos produtivos, bem como matérias primas utilizadas, produção, máquinas, almoxarifado, laboratórios, resíduos e seus destinos etc.

Das dezesseis empresas participantes do projeto quatorze delas produzem componentes, artefatos ou realizam serviços como pintura e acabamentos para calçados. As duas empresas restantes realizam a montagem, acabamento e expedição dos calçados.

Todos os processos industriais de componentes para calçados possuem muitas correntes de entrada e muitas dessas geram múltiplas correntes de saída. Como apenas uma das correntes de saída é de interesse da pesquisa da ACV, o estudo teve que conduzir respostas a questões como determinar quanto de energia, requisitos materiais e liberações ambientais associados devem ser atribuídos ao processo, ou à produção de cada produto.

A quantidade de energia e matéria prima de cada subsistema foi calculada com base na linha de produção específica para cada componente. Uma empresa de palmilha de montagem, por exemplo, produz diversos modelos de palmilhas de montagem que possuem materiais e processos que diferem entre si. Todos os dados usados são referentes aos anos de produção de 2008/2009. Os dados de período de tempo foram suficientes para esclarecer qualquer variação nas operações padrão das fábricas. Como na indústria calçadista há flutuações nos níveis de produção, os dados são representativos de períodos de alta e baixa produtividade.

Para armazenar e gerir os dados foi usado o software GaBi 4.3, desenvolvido pelo Instituto de Testes e Ciência de Polímeros da Universidade de Stuttgart em colaboração com PE Europe GmbH, Leinfelden-Echterdingen. Nos últimos anos os práticos da ACV têm introduzido bases de dados dentro dos sistemas dos softwares o que auxilia muito na construção de modelos de ciclo de vida aumentando a credibilidade do estudo [36]. Para a modelagem dos subsistemas, além dos dados coletados das empresas, foram utilizados os dados obtidos das bases de dados Ecoinvent e BUWAL 250.

O grid de energia utilizado foi modelado a partir dos dados obtidos do balanço energético nacional de acordo com a estrutura de oferta interna de energia elétrica, como pode ser observado na figura 4.8.

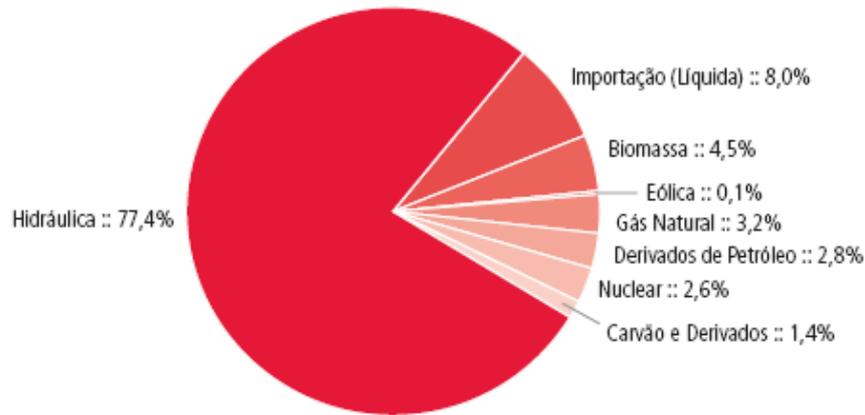


Figura 4.8. Estrutura da oferta interna de energia elétrica (ano 2007). [37]

4.2.1. Subsistema 1 – Produção do Salto

A produção do salto começa na extração da matéria prima no caso o petróleo. Depois da extração, vem a etapa de produção do ABS (acrilonitrila butadieno estireno) para só então os saltos serem produzidos pela injeção do termoplástico.

A empresa responsável pela produção dos saltos (injeção do ABS) possui capacidade de produção de 5000 peças por dia incluindo saltos, tacos, plataformas e cepas de materiais como ABS, PS, TPU EVA e TR. Para esta produção são utilizadas dezessete máquinas de injeção funcionando 24 horas. Toda a sucata referente às matrizes é revendida para a empresa fornecedora. O resíduo dos materiais injetados é enviado para a Central de Triagem de Três Coroas.

No cenário genérico, para produção de 3200 saltos de ABS virgem com alma de aço 1050 por dia, foram consideradas dezessete máquinas injetoras com potência de 20kW/h funcionando 24 horas. No cenário alternativo, a matéria prima utilizada é o ABS reciclado obtido de centrais de reciclagem. Para produção de 3200 saltos de ABS reciclado com alma de aço 1050 por dia, foram consideradas dezessete máquinas injetoras com potência de 20kW/h funcionando 24 horas. Os dois cenários englobam a energia do processo de injeção e a energia da torre de

resfriamento. O sistema de resfriamento das peças é realizado em sistema fechado (20000 litros), havendo tratamento e reaproveitamento da água utilizada.

4.2.2. Subsistema 2 – Produção da Plataforma ou Meia pata

A produção da plataforma começa na extração da matéria prima no caso o petróleo. Depois da extração, vem a etapa de produção do ABS (acrilonitrila butadieno estireno) para só então as plataformas serem produzidos pela injeção do termoplástico. A empresa responsável pela produção das plataformas é a mesma do subsistema 1. No cenário genérico, para produção de 3200 plataformas de ABS virgem por dia, foram consideradas dezessete máquinas injetoras com potência de 20 kW/h funcionando 24 horas. No cenário alternativo a matéria prima foi obtida de centrais de reciclagem de ABS. Para produção de 3200 plataformas de ABS reciclado por dia, foram consideradas dezessete máquinas injetoras com potência de 20KW/h funcionando 24 horas. Os dois cenários englobam a energia do processo de injeção e a energia da torre de resfriamento. O sistema de resfriamento das peças é realizado em sistema fechado (20000 litros), havendo tratamento e reaproveitamento da água utilizada.

4.2.3. Subsistema 3 – Produção da Palmilha de Montagem

A produção da palmilha de montagem começa na extração das matérias primas utilizadas. Depois da extração, vem a etapa de produção das placas de materiais utilizados para a produção das palmilhas. A empresa responsável pelas palmilhas de montagem possui capacidade de produção de 30000 palmilhas por dia. São diversos tipos de palmilhas com processos de produção característicos para cada modelo. Para esta produção são utilizadas máquinas de corte; chanfro e colagem; conformadoras; compressores; rebitadoras; estufas; frisadores e outras funcionando 8 horas por dia. A matéria prima de entrada consiste basicamente de placas com dimensões de 1 X 1,20 m de diversos materiais. O resíduo dos materiais, composto de aparas destas placas, é enviado para a Central de Resíduos de Três Coroas. A energia requerida foi calculada com base na potência das máquinas utilizadas considerando a produção de 3200 palmilhas de montagem por dia. A quantidade de matéria prima de entrada consiste em placas de: celulose,

EVA, poliéster impregnado com resina de látex, algodão impregnado com resina de látex e, almas de aço 1050.

4.2.4. Subsistema 4 – Produção do Cabedal

A produção do cabedal começa na extração da matéria prima. Depois da extração, vem a etapa de produção da manta de PU (Poliestireno). O cabedal é o nome que se dá à parte superior do sapato, que tem a função de cobrir e proteger a parte de cima dos pés. O subsistema quatro inclui a produção do cabedal. A maior parte do poliuretano utilizado na fabricação cabedais para calçados no Rio grande do Sul é importada da China. Os dados de energia utilizados para esse subsistema foram os mesmos para os dois cenários. Na etapa de corte do PU (subsistema 0) é obtido 20% de resíduo.

A empresa responsável pelo cabedal no cenário alternativo produz um laminado feito de serragem. Essa serragem é resíduo de madeiras. Para esta produção são utilizadas: máquina de moagem; misturador; prensa; laminadora e máquina de dublagem. O tempo total de produção é em torno de três horas. Para este cenário a energia requerida foi calculada com base na potência das máquinas utilizadas para a produção da manta de laminado dublado com manta de poliéster. Todo o resíduo da produção é reintroduzido no processo. Na etapa de corte desse laminado (subsistema 0), é possível obter 3200 cabedais.

4.2.5. Subsistema 5 – Produção da Sola

A produção da sola começa na extração da matéria prima para só então a produção das placas de material especial para sola de calçado feminino. Existem diversos materiais destinados a fabricação de solas para calçados. Para calçados sociais femininos o mais utilizado é o SBR ou comumente chamado de Neolite. O neolite é produzido em placas para posterior corte na fábrica de calçados. A empresa descrita para esse subsistema tem a capacidade de produção de 3000 placas por dia com dimensões de 1,0m X 1,5m. Para esta produção são utilizadas máquinas para vulcanização, misturadores banbury, cilindros e calandra funcionando 10 horas.

4.2.6. Subsistema 6 – Produção da Embalagem

Pela análise das contribuições percentuais em massa dos componentes e levando em conta a abordagem “do berço ao portão”, a análise do subsistema de produção de embalagens é nesse estudo imprescindível. A produção das embalagens começa na extração da matéria prima. Depois da extração, vem a etapa de manufatura da matéria prima para a produção do papel cartão das embalagens. A empresa responsável pela produção das embalagens para os calçados tem a capacidade de processamento de 6.000 t/mês de papel. No cenário alternativo a matéria prima utilizada foi papel cartão reciclado. A energia requerida para os dois cenários foi calculada com base na potência das máquinas utilizadas considerando a produção de 1600 embalagens por dia.

4.2.7. Subsistema 0 – Montagem, Acabamento e Expedição

A empresa responsável pela montagem, acabamento e expedição dos calçados possui capacidade média de produção de 9600 calçados por dia. Para esta produção são utilizadas máquinas de corte; máquinas de chanfro, máquinas de costura, esteiras, conformadoras, etc. A matéria prima de entrada consiste basicamente nos componentes produzidos por outras empresas como: salto (subsistema 1); plataforma (subsistema 2); palmilha de montagem (subsistema 3); cabedal e contraforte (subsistema 4); forro (subsistema 5); sola (subsistema 7) . O resíduo dos materiais é enviado para a Central de Resíduos de Três Coroas. A energia requerida foi calculada com base na potência das máquinas referentes às etapas estudadas considerando a produção de 3200 calçados por dia.

Cabe destacar que a energia do processo ou a energia requerida para operar e fazer funcionar os processos dos subsistemas considerados foi calculado com base nas 3200 peças produzidas. Nos subsistemas 1 e 2 para os cenários genérico e alternativo foram gastos 13888 MJ para a produção de 3200 peças. No subsistema 3 foram gastos 206,4 MJ para o processamento de cada palmilha. No subsistema 4 para a produção de 3200 cabedais no cenário genérico e alternativo foram gastos 250,6 MJ. No subsistema 5 foram gastos 352 MJ para a produção de 3200 solas de SBR. Para a produção de 1600 embalagens no cenário genérico e alternativo foram

gastos 260,8 MJ. No subsistema 6 foram gastos 800 MJ para a montagem e acabamento de 1600 pares de calçados.

4.3. Avaliação do Impacto

Os métodos de avaliação de impacto do ciclo de vida EDIP (Environmental Development of Industrial products) 2003 e EI99 (EcoIndicator 99) foram usados para gerar os resultados de impacto ambiental. No método EI99 uma emissão identificada no ICV é convertida numa contribuição para a categoria de impacto multiplicando-a por um fator equivalente. Os resultados do indicador de categoria de impacto que são calculados na fase de caracterização são adicionados para formarem as categorias de dano. No método Eco-indicator 99 a normalização e ponderação são executadas ao nível da categoria de dano.

O método EDIP 2003 foi desenvolvido pela EPA da Dinamarca na Technical University of Denmark and Confederation of Danish Industries. A última metodologia EDIP 2003 desenvolvida em conjunto com o padrão possui diferentes modelos de caracterização feitos de acordo com a abordagem de dano orientado. É uma das mais completas e consistentes metodologias de avaliação do impacto do ciclo de vida e inclui caracterização, normalização e ponderação [29,35,38].

Os indicadores ambientais para esse estudo foram: quantidade de recursos (EDIP 1997), fontes de combustíveis fósseis (Ecoindicator 99), aquecimento global (EDIP 2003), potencial de acidificação (EDIP 2003), eutrofização aquática (EDIP 2003) e redução de ozônio estratosférico (EDIP 2003). Esses indicadores foram relevantes para o estudo dos subsistemas estudados. Esse método conduziu a conclusão de que o cenário alternativo é ambientalmente melhor quando comparado como o cenário genérico. As reduções das categorias quantidade de recursos, fontes de combustíveis fósseis, aquecimento global, potencial de acidificação, eutrofização aquática e redução de ozônio estratosférico são mostradas para os subsistemas 1,2,4 e 6 nos quadros 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 e 4.3.4. No quadro 4.3.5 são mostrados os valores das categorias relacionadas para os subsistemas restantes – Palmilha de Montagem, Sola, Calçado genérico e Calçado Alternativo.

Quadro 4.4.1. Avaliação do impacto subsistema 1.

Categorias de impacto	Cenário Genérico	Cenário Alternativo	Redução
Quantidade de recursos	3827,9 kg	1895,2 kg	50,48%
Fontes de combustíveis fósseis	964,92 MJ	402,19 MJ	58,32%
Aquecimento global	582,86 kg CO ₂ -Equiv.	380,45 kg CO ₂ -Equiv	34,72%
Potencial de acidificação	40,309 m ² UES	33,376 m ² UES	17,20%
Eutrofização aquática	0,5451 kg NO ₃ -Equiv.	0,35288 kg NO ₃ -Equiv.	35,26%
Redução do ozônio estratosférico	7,037x10 ⁻⁶ Kg R11-Equiv.	1,3136x10 ⁻⁶ Kg R11-Equiv.	81,33%

Quadro 4.4.2. Avaliação do impacto subsistema 2.

Categorias de Impacto	Cenário Genérico	Cenário Alternativo	Redução
Quantidade de recursos	9484,7 kg	1790,8 kg	81,12 %
Fontes de combustíveis fósseis	2642,3 MJ	402,14 MJ	84,78 %
Aquecimento global	1178 kg CO ₂ -Equiv.	372,26 kg CO ₂ -Equiv	68,40 %
Potencial de acidificação	60,879 m ² UES	33,28 m ² UES	45,33 %
Eutrofização aquática	1,122 kg NO ₃ -Equiv.	0,35684 kg NO ₃ -Equiv.	68,19 %
Redução do ozônio estratosférico	2,3114x10 ⁻⁵ Kg R11-Equiv.	3,3025x10 ⁻⁷ Kg R11-Equiv.	98,57 %

Quadro 4.4.3. Avaliação do impacto subsistema 4.

Categorias de Impacto	Cenário Genérico	Cenário Alternativo	Redução
Quantidade de recursos	19854 kg	459,16 kg	97,68 %
Fontes de combustíveis fósseis	1787,8 MJ	93,993 MJ	94,74 %
Aquecimento global	857,62 kg CO ₂ -Equiv.	47,317 kg CO ₂ -Equiv	94,48 %
Potencial de acidificação	50,245 m ² UES	5,2064 m ² UES	89,64 %
Eutrofização aquática	4,1173 kg NO ₃ -Equiv.	0,11325 kg NO ₃ -Equiv.	97,25 %
Redução do ozônio estratosférico	8,061x10 ⁻⁶ Kg R11-Equiv.	1,3848x10 ⁻⁶ Kg R11-Equiv.	82,82 %

Quadro 4.4.4. Avaliação do impacto subsistema 6.

Categorias de Impacto	Cenário Genérico	Cenário Alternativo	Redução
Quantidade de recursos	4142,7 kg	772,18 kg	81,36 %
Fontes de combustíveis fósseis	160,7 MJ	163,58 MJ	–
Aquecimento global	148,66 kg CO ₂ -Equiv.	130,18 kg CO ₂ -Equiv	12,43 %
Potencial de acidificação	23 m ² UES	22,13 m ² UES	3,78 %
Eutrofização aquática	0,53724 kg NO ₃ -Equiv.	0,56140 kg NO ₃ -Equiv.	–
Redução do ozônio estratosférico	6,053x10 ⁻⁵ Kg R11-Equiv.	6,3713x10 ⁻⁵ Kg R11-Equiv.	–

Quadro 4.4.5. Avaliação do impacto dos subsistemas 3 e 5.

	<i>Palmilha de montagem</i>	<i>Sola</i>	<i>Calçado genérico</i>	<i>Calçado alternativo</i>
Quantidade de Recursos	2416,8 kg	6112,4 kg	13560 kg	45948 kg
Fontes de combustíveis fósseis	159,47 MJ	2966,2 MJ	4275,7 MJ	8731,6 MJ
Aquecimento global	132,85 kg CO ₂ -Equiv.	894,58 kg CO ₂ -Equiv.	1995,5 kg CO ₂ -Equiv.	3833,8 kg CO ₂ -Equiv.
Potencial de acidificação	12,11 m ² UES	25,873 m ² UES	135,34 m ² UES	215,9 m ² UES
Eutrofização aquática	0,26809 kg NO ₃ -Equiv.	0,56581 kg NO ₃ -Equiv.	2,2992 kg NO ₃ -Equiv.	7,2417 kg NO ₃ -Equiv.
Redução do ozônio estratosférico	3,0849x10 ⁻⁵ Kg R11-Equiv.	2,2102x10 ⁻⁵ Kg R11-Equiv.	0,00011974 Kg R11-Equiv.	0,00015174 Kg R11-Equiv.

O indicador fontes de combustíveis fósseis se refere aos recursos abióticos e seus depósitos estão sujeitos a depleção, uma vez que não se regeneram num tempo de vida humano (por exemplo: petróleo). Aqui este indicador é expresso em MJ. Quantidade de Recursos é um indicador que representa a quantidade de material que entra em um sistema considerando a redução na oportunidade para futuras gerações ter acesso aos mesmos. Este indicador está expresso em kg. O Um dos principais impactos, GWP refere-se ao aumento de temperatura atribuído aos gases de efeito estufa: CO₂, CO, CH₄ e N₂O. Os efeitos relativos dessas substâncias são medidos em termos de Kg CO₂ – equivalentes. A acidificação pode ocorrer em ambos os sistemas terrestres e aquáticos devido às emissões de substâncias formadoras de ácidos. A acidificação é causada pela liberação de substâncias acidificantes incluindo o dióxidos de enxofre (SO₂ e SO₃), óxidos de nitrogênio (NO_x), ácido clorídrico (HCl) e etc. A acidificação é expressa em m² UES (area of unprotected ecosystem). A eutrofização é o enriquecimento da água ou solo em nutrientes, Nitrogênio e fósforo, que podem causar uma indesejável mudança na composição de espécies nos ecossistemas e uma redução na diversidade ecológica. Nas águas superficiais a mudança na gama de espécies é geralmente evidente pelo rápido crescimento das algas, o que pode levar a um *deficit* de oxigênio, com os

consequentes efeitos na flora e fauna. Para quantificar a magnitude deste fornecimento de nutrientes, o potencial de eutrofização foi escolhido e seu indicador expresso em kg NO₃-Equivalentes. Potenciais de depleção do ozônio, ODP (Ozone Depletion Potential) têm sido desenvolvidos pela WMO (World Meteorological Organisation) para substâncias que podem contribuir para a destruição da camada do ozônio, em termos similares aos GWPs. A Redução de Ozônio estratosférico é expressa em kg R11-Equivalentes (triclorofluormetano) [10,14,29,35,38].

4.4. Interpretação dos Resultados

Com os resultados obtidos através da abordagem do EDIP 2003 e EI99 é possível concluir que a produção do calçado social feminino no cenário alternativo tem menor impacto global que a produção do calçado social no cenário genérico.

As produções da meia pata virgem, do cabedal de PU e da sola tiveram os valores mais altos em relação as categorias quantidade de recursos, fonte de combustíveis fósseis e aquecimento global.

As produções da meia pata virgem e do cabedal de PU tiveram os valores mais altos para as categorias de impacto acidificação e eutrofização aquática. Já as produções da sola, palmilha de montagem e os dois cenário de produção de embalagens tiveram os valores mais altos em relação a categoria redução do ozônio estratosférico.

Não foi possível estabelecer valores de energia reais para a produção da manta de PU, pois esses dados são sigilosos para empresas e não estão disponíveis em bibliografia científica.

Para um estudo comparativo é importante que tanto o ponto de partida como as alternativas usem a mesma fronteira de sistema. Neste trabalho os cenários genérico e alternativo para os subsistemas 1,2,4,6 não contemplam as mesmas fronteiras. Isto porque a aquisição de matéria prima do cenário alternativo engloba diversas centrais de reciclagem em outros estados do Brasil. Nestas centrais os dados também são sigilosos. Os dados de energia usados para reciclagem foram obtidos de fornecedores de máquinas utilizadas para esse fim. O fato dos cenários genérico e alternativa não possuírem as mesmas fronteiras põe em jogo a completeza dos dados utilizados para esta avaliação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não há na literatura referência ao estudo de avaliação do ciclo de vida para a produção de calçados femininos com material sintético. Embora existam referências para couro destinado a produção de cabedal para calçados, estes estudos costumam ter uma abordagem “do portão ao portão” de fábrica. A Avaliação do ciclo de vida na indústria calçadista do Rio Grande do sul aborda a produção “do berço ao portão” de fábrica”. Diante disso pode-se ter uma idéia do impacto ambiental na produção dos componentes desde a extração da matéria prima até a montagem, acabamento e embalagem do calçado.

Com base nos resultados obtidos na análise do impacto do ciclo de vida é possível concluir que:

- O cenário de produção do calçado alternativo apresentou redução considerável em todas as categorias de impacto selecionadas em relação ao cenário de produção do calçado genérico. As categorias de impacto como quantidade de recursos, Fontes de combustíveis fósseis, aquecimento global, potencial de acidificação, eutrofização aquática e diminuição do ozônio estratosférico diminuiram 70,48%, 51,03%, 47,95%, 37,31%, 68,25 e 21,09% respectivamente.
- Os cenários alternativos para os subsistemas 1, 2, 4, 7, apresentaram menor impacto ambiental quando comparados com os seus respectivos cenários genéricos;
- O cenário alternativo para o subsistema 1 apresentou reduções de 50,48% e 34,72% nas categorias quantidade de recursos e fontes de combustíveis fósseis em relação ao cenário genérico para o mesmo subsistema;
- O cenário alternativo para o subsistema 2 apresentou reduções significativas em todas as categorias selecionadas em relação ao cenário

genérico para o mesmo subsistema. Quantidade de recursos, fontes de combustíveis fósseis, aquecimento global, potencial de acidificação, eutrofização aquática, redução do ozônio estratosférico reduziram 81,12%, 84,78%, 68,39%, 45,33%, 68,19% e 98,57% respectivamente;

- O cenário alternativo para o subsistema 4 apresentou reduções significativas das categorias de impacto. Quantidade de recursos, fontes de combustíveis fósseis, aquecimento global potencial de acidificação e eutrofização aquática reduziram 97,68%, 94,74% 94,48%, 89,64% e 97,25% respectivamente em relação ao respectivo cenário genérico;

- O cenário alternativo do subsistema 6 apresentou redução significativa de 81,36% na categoria quantidade de recursos;

- Abaixo são mostrados os calçados da primeira coleção produzidos com componentes ecologicamente responsáveis auxiliados pela metodologia da ACV.



Figura 5.1 Modelos dos calçados ECOSHOES apresentados na Couromoda 2009.



Figura 5.2 Marca ECOSHOES, registrada pelo Instituto By Brasil.

6. CONCLUSÕES

Dois sistemas de produção de calçados femininos foram comparados usando a avaliação do ciclo de vida. Os dois sistemas foram estudados em dois cenários para quatro dos seis subsistemas apresentados. O objetivo principal foi comparar o desempenho ambiental dos dois processos de produção.

Baseada na análise do inventário e nos resultados da avaliação do impacto é possível concluir que o cenário de produção do calçado alternativo apresentou redução do impacto em todas as categorias selecionadas em relação ao cenário de produção do calçado genérico. Fontes de combustíveis fósseis, aquecimento global, potencial de acidificação, eutrofização aquática e diminuição do ozônio estratosférico diminuíram 70,48%, 51,03%, 47,95%, 37,31%, 68,25 e 21,09% respectivamente. Os pontos críticos no cenário genérico foram identificados na produção de três componentes: cabedal de PU, sola e plataforma de ABS virgem por apresentarem valores bastante altos em todas as categorias consideradas. Os resultados das intervenções realizadas nos subsistemas 1, 2 e 4 foram plenamente satisfatórios para todas as categorias selecionadas. Os resultados do cenário alternativo em relação ao cenário genérico para a produção das embalagens (subsistema 6) ficaram abaixo das expectativas. A reciclagem, o reaproveitamento ou a substituição de certos materiais usados na produção de componentes para calçados se mostram vantajosos em relação a minimização de categorias como quantidade de recursos, fontes de combustíveis fósseis e emissões.

Não foram realizadas intervenções nos subsistema 3 e 5. Esse último exibiu valores altos para as categorias de impacto como quantidade de recursos, fontes de combustíveis fósseis e aquecimento global. Neste caso, existe uma necessidade de desenvolvimento de um material destinado a produção da sola que possa ser reciclado ou reaproveitado.

7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

O princípio do desenvolvimento sustentável é uma ideologia global, que tem como objetivo influenciar a sociedade, de modo a garantir que o desenvolvimento das necessidades do presente não comprometa as necessidades de gerações futuras. Essa ideologia está amparada por três pilares: social, econômico e ambiental. Para uma completa análise de eco-eficiência do projeto Ecoshoes é necessário levar em conta aspectos econômicos além dos ambientais. O grupo de pesquisa do projeto Ecoshoes pretende realizar avaliação de custos do ciclo de vida dos cenários genérico e alternativo propostos neste trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GIANNETTI, B.F.; BONILLA, S.H.; ALMEIDA, C.M.V.B.; Developing eco-technologies: A possibility to minimize environmental impact in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.12, 361-368, 2004.
- [2] PIOTTO, Z.C. Ecoeficiencia na industria de celulose e papel – estudo de caso. São Paulo. 2003. 379p. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- [3] WWW.Umamanhamaisfeliz.com.br acesso em junho de 2008
- [4] IAKOVOU, E.;MOUSSIOPOULOS, N.; XANTOPOULOS. A metodological framework for end-of-life managementof eletronic products. **Resource, Conservation and Recycling**, v.53, p.329-339, 2009.
- [5] STOPPATO, A. Life cycle assessment of fotovoltaic electricity generation. **Energy**, v. 33, p. 224-232, 2008.
- [6] USA. Environmental Protection Agency. Risk Management Research Laboratory. Life Cycle Assessment: Principles and Practice. EPA/600/R-06/060, 2006. 80 p
- [7] WOOLRIDGE, A. C.; WARD, G. D.; PHILLIPS, P.S.; COLLINS, M.; GANDY, S. Life cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material: An UK energy saving perspective. **Resource, Conservation and Recycling**, v.46, p.94-103, 2006.
- [8] DODBIBA, G.; TAKAHASHI, K.; SADAHI, J.; FUJITA, T. The recycling of plastic wastes from discarded TV sets: comparing energy recovery with mechanical recycling in the context of life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p.458-470, 2008.
- [9] WANICHPONGPAN, W., GHEEWALA, S. H. Life cycle assessment as a decision support tool for landfill gas-to energy projects. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p. 1819-1826, 2007.
- [10] ALLY, J.; PRYOR, T. Life-Cycle Assessment of diesel, natural gas and hidrogen fuel cell bus transportation systems. **Journal of Power Sources**, v. 170, p. 401- 411, 2007.

- [11] ANTÓN, A.; CASTELLS, F.; MONTERO, J.I. Land use indicators in Life cycle assessment. Case study: The environmental impact of Mediterranean greenhouses. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p. 432 – 438, 2007.
- [12] LUNDIE, S.; PETERS, G.M. Life Cycle Assessment of food waste management options. **Journal of Cleaner Production**, v.13, p. 275 – 286, 2005.
- [13] ZELM, R.V.; HUIJBREGTS, M.A.J.; HOLLANDER, H.A.; JAARVELD, H.A.; SAUTER, F.J.; STRUIJS, J.; WIJNEM, H.J.; MEENT, D. European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle assessment. **Atmospheric Environment**, v.42, p. 441- 453, 2008
- [14] PEHNT, M.; HENKEL, J. Life cycle assessment of carbon dioxide capture and storage from lignite power plants. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v.3, p. 49 -66, 2009.
- [15] ASIF, M; MUNEER, T; KELLEY, R. Life Cycle Assessment: A case study of a dwellin home in Scotland. **Building and Environment**, v. 42, p. 1391-1394, 2007.
- [16] GEHIN, A., ZWOLINSKI, P., BRISSAUD, D. A tool to implement sustainable end-of-life strategies in the product development phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 566-576, 2008.
- [17] TARANTINI, M.; LOPRIENO, A.D.;CUCCHI, E.; FRENQUELLUCCI, F. Life cycle assessment of waste management systems in Italian industrial areas: Case study of 1st Macrolotto of Prato. **Energy**, v. 34, p. 613-622, 2009.
- [18] AZAPAGIC, A. Life cycle assessment and its application to process selection, design and optimization. **Chemical Engineering Journal**, v. 73, p.1-21,1999.
- [19] SCHMIDINGER, A.; NARODOSLAWSKY, M. Life cycle assessment as an engineer`s tool? **Journal of Cleaner Production**, p.1-8, 2006
- [20] CHERUBIN, F.; BARGIGLI, S.; ULGIATI, S. Life cycle assessment of urban waste management: Energy performances and environmental impacts. The case of Rome, Italy. **Waste Management**, 2008.
- [21] HOSSAIN, K. A.; KHAN, F. I.; HAWBOLLDT, K. Sustainable development of process facilities: State-of-the-art review of pollution prevention frameworks. **Journal of Hazardous Materials**, v.150, p. 4–20, 2008.
- [22] RIVELA, B.; MOREIRA, M.T.; BORNHARDT, C.; MEANDEZ, R.; FEIJOO, G. Life Cycle Assessment as a Tool for the Environmental Improvement of the Tannery Industry in Developing Countries. **Environmental Science Technologies**, v. 38, p.1901-1909, 2004.

- [23] JOSEPH, K.; NITHYA, N. Material flows in the life cycle of leather. **Journal of Cleaner Production**, v. 17 p.676–682, 2009.
- [24] MILÀ, L.; DOMENECH, X.; RIERAVEDALL, J.; FULLANA, P.; PUIG, R.. Application of Life Cycle Assessment to Footwear. **Int. J. LCA** ,v.3, p. 203 – 208, 1998.
- [25] MOBERG, A.; FINNVEDEN, G.; JOHANSSON, J.; LIND, P. Life cycle assessment of energy from solid waste – part 2: lanfilling compared to other treatment methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, 231-240, 2005.
- [26] USA. Environmental Protection Agency. Solders in Electronics: Center for a Clean Products and Clean Technologies. Solders in Electronics: A Life – Cycle Assessment. EPA 744-R-05-00. Tennessee, 2005. 212 p.
- [27] LUKMAN, R.; TIWARY, A; AZAPAGIC, A. Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia. **Resources, Conservation and Recycling**, 2009.
- [28] STEPHENSON, A.L.; DENNIS, J.S.; SCOTT, S.A. Improving the sustentability of the production of biodiesel from oilseed rape in the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, 2008
- [29] BOVEA, M.D.; GALLARDO, A. The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design. **Materials & Design**, v. 27, p. 209 – 215, 2006.
- [30] RIBEIRO, C; FERREIRA, J.V; PARTIDÁRIO, P. Life Cycle Assessment of a Multi-Material Car Component. **Int. J. LCA** ,v.12, p. 336 – 345, 2007.
- [31] RIGAMONTI, L; GROSSO, M; GIUGLIANO, M. Life cycle assessment for optimising the level of separated collection in integrated MSW management systems. **Waste management**, v.29, p. 934-944, 2009.
- [32] RODRIGUES,C; ZOLDAN, M; OLIVEIRA, I. Sistemas Computacionais de apoio a ferramenta Análise de Ciclo de Vida do Produto (ACV). **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**: 2008, Rio de Janeiro. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável
- [33] EKVALL, T; FINNVEDEN, G. Allocation in ISO 14041 – a critical review. **Journal of Cleaner production**, v.9, p. 197-208, 2001
- [34] SHAH, V.P; DEBELLA, D.C; RIES, R.J. Life cycle assessment of residential heating and cooling systems in four regions in the United States. **Energy and Buildings**, v.40, p.503-513, 2008.

- [35] FERREIRA, J.V.R. Análise de ciclo de vida de produtos. Portugal: Instituto Politécnico de Viseu, 2004. 80p.
- [36] SPATERI, S; BETZ, M.; FLORIN, H.; BAITZ, M.; FALTENBACHER, M. Using GaBi 3 to Perform Life Cycle Assessment and Life Cycle Engineering. **Int. J. LCA**, v. 6, p. 81-84, 2001.
- [37] BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional. Brasília, 2008. 50p
- [38] KHOO,H.H. Life cycle assessment of various waste conversion Technologies. **Waste Management**, v.29, p. 1892-1900, 2009.
- [39] WINKLER, J.; BILITWESKI, B. Comparative evaluation of life cycle assessment models for solid waste management. **Waste Management**, v. 27, p. 1021-1031, 2007.

ANEXO 1

 <p data-bbox="493 309 788 454">Pontifícia Universidade Católica do RS</p>	<p data-bbox="836 309 1430 398">Formulário para Inventário de Ciclo de Vida – Projeto ECOSHOES</p> <p data-bbox="831 432 1437 468">informações: fabiana.ribeiro@pucrs.br</p>
--	--

Informações da Empresa e do Contato

Empresa: _____

Endereço (localização): _____

Contato:

Preparado por: _____ Data: _____

Função: _____

Fone: _____

Fax: _____

E-mail: _____

1-Tabela Materiais Primários de Entrada

Materiais Primários⁽¹⁾	Número CAS⁽²⁾	Quantidade Semestral ou Anual⁽³⁾	Fornecedor⁽⁴⁾	Os Dados são exatos ou estimados?⁽⁵⁾

1) Materiais Primários de Entrada: Materiais primários são definidos como aqueles materiais que são parte dos produtos finais. Inclua o **nome técnico** e o **nome comercial** de cada material.

Obs: No caso do material primário estar codificado, por favor, inclua o nome do fabricante.

2) Número CAS: Número CAS: Inclua o número CAS (Chemical Abstract Service) de cada material (preencha o espaço com o número).

3) Quantidade Anual ou Semestral: Por favor especifique a quantidade anual ou a quantidade semestral de material **consumido** com o ano correspondente. Use a unidade de massa/ano ou massa/semestre por exemplo kg/ano ou kg/semestre; lb/ano ou lb/semestre; etc. Se especificar a quantidade em unidade de volume por favor informe a densidade.

4) Fornecedor: especifique o fornecedor do material primário, sua localidade e a quantidade do **material fornecido**.

5) Dados estimados ou medidos: Nesta coluna, por favor, informe se os dados são **exatos** ou foram **estimados**.

2-Tabela Materiais Auxiliares de Entrada

Materiais Auxiliares ⁽¹⁾	Número CAS ⁽²⁾	Quantidade Semestral ou Anual ⁽³⁾	Fornecedor ⁽⁴⁾	Os Dados são exatos ou estimados ? ⁽⁵⁾

1) Materiais Auxiliares de Entrada: Materiais auxiliares (por exemplo materiais de limpeza) são materiais de entrada que auxiliam na produção não fazendo parte dos produtos finais. Inclua o **nome técnico** e o **nome comercial** de cada material.

Obs: No caso do material primário estar codificado, por favor, inclua o nome do fabricante.

2) Número CAS: Número CAS: Inclua o número CAS (Chemical Abstract Service) de cada material (preencha o espaço com o número).

3) Quantidade Anual ou Semestral: Por favor especifique a quantidade anual ou a quantidade semestral de material **consumido** com o ano correspondente. Use a unidade de massa/ano ou massa/semestre por exemplo kg/ano ou kg/semestre; lb/ano ou lb/semestre; etc. Se especificar a quantidade em unidade de volume por favor informe a densidade.

4) Fornecedor: especifique o fornecedor do material primário, sua localidade e a quantidade do **material fornecido**.

5) Dados estimados ou medidos: Nesta coluna, por favor, informe se os dados são **exatos** ou foram **estimados**.

6) Indique o número de máquinas movidas por cada tipo de energia assinalada na tabela e descreva o tipo de maquinário.

3-Tabela Utilidades de Entrada

Utilidades⁽¹⁾	Quantidade Semestral ou Anual⁽²⁾	Unidade⁽³⁾	Os Dados são exatos ou estimados? ⁽⁴⁾
1.Eletricidade			
2.Gás Natural			
3.Gás Natural Liq.			
4.Óleo Combustível			
5.Outro Combustível a base de Petróleo			
6.Carvão			
7. Água			

(1)Utilidades:A primeira coluna refere-se às utilidades existentes na Empresa. Por favor, liste as **utilidades presentes** na Empresa que estiverem faltando na tabela.

(2)Quantidade Anual ou Semestral: Por favor especifique a **quantia da utilidade** consumida em um ano ou em um semestre de produção com o ano correspondente, por exemplo: Megajoules, Litros.

(3)Unidade: Especifique a **unidade da quantidade** de utilidade consumida em um semestre ou em um ano de produção.

(4) Dados estimados ou exatos: Nesta coluna, por favor, informe se os dados são **exatos** ou foram **estimados**.

4-Materiais de Saída

4-1) Quais os produtos que são manufaturados na Empresa? Qual a quantidade semestral ou anual de cada produto produzido.

4-2) A Empresa gera co-produtos ou subprodutos? Se gera, quais são eles e suas respectivas quantidades semestral ou anual?

4-3) Se a resposta da pergunta anterior for sim, esses subprodutos ou co-produtos são encaminhados como matéria-prima para a produção de algum outro produto? Que produto é esse e onde é feita sua produção?

4-4) A Empresa gera resíduo sólido? Se gera, que tipo de material (listar abaixo os materiais), qual a quantidade de cada material por ano ou semestre e o destino deste resíduo sólido (por exemplo: reaproveitamento dentro da produção, central de resíduos, aterro, incineração)?

Obs: Anexe a este documento a cópia do SIGECORS monitorado pela FEPAM

Tabela 4-a

Tipo de Material	Quantidade	Destino

4-5) A Empresa gera resíduo líquido? Se gera, qual a quantidade anual ou semestral (por exemplo lb/ano, lb/semestre, kg/ano, kg/semestre ? Existe estação de tratamento? Qual o método de tratamento e disposição?

Se a Empresa realiza o monitoramento do efluente preencha a tabela abaixo e anexe a este documento a ART do responsável pela estação de tratamento. Anexe também a cópia do SISAUTO monitorado pela FEPAM.

OBS:

(1) Na tabela 4-a e na tabela 4-b a primeira coluna refere-se aos constituintes mais comuns dos resíduos líquido e gasoso respectivamente. Por favor, acrescente os constituintes que estiverem faltando.

(2) Número CAS: Inclua o número CAS (Chemical Abstract Service) de cada material (preencha o espaço com o número).

(3) Concentração: Especifique a concentração dos constituintes gerados no processo da Empresa.

(4) Unidade: Especifique a unidade em unidades de massa/volume (por exemplo: mg/litro)

Tabela 4-b

Constituintes do Efluente⁽¹⁾	Número CAS⁽²⁾	Concentração⁽³⁾	Unidade⁽⁴⁾
Sol. Dissolvidos			
Sol. Suspensos			
DQO			
DBO			
Óleos e Graxas			
Ácido clorídrico			
Ácido sulfúrico			
Outros ácidos			
1.			
2.			
3.			
Fósforo			
Fosfato			
Sulfato			
Fluoreto			
Cianeto			
Cloreto			
Cromo			
Alumínio			
Níquel			
Mercúrio			
Chumbo			
Zinco			
Estanho			
Nitrogênio Total			
Nitrogênio Amon.			
Nitrato			
Outros constituintes			
1.			
2.			

4-6) A Empresa gera emissões gasosas? A Empresa possui algum modo de minimizar essas emissões? Se a resposta for sim, qual o método para a minimização das emissões?

Se a Empresa possui monitoramento preencha a tabela abaixo e anexe a este documento a ART do responsável técnico pelo monitoramento.

Tabela 4-c

Constituintes das Emissões gasosas⁽¹⁾	Número CAS⁽²⁾	Concentração⁽³⁾	Unidade⁽⁴⁾
Particulados Totais			
Particulados <10microns (PM-10)			
Óxidos de Enxofre (SOx)			
Óxido de Nitrogênio (NOx)			
Monóxido de carbono			
Dióxido de carbono			
Metano			
Benzeno			
Tolueno			
Naftaleno			
Compostos orgânicos voláteis			
Outros Constituintes			
1.			
2.			

4-7) A Empresa utiliza matéria prima reciclada? Se utiliza, especifique qual matéria prima, em qual produto e qual a percentagem de material reciclado é utilizado para a produção deste produto e qual sua procedência.

Tabela 4-d

Matéria Prima reciclada/ Quantidade (kg)	Produto	Conteúdo Reciclado	Procedência

Obs: **Conteúdo reciclado:** Por favor especifique o conteúdo reciclado de cada material. Por exemplo, 60/40 representaria um material que tenha 60% de material virgem, 40% reciclado.

4-8) Se na produção é usado material reciclado, informe se a reciclagem é feita no local de produção e como é feita.

4-9) Se a reciclagem ou algum tipo de processo é realizado fora do local de produção, informe o nome e a localização que esta é realizada.
