UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TÊXTIL E MODA

EDUARDA REGINA DA VEIGA

**AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DE CONFECCIONADO DE POLIAMIDA DESDE A
OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA ATÉ O DESCARTE FINAL UTILIZANDO
SOFTWARE LCA SIMAPRO 8.1.16 *FACULTY***

São Paulo

2016

EDUARDA REGINA DA VEIGA

Avaliação de ciclo de vida de confeccionado de poliamida desde a obtenção da matéria-prima até o descarte final utilizando o software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty*

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Têxtil e Moda.

Área de Concentração:

Materiais e Processos Têxteis

Orientadora: Prof. Dra. Regina Aparecida Sanches

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Veiga, Eduarda Regina da

Avaliação de ciclo de vida de confeccionado de poliamida desde a obtenção da matéria-prima até o descarte final utilizando software LCA SimaPro 8.1.16 *faculty* / Eduarda Regina da Veiga ; orientadora, Regina Aparecida Sanches. – São Paulo, 2016
97 f.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

1. Indústria têxtil - Aspectos ambientais. 2. Fibras têxteis. 3. Ciclo de vida - Avaliação. 4. Sustentabilidade. I. Sanches, Regina Aparecida, orient. II. Título.

CDD 22.ed. – 677

Nome: VEIGA, Eduarda Regina da

Título: Avaliação de ciclo de vida de confeccionado de poliamida desde a obtenção da
matéria-prima até o descarte final utilizando o software LCA SimaPro 8.1.16

Faculty

Dissertação apresentada à Escola de Artes,
Ciências e Humanidades da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências do Programa de Pós-Graduação
em Têxtil e Moda

Área de Concentração:

Materiais e Processos Têxteis

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Julgamento: _____

Instituição: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Julgamento: _____

Instituição: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Julgamento: _____

Instituição: _____
Assinatura: _____

Dedico este trabalho ao meu pai e a minha mãe (in memoriam), fonte de inspiração! Aos meus amados irmãos, por todo apoio e incentivo! Às minhas filhas e ao meu neto, fonte inesgotável de esperança por um mundo melhor!

Agradecimentos

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Regina Aparecida Sanches, pela orientação e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores membros da banca de qualificação, Prof^a Dra^a Suzana Barreto Martins e ao Prof. Dr. João Paulo Pereira Marcicano pelos pertinentes apontamentos que engrandeceram este trabalho.

A ACV BRASIL, pela disponibilização do software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty* essencial ao desenvolvimento deste trabalho.

À empresa que permitiu a realização da coleta de dados possibilitando o estudo de caso.

A minha família, amigos e colegas da Universidade Estadual de Londrina por todo apoio e compreensão.

*“Os problemas significativos que enfrentamos não podem ser resolvidos no mesmo
nível de pensamento em que estávamos quando os criamos.”*

(ALBERT EINSTEIN, 1879–1955)

RESUMO

VEIGA, Eduarda Regina da. **Avaliação de ciclo de vida de confeccionado de poliamida desde a obtenção da matéria-prima até o descarte final utilizando o software LCA SimaPro 8.1.16 Faculty**. 2016. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Programa de Pós GRAduação Têxtil e Moda) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Versão original.

A sustentabilidade do planeta é responsabilidade coletiva e ações para melhorar o ambiente global são necessárias e implicam na adoção de práticas de produção e consumo sustentáveis. O desenvolvimento da Indústria Têxtil e Confecção incorpora tecnologias nos campos das ciências físicas, químicas e biológicas necessárias às atividades do setor, desde a obtenção da matéria-prima, produção de fios e tecidos e, seus respectivos acabamentos, consumindo grandes quantidades de recursos e energia. O Desenvolvimento Sustentável ao expandir o foco econômico para as dimensões ambiental e social dos processos de produção e serviços originou uma visão sistêmica dos *inputs* e *outputs* do processo produtivo e suas consequências ambientais, estruturando o conceito de ciclo de vida do produto (ACV). O objetivo desse estudo é avaliar o ciclo de vida de uma calça feminina confeccionada em malha de poliamida, utilizada como uniforme do ensino médio estadual no Paraná, do berço ao túmulo, com 3 possibilidades de descarte. Foi realizado um estudo de caso para verificar a viabilidade de aplicação da ferramenta ACV para avaliação do impacto ambiental do produto final por meio do software LCA SimaPro 8.1.16 Faculty. A coleta de dados foi realizada por meio de questionário, baseado nas diretrizes da NBR ISO 14040 que determinam as fases e procedimentos gerais da execução de um estudo de ACV, para identificar a estrutura produtiva da empresa de confecção permitindo o levantamento quantitativo de dados referentes ao processo produtivo, a identificação das entradas e saídas de materiais e energia elétrica e, a quantificação dos resíduos gerados. Algumas informações foram retiradas do banco de dados de inventários de processos disponíveis no software utilizado para este estudo. A avaliação do ciclo de vida da calça de poliamida foi baseada no Manual do Sistema Internacional de

Referência de Dados sobre o ciclo de vida de produtos e processos (ILCD). A tabulação dos dados do produto foi realizada no software SimaPro 8.1.16 *Faculty*. A base de dados de inventário selecionada foi a *Ecoinvent* v.2 e, para realização da análise de impacto foi adotado o método de impacto gerado *Eco-indicator* 99. O software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty* mostrou-se ferramenta eficiente para a realização da avaliação do ciclo de vida da calça de poliamida com os três cenários de descarte, permitindo a análise dos impactos ao nível da categoria de danos para a saúde humana, qualidade do ecossistema e recursos e, possibilitando a análise da carga ambiental por categoria de impacto, de acordo com o que propõe a ISO 14042 sobre os elementos de seleção de definição de categorias para a fase de Avaliação.

Palavras-chave: Avaliação de Ciclo de Vida. Indústria têxtil e de confecção. Sustentabilidade.

ABSTRACT

VEIGA, Eduarda Regina da . Life cycle assessment of the clothing polyamide from obtaining the raw materials to the final disposal using the software LCA SimaPro 8.1.16 Faculty: subtitle.2016. 97P. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2016. Version ORIGINAL.

The sustainability of the planet is collective responsibility and actions to improve the global environment are necessary and imply the adoption of sustainable production and consumption practices. Development of Textile and Confection incorporates technologies in the fields of physical, chemical and biological sciences necessary to the sector's activities, from obtaining the raw material, production of yarn and fabric and their finishes, consuming large amounts of resources and energy . Sustainable Development to expand economic focus to environmental and social dimensions of production processes and services led to a systemic view of the inputs and outputs of the production process and its environmental consequences, structuring the concept of product life cycle (LCA). The aim of this study is to evaluate the life cycle of a woman's pants made of polyamide fabric, used as a uniform average state school in Parana, from cradle to grave, with 3 possibilities for disposal. A case study was performed to verify the application feasibility of LCA tool for assessing the environmental impact of the final product through ACL SimaPro 8.1.16 Faculty software. Data collection was conducted through a questionnaire, based on the guidelines of ISO 14040 which determine the general phases and procedures of the execution of an LCA study, to identify the productive structure of the clothing firm allowing the quantitative survey data for the production process, the identification of the inputs and outputs of materials and energy, and the quantification of waste generated. Some information was taken from the inventory database processes available in the software used for this study. The evaluation of the polyamide trousers life cycle was based on the International System Manual Data Reference on the lifecycle of products and processes (ILCD). Tabulation of the product data was performed in SimaPro8.1.16Faculty software. The selected inventory database was Ecoinvent v.2 and to perform impact analysis was adopted

impact generated method Eco-indicator 99. The LCA SimaPro 8.1.16 Faculty software was efficient tool for the realization of assessment of the life cycle of the polyamide pants with three disposal scenarios, allowing the analysis of impacts on the category of damage to human health, ecosystem quality and resources, enabling the analysis of environmental load by impact category, according to which it proposed to ISO 14042 on the selection of elements to define categories for the phase evaluation.

Keywords: Life Cycle Assessment. Textile and apparel industry. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre os principais atores do setor têxtil e vestuário.....	24
Figura 2: insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de fiação.....	26
Figura 3: insumos de entrada e de saída para a etapa do processo da malharia.....	27
Figura 4: insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de beneficiamento/ tingimento.....	28
Figura 5: insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de beneficiamento/calandragem.....	29
Figura 6: Esquema ilustrativo da produção da poliamida 6.6.....	34
Figura 7: Propriedades do tecido de malha.....	38
Figura 8: Interação dos Tecidos de Malha com o Meio Ambiente.....	39
Figura 9: Estruturas dos Tecidos de Malha de Trama e Malha de Urdume....	40
Figura 10: Dimensões da Sustentabilidade – <i>Triple Bottom Line</i> de Elkingdon (1999).....	42
Figura 11: Dimensões da Sustentabilidade.....	43
Figura 12 : Dimensões da Sustentabilidade Sachs, 2002.....	45
Figura 13: Sistema Jurídico Ambiental Brasileiro.....	47
Figura 14: Marcos históricos do desenvolvimento da ACV no Brasil 54.....	59
Figura15: Fluxo de dados do inventário do sistema produto.....	68
Figura 16: Diagrama esquemático da sequência de atividades da Avaliação do Ciclo de Vida da calça de poliamida.....	69
Figura 17: análise geral “do berço ao túmulo” dos materiais e processos desde a matéria-prima até o descarte do produto final.....	71
Figura 18: ACV da calça de malha de poliamida nos três cenários de descarte.....	75
Figura 19: ACV da calça de malha de poliamida no cenário de reciclagem.....	76
Figura 20: Contribuição do processo (avaliação de danos: cenário reciclagem.....	77

Figura 21: Contribuição do processo (caracterização: cenário reciclagem)..	78
Figura 22: ACV da calça de malha de poliamida no cenário de descarte aterro municipal.....	78
Figura 23: Contribuição do processo (avaliação de danos: cenário aterro municipal).....	79
Figura 24: Contribuição do processo (caracterização: cenário aterro municipal).....	80
Figura 25: ACV da calça de malha de poliamida no cenário de descarte doação.....	80
Figura 26: Contribuição do processo (avaliação de danos: cenário doação)..	81
Figura 27: Contribuição do processo (caracterização: cenário doação).....	82
Figura 28: Comparativos da acv para os três cenários de descarte (avaliação de danos).....	83
Figura 29: Comparativos da acv para os três cenários de descarte (caracterização).....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação entre a estrutura do anexo SL e da 1400:2004.....	54
Tabela 2. Resumo dos estudos de ACV de têxteis.....	62
Tabela 3. Sequência operacional da produção de uma calça em malha de poliamida.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
ANA	Agência Nacional das Águas
BSI	<i>British Standard Institution</i>
CNI	Conselho Nacional da Indústria
CB-38	Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CVP	Ciclo de Vida do Produto
DS	Desenvolvimento Sustentável
EC-JRC	<i>European Commission - Joint Research Centre</i>
EMAS	<i>Eco Management and Audit Scheme.</i>
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
ILCD	<i>International Reference Life Cycle Data System</i>
LCA	<i>Lyfe Cicle Assessment</i>
LCD	<i>Lyfe Cicle Design</i>
LCT	<i>Lyfe Cicle Thinking</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
ISO	International Organization for Standardization
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Action</i>
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SECTMA	Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente.
SETAC	<i>Society for Environmental Toxicology and Chemistry</i>
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
TBL	<i>Triple Botton Line</i>
TC	Comitê Técnico
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	OBJETIVOS.....	19
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.2	JUSTIFICATIVA.....	19
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1	INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO.....	22
2.2	FIBRA DE POLIAMIDA.....	28
2.3	PRODUÇÃO DA POLIAMIDA.....	30
2.4	PRODUÇÃO DA FIBRA POLIAMIDA 6.6 NO BRASIL.....	33
2.5	PRODUÇÃO DA FIBRA POLIAMIDA 6.6 NO MUNDO.....	35
2.6	MALHARIA.....	36
2.7	SUSTENTABILIDADE.....	40
2.8	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL.....	47
2.8.1	NORMA AMBIENTAIS.....	51
2.9	CICLO DE VIDA DO PRODUTO.....	55
2.10	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	57
2.11	AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA DE TÊXTEIS.....	60
3	MATERIAIS E MÉTODOS	
4	RESULTADOS e DISCUSSÕES.....	66
5	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS.....	87

1. INTRODUÇÃO

As diferentes formas existentes para avaliação do impacto ambiental têm gerado grandes discussões no meio científico e acadêmico.

A sustentabilidade do planeta é uma responsabilidade coletiva e ações para melhorar o ambiente global são necessárias, o que implica na adoção de práticas de produção e consumo sustentáveis.

Neste contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) surge da necessidade de se estabelecer uma metodologia que facilite a análise dos impactos ambientais entre as atividades de um setor industrial. No caso desta dissertação é o setor produtivo e de confecção têxtil, que inclui todas as etapas do ciclo de vida de um produto ou processo, desde a extração e processamento de matérias-primas, fabricação e embalagem, transporte e distribuição, uso e reemprego, reciclagem ou reutilização, se for o caso, até a disposição final.

Como uma metodologia fundamental que auxilia na coleta de dados e interpretação dos resultados, a análise do ciclo de vida tem como objetivo estudar a complexa interação entre um produto e o ambiente, utilizando para tanto a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto. A partir dessa análise pode-se verificar que a prevenção à poluição se torna mais racional, econômica e efetiva do que uma ação na direção dos efeitos gerados.

Um dos primeiros sistemas de peso desenvolvido para a determinação de valores associados aos aspectos ambientais é o método *Eco-Indicator* 95. Este método utiliza uma etapa de distribuição de pesos que resulta em um número indicador do impacto ambiental de um material ou processo baseado em dados de uma análise de ciclo de vida. Esses cálculos podem ser realizados manualmente ou através de programas de computador (FERREIRA, 2004).

Neste estudo esses cálculos foram realizados por meio do software *LCA SimaPro 8.1.16 Faculty* uma ferramenta profissional, confiável e flexível que permite a coleta, análise e acompanhamento do desempenho ambiental dos produtos e processos de produção. Modelando e analisando os complexos ciclos de vida, de modo sistemático e de forma transparente (CARVALHO, 2008).

Utilizado por grandes indústrias, consultorias e universidades, com usuários em mais de 50 países, é o mais bem sucedido *software* para ACV em todo o mundo e vem com um inventário na forma de bases de dados de materiais e processos, acoplados com ferramentas de cálculo de impactos.

Diante do exposto, este software, numa versão institucional disponibilizada mediante contrato de licenciamento para uso em desenvolvimento de projetos acadêmicos, foi a ferramenta utilizada na avaliação de ciclo de vida de uma calça feminina em malha de poliamida, típica do uniforme do ensino médio estadual do Paraná.

1.1 OBJETIVO

Avaliar o ciclo de vida de uma calça feminina, em malha de poliamida, utilizada como uniforme do ensino médio estadual do Paraná, desde a obtenção da matéria-prima que entra no sistema produtivo (berço) até a disposição do produto final (túmulo), com 3 possibilidades de descarte, utilizando o software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty*

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Apresentar a cadeia têxtil e de confecções para definir em quais etapas do processo produtivo o estudo será realizado;
2. Verificar os estudos similares já realizados;
3. Apresentar um estudo de caso para verificar a viabilidade de aplicação da ferramenta ACV para avaliação do impacto ambiental do produto final por meio do software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty*.

1.2 JUSTIFICATIVA

As fibras sintéticas, das quais se destaca neste projeto a poliamida, tem contra si principalmente o fato de serem produzidas a partir de petróleo e, portanto, de fonte não renovável e, quando descartada demora muitos anos para se degradar na natureza.

Considerando que o setor têxtil e de vestuário está inserido em um mercado globalizado, percebe-se a necessidade de realização de estudos de avaliação de ciclo de vida (ACV) em países produtores e consumidores, como

o Brasil, para se quantificar o impacto total dos processos e do transporte entre as etapas de produção e distribuição.

Com a normalização da metodologia de ACV na década de 1990, iniciaram-se estudos deste tipo no setor têxtil e de vestuário. De uma forma geral, os estudos de ACV aplicados à indústria têxtil foram executados para fins de certificações, identificações e comparação de processos, matérias-primas, e entre produtos com funcionalidade equivalente (CIENCHAŇSKA; NOUSIAINEN, 2005). Entretanto, muitos destes estudos foram conduzidos na indústria e não possuem acesso livre, ou são publicados apenas parcialmente (DÄHLLOF, 2004), o que dificulta uma avaliação crítica dos resultados obtidos, pois não traz a luz todas as variáveis consideradas.

Outros estudos referentes a ACV de têxteis apresentam alguma deficiência pela variação de sua unidade funcional no que tange a composição dos artigos têxteis, restringindo-se a fibras de algodão e poliéster em seus estudos, com composições 100% ou mistas, por serem as mais utilizadas mundialmente.

Outro fator que dificulta a análise destes resultados é o fato de terem delimitado como fronteira do sistema de produto apenas algumas etapas do ciclo de vida e não o ciclo total, revelando-se incompleta do ponto de vista das suas consequências ambientais, devido a necessidade de uma abordagem completa do que se passou a chamar o ciclo de vida do produto (ARDUIN, 2013).

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido nas seguintes seções: Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Resultados e Discussões e Conclusão.

A Revisão bibliográfica contempla a estrutura e a cadeia produtiva da Indústria Têxtil e de Confecção. O surgimento da fibra de poliamida, processos de obtenção da fibra, panorama produtivo e mercado consumidor em nível nacional e mundial. Devido ao fato do produto estudado ser confeccionado em malha o capítulo 2.6 descreve a estrutura, propriedades e características da malharia. O capítulo 2.7 contextualiza o surgimento do conceito de sustentabilidade, diretrizes, dimensões e marcos históricos. No capítulo 2.8 é apresentado o Sistema Jurídico Ambiental Brasileiro, as Leis e

Resoluções Federais relacionadas a práticas ambientais para a indústria têxtil e de confecção nacional e, o surgimento das normas ambientais no contexto global. Essencial ao escopo do trabalho, o capítulo 2.9 aborda o conceito do ciclo de vida do produto e suas fases. E, finalmente os capítulos 2.10 e 2.11 apresenta, respectivamente, a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida e seu contexto em relação aos têxteis.

Em materiais e métodos é descrita a execução do estudo de ACV da calça em malha de poliamida por meio de um estudo de caso através do software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty*.

Em resultados e discussão foi realizada a análise dos resultados apresentados em gráfico, pelo software utilizado, para os três cenários de descarte propostos e, o comparativo entre esses cenários.

Finalmente o capítulo 5. Conclusões apresenta as considerações finais que embasam a viabilidade da aplicação da ferramenta ACV para avaliação do impacto ambiental gerado em cada etapa de todo o ciclo de vida do produto final utilizando o software LCA Simapro 8.1.16 *Faculty*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA TÊXTIL

A produção de têxteis faz parte do cotidiano de todas as nações do mundo, independentemente do nível de industrialização.

A cadeia produtiva Têxtil e de Confecção é formada por diversos segmentos industriais autônomos, cuja interação, porém, é fundamental para a sua organização.

De acordo com o Valor Econômico (2006), a estrutura da cadeia têxtil inicia-se com a matéria-prima (fibras têxteis), que é transformada em fios nas fábricas de fiação, de onde seguem para a tecelagem (que fabrica os tecidos planos) ou para a malharia (tecidos de malha), ou para a indústria de não tecidos. Segue-se, então, o processo de acabamento para finalmente atingir a confecção.

O desenvolvimento da Indústria Têxtil incorpora diversas tecnologias nos campos das ciências físicas, químicas e biológicas contribuindo para as atividades dos inúmeros setores, desde a obtenção da matéria-prima até os processos de produção de fios e tecidos e seus respectivos acabamentos, e, a indústria de bens de capital, tendo em vista as máquinas e equipamentos que perpassam toda a cadeia. (CNI/ABIT, 2012)

A figura 1 ilustra a estrutura em rede que representa a relação entre as principais atividades desenvolvidas no setor têxtil e de confecção.

Importante ressaltar que a produção do não tecido restringe-se ao setor têxtil, tendo pouca ou nenhuma participação na indústria de confecções.

Figura 1: Relação entre os principais atores do setor têxtil e vestuário.
Fonte: Veiga, Eduarda adaptado de CNI/ABIT(2012)

A Indústria Têxtil está sempre evoluindo e com isso aprimorando as técnicas de obtenção e beneficiamento de fibras naturais e, desenvolvimento de novos processos de obtenção de fibras químicas (artificiais e sintéticas). Desenvolve novos processos de acabamento de fios e tecidos visando a melhoria de suas propriedades têxteis e a obtenção de novos resultados estéticos bem como dos requisitos de conforto, qualidade e segurança. Promove o desenvolvimento de novos equipamentos, utilizados em toda a cadeia têxtil, visando o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade

dos produtos e, principalmente, a redução do impacto ambiental decorrente dos processos industriais.

Segundo Araújo e Castro (1984) e Souza (et al, 2010), a cadeia têxtil apresenta os seguintes elos:

- **OBTENÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA**
 - Fibras Naturais: criação de animais, e cultivo de plantas. Pesquisas em melhoramento genético de plantas e animais fornecedores de fibras naturais.
 - Fibras Químicas/ Artificiais e Sintéticas: obtenção de fibras através de processos químicos, que são apresentados no mercado na forma de filamentos contínuos ou fibras cortadas (*staple fibers*). A poliamida pode ser pigmentada no polímero já formado, antes da transformação em filamentos usando-se pigmentos em pó para o polímero em estado sólido, ou, pigmento em pasta líquida no polímero já em fusão. O tingimento na massa permite economias de 20 a 30% no custo do tingimento, mas só para quantidades superiores a 50 ton devido à natureza do processo. Sob o ponto de vista ecológico é um método sustentável por não utilizar água e não produzir efluentes poluidores, contudo sua utilização é bem pequena.
- **FIAÇÃO**

É o processo que transforma as fibras têxteis em fios. O método empregado varia de acordo com a fibra e a qualidade do fio desejado. Distinguem-se a fiação de fibras descontínuas (algodão, lã, linho, cânhamo, juta) e de fibras contínuas (artificiais ou sintéticas). A técnica resume-se em três procedimentos: deixar as fibras paralelas na forma de uma mecha, estirar a mecha até transformá-la num pavio que diminui progressivamente de diâmetro e dar a torção adequada ao fio. A figura 2 mostra insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de fiação.

Figura 2: insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de fiação
Fonte: Bastian, Elza Y. Onishi, 2009

- **TECELAGEM**

Os fios são entrelaçados de forma convencional, usando dois conjuntos de fios, o urdume e a trama para formar os tecidos planos. Antes da tecelagem propriamente dita é preciso preparar os fios de urdume. O entrelaçamento, manual ou mecânico, consiste em passar entre o conjunto de fios de urdume o fio de trama. Esses fios de trama podem ser inseridos por meio de lançadeiras manuais e automáticas, projéteis, pinças fixas e flexíveis, jato de ar ou de água. Os teares podem ser simples, de bordado, de tapeçaria, horizontais, verticais, Jacquard, manuais, mecânicos ou automáticos.

- **MALHARIA**

Constitui-se na construção de tecidos com agulhas, entrelaçando os fios em diversas séries de laçadas (malhas) que se interligam umas com as outras. Há duas formas distintas das laçadas se interligarem, originando dois

tipos diferentes de malharia: de trama e de urdume. A figura 3 apresenta o fluxo de entrada e de saída para os insumos necessários ao processo da malharia.

Figura 3: insumos de entrada e de saída para a etapa do processo da malharia
Fonte: Bastian, Elza Y. Onishi, 2009

- **BENEFICIAMENTO TÊXTIL**

Refere-se ao conjunto de procedimentos químicos e mecânicos empregados para melhorar a apresentação do produto final. Quando saem do tear e antes de receberem tratamento, os tecidos são em geral, sujos, ásperos e pouco atraentes. Existem diversos processos, tais como: alvejamento, tinturaria, estamparia, melhoria das propriedades têxteis e dos aspectos visuais. Para eliminar as impurezas, lavam-se os tecidos, que podem ser também alvejados antes de passarem pelo processo de

tingimento. Finalmente, o produto têxtil recebe a impressão de desenhos ou a aplicação de pigmentos e tintas.

Na figura 4, estão identificados os insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de beneficiamento/ tingimento.

Figura 4: insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de beneficiamento/ tingimento

Fonte: Bastian, Elza Y. Onishi, 2009

A figura 5 apresenta insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de beneficiamento/calandragem, especificamente utilizado em tecidos de malha.

Figura 5: insumos de entrada e de saída (geração) para a etapa do processo de beneficiamento/calandragem

Fonte: Bastian, Elza Y. Onishi, 2009

2.2 A FIBRA DE POLIAMIDA

A Ciência tem permitido inúmeras descobertas importantes, no século XIX, essa caminhada levou ao aparecimento dos polímeros, materiais muito resistentes e duradouros, que facilitaram em muito a obtenção de certos produtos.

Os polímeros podem ter diversos fins, sendo que a obtenção de fibras sintéticas é uma das mais importantes. Destas, a que mais sobressai pelas suas qualidades ímpares é a poliamida.

Segundo Soares (2010), a poliamida é uma fibra têxtil sintética muito importante, visto possuir propriedades vantajosas em relação às fibras têxteis naturais (como por exemplo, o algodão). Destas propriedades destacam-se a facilidade de produção e o baixo custo da matéria-prima, assim como uma ótima resistência ao desgaste; no entanto, apesar de todas as características favoráveis que possui, esta fibra sintética promove considerável impacto ambiental, tanto durante a sua obtenção como depois de obtido o produto, uma vez que pertence à família dos plásticos. A

poliamida, quando descartada em locais impróprios, demora cerca de 400 anos até se degradar na natureza (SOARES et al, 2010).

A poliamida é utilizada na fabricação de diversos produtos, desde velcros, roupas íntimas, biquínis, roupas desportivas, entre outros, mas também em outras áreas da sociedade, como medicina, onde a fibra é o constituinte principal dos fios utilizados em suturas, advindo do fato de ser um material inerte ao organismo e, portanto, não causar reações inflamatórias (GASI, 2010).

A poliamida foi um dos materiais que revolucionou muitos mercados, especialmente o têxtil. Antes da invenção deste polímero, o principal componente das peças de vestuário era o algodão. Em 1925 a Companhia Norte Americana DuPont percebeu que o tratamento do algodão era dispendioso, como tal, era necessário encontrar materiais alternativos mais baratos (SOARES et al, 2010).

Deve-se a Wallace Hume Carothers (1896–1937) a produção da poliamida. Este químico trabalhava no DuPont Experimental Station Laboratory, em Delaware (EUA). Esta empresa foi fundada em 1802 e é conhecida pelo desenvolvimento de inúmeros materiais como lubrificantes e teflon e tem instalações espalhadas por todo o mundo, mais propriamente, nos Estados Unidos da América, na China, no Japão, no Taiwan, na Índia, na Alemanha e na Suíça (GASI, 2010).

Em 1931, Carothers liderou uma equipe de químicos da empresa no desenvolvimento da poliamida. Apesar de terem enfrentado algumas dificuldades conseguiram, em 1935, obter poliamida que foi comercializada, pela primeira vez, em 1939. Para a empresa, a comercialização da poliamida foi um sucesso e, obteve assim um lucro de 33% com a venda de meias femininas. Sendo a síntese da poliamida considerada um dos maiores sucessos da história comercial (SOARES et al, 2010).

Com o passar dos anos, a poliamida foi tendo cada vez mais aplicações. Por exemplo, durante a Segunda Guerra Mundial, a produção deste material destinava-se, desde a produção de paraquedas à produção de coletes à prova de bala. Após a guerra iniciou-se a produção da poliamida para a indústria têxtil (fabricação de camisas, blusas), para a indústria

automobilística (reforço de pneus), para a produção de tapetes, cordas, entre outros (FANTONI, 2012).

A invenção da poliamida permitiu avanços significativos na química e na tecnologia de polímeros, pesquisas elaboradas permitiram alterar vários aspectos das fibras, como a forma, a resistência a determinadas substâncias, a ductilidade, entre outras.

Com tantas qualidades, foi natural a importância que as fibras sintéticas começaram a ter relativamente às naturais junto aos consumidores e às empresas, sobretudo por permitirem a obtenção de maiores lucros por parte das mesmas e ao mesmo tempo uma redução do custo dos produtos, sendo, atualmente, uma das fibras sintéticas mais vendidas juntamente com o poliéster (GASI, 2010).

Atualmente, entre os tipos de poliamida mais consumidas, destacam-se a poliamida 6,6 (75% do consumo norte-americano) e a poliamida 6 (25% do consumo norte-americano) (SOARES et al., 2010).

2.3 PRODUÇÃO DA POLIAMIDA

A poliamida é fabricada a partir de monômeros que derivam do petróleo. O processo de produção engloba três fases fundamentais: na primeira fase é necessário produzir os *chips* de poliamida a partir da matéria-prima em bruto (benzeno e ácido adípico), na segunda, os *chips* sofrem o processo de fusão dando origem a um único filamento de poliamida, em seguida, o polímero é bombeado para as fiéis pela bomba de título (SOARES et al., 2010).

Para a produção de pastilhas de *nylon* é necessário dois reagentes: o ácido adípico e a hexametilenodiamina. Para a obtenção do ácido adípico é necessário o benzeno, que é um subproduto do petróleo. O benzeno é hidrogenado e produz-se ciclo-hexano. Este também pode ser obtido por destilação fraccionada do petróleo. O próximo passo é a oxidação da substância para ciclo-hexanol e ciclo-hexanona, na presença de ar. Logo depois, a mistura é oxidada pelo ácido nítrico, originando ácido adípico (ARAÚJO; CASTRO, 1984; SOARES et al, 2010).

Segundo Soares (et al, 2010), o produto polimerizado é um material extremamente insolúvel e tem de ser fiado e derretido. Em seguida ocorre a pigmentação, onde se adiciona o pigmento da cor desejada ou o dióxido de titânio à cadeia de polimerização seguido de solidificação. Para facilitar o seu uso, a cadeia polimérica da poliamida sofre extrusão a partir do autoclave, formando-se assim um fio fino que posterior ao arrefecimento é facilmente quebrado em *chips*. Quando possível, este processo é omitido e passa-se diretamente para a operação de rotação do polímero líquido.

2.3.1 Fiação

O polímero sólido em forma de *chips* (ou o em estado líquido se a fase de extrusão for omitida) é posto num parafuso de extrusão. A profundidade e o ângulo helicoidal dos tubos são projetados de tal forma a que o derretimento aconteça na secção inicial (na cabeça do parafuso) e o polímero derretido progrida para a seção abaixo sob condições de pressão mais elevadas. O polímero derretido segue para um tanque onde é aquecido uniformemente, antes de entrar numa bomba que analisa o fluxo de líquido que passa por esta e nivela essa taxa (SOARES, 2010; ALCÂNTARA E DALTIM, 1996).

Qualquer método usado para manter o polímero derretido em condições próprias para produção usa uma bomba de mudanças de pressão e temperatura, o que fornece tanto pressões elevadas como uma taxa de fluxo constante.

Em seguida o polímero avança até um filtro, que consiste numa placa de metal num nível superior com pequenos poros, que conduzem o filtrado a pequenos tubos. Estes contêm placas de metal com poros na superfície. A dimensão destes vai diminuindo ao longo do tubo fazendo com que o filtrado vá se tornando cada vez mais puro. Existe outra forma de filtração em que os tubos estão cheios com grãos de areia em que os mais finos estão em baixo, tornando a filtração cada vez mais seletiva.

Depois de ser filtrado o polímero derretido a uma pressão de alguns milhares de libras por polegada ao quadrado é extrudado por pequenos capilares na máquina de altas rotações. É necessário manter a temperatura

do tanque, da bomba, do filtro da máquina de rotação de 20 a 30° C acima do ponto de fusão da poliamida que está entre 255 – 260°C (ALFIERI, 2008). As fibras que têm a estrutura desejada podem ser produzidas pelas fieiras selecionadas que contêm buracos com configuração apropriada para o efeito.

O processo de produção da poliamida requer que as fibras extrudadas emergjam da fieira e prossigam para um tanque de arrefecimento onde uma corrente de ar frio (20oC) rapidamente solidifica o polímero. O sólido segue para uma chaminé onde arrefecem mais e um lubrificante é aplicado antes da poliamida entrar em contato com as roldanas para reduzir a fricção. O fio formado pela fieira é enrolado e depois segue para a fase seguinte do processo de produção (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

2.3.2 Estiragem

Após ocorrer o enrolamento, o filamento de poliamida pode ainda ser esticado entre 4 a 7 vezes o seu tamanho, mantendo a sua resistência. A fase que se segue consiste na estiragem a frio, onde o filamento é transferido a uma taxa controlada sobre baixa tensão. Depois esse filamento de poliamida passa por uma roldana que determina a taxa de quantidade deste polímero que passa para a próxima etapa. Esta roldana também previne escorregamentos do fio de poliamida. A seguir o filamento é enrolado e segue para uma segunda roldana que tem uma velocidade giratória superior à anterior que determina a quantidade de estiragem desejada. O fio de poliamida pode ficar esticado em até 400% do comprimento original.

As moléculas longas presentes no nylon 6,6 ao saírem da fieira tendem a formar estruturas cristalinas de dimensões moleculares, enquanto os polímeros solidificam na forma de fibras recém criadas. Na operação de estiragem ambas as estruturas ordenadas e as áreas amorfas tendem a orientar-se de tal forma a que as moléculas longas fiquem paralelas ao eixo da fibra e facilita-se o processo de criação de pontes de hidrogênio. É esta orientação e existência de pontes de hidrogênio que permite à fibra com baixa resistência tornar-se numa fibra bastante resistente.

Controlando a quantidade e as condições de estiragem, processo no qual as moléculas do polímero ficam paralelas ao eixo da fibra, é possível

variar a quantidade de cristalização e o seu grau de estiragem. O grau de cristalização varia conforme o produto final desejado. Para aplicações têxteis é pretendido um baixo nível de cristalização, pois é desejado um alongamento considerável e um baixo grau de resistência do material, tendo em conta que as roupas devem ser produzidas a partir de materiais maleáveis e flexíveis. Por outro lado, para aplicações técnicas, pode haver uma maior cristalização, favorecendo-se então a resistência do produto como, por exemplo, cordas para transporte de carga pesada. A figura 6 ilustra as etapas da fabricação das fibras de poliamida.

Figura 6: Esquema ilustrativo da produção da POLIAMIDA 6.6
Fonte: Veiga, Eduarda

2.4 PRODUÇÃO DE POLIAMIDA NO BRASIL

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas (2013), desde o final da década de 60 são produzidas no Brasil, praticamente, todos os tipos de fibras sintéticas (poliamida,

poliéster, acrílico, elastoméricas e olefínicas) com nível de qualidade e preços, para uma considerável parcela dessas fibras, comparável às disponíveis no mercado internacional. O setor têxtil é responsável por uma produção, entre fibras e multifilamentos artificiais e sintéticos, superior a 380 mil toneladas/ano, que representam cerca de 40% do consumo industrial do País. Esta produção resulta em um faturamento anual de US\$ 1,06 bilhão e gera empregos diretos para cerca de 9.000 pessoas.

O setor de fibras artificiais e sintéticas integra o chamado "complexo petroquímico-têxtil" se caracteriza como um setor industrial intensivo na utilização de capital e matéria-prima, o que torna suas empresas altamente dependentes de frequentes investimentos em pesquisa e modernização, como forma de aumentar a eficácia de suas operações industriais, reduzir seus custos e assegurar a sua competitividade internacional (ABRAFAS, 2013).

No último decênio encerrado em 2009, o consumo interno de fibras sintéticas apresentou dois períodos distintos (ASIS, 2011).

i) Entre 2000 e 2004, o consumo de fibras cresceu em média de 4% ao ano, passando de 592 mil toneladas, em 2000, para 690 mil toneladas em 2004 (maior resultado de toda a série histórica);

ii) O segundo período, por sua vez, foi marcado pela retomada do crescimento do consumo, entre 2005 e 2008, e queda na demanda em 2009, em decorrência dos efeitos da crise global sobre a economia doméstica.

De acordo com informações da Associação Brasileira de Indústria Têxtil e Confecções (ABIT, 2010), o poliéster foi a fibra sintética mais consumida em 2009, com participação de 66% (404 mil toneladas) na demanda total do segmento. Já a poliamida registrou participação de 12% no consumo total de fibras sintéticas pela indústria têxtil, em 2009 (ASIS, 2011).

Em 2009, o comércio internacional de têxteis e vestuário movimentou um total de US\$ 526,7 bilhões. Deste total, US\$ 211,1 bilhões foram de produtos têxteis. O maior produtor mundial têxtil foi a China (48,8%), seguida pela Índia (8,1%). O Brasil ocupou o 5º lugar na produção de têxteis.

Em 2009, a China foi o maior exportador de produtos têxteis e vestuário, com participação de 30,1% no total do mercado mundial (COTAÇÕES BOVESPA, 2011).

As projeções Lafis, empresa privada que fornece dados do mercado financeiro, macroeconômicos e dos setores da economia, utilizando tecnologia da informação de última geração indicam que, no biênio 2013–2014, o setor têxtil apresentará aumento no faturamento em reais de 6,0% e 6,5%, respectivamente. O incremento da produção é uma resposta às necessidades do mercado brasileiro, em especial em fios têxteis texturizados e fios de alta tenacidade (COTAÇÕES BOVESPA, 2011).

A Rhodia, empresa do grupo Solvay, em dezembro de 2012 comunicou a ampliação em 20% da produção de filamentos de poliamida para aplicações têxteis e industriais. Este aumento da produção, que está acontecendo em etapas, visa até o final de 2013, incluir a utilização de máquinas e equipamentos instalados na unidade industrial da empresa Tork (ex–Ledervin), em Osasco (SP), conforme acordo assinado entre as duas empresas (SCARAMUZZO, 2012). Segundo o presidente da Rhodia Fibras, Francisco Ferraroli, a intenção deste projeto é contribuir para o crescimento da indústria nacional na área de poliamida 6.6, que enfrenta atualmente um ambiente de negócios extremamente competitivo.

2.5 PRODUÇÃO DE POLIAMIDA NO MUNDO

Basicamente, a indústria de fibras químicas mundial, especialmente as sintéticas, está espacialmente distribuída em duas grandes regiões produtoras: o Extremo Oriente e o eixo Europa–América do Norte. No primeiro caso, os países da região optaram por se especializar na produção, em larga escala mundial, de fibras químicas do tipo *commodity* – basicamente sintéticas, com predominância do poliéster – de domínio universal. No segundo caso, os países vêm promovendo, dada a concentração da produção competitiva de *commodities* na Ásia, o deslocamento da produção para as denominadas especialidades, isto é, produtos caracterizados por alta diferenciação, baixa escala de produção e

alta lucratividade, defendidos por patentes e que incorporam altos desenvolvimentos de tecnologia (BARBOSA, 2004).

Os principais produtores asiáticos são China, Taiwan, Coréia do Sul, Hong Kong e Cingapura. Suas empresas evoluíram rapidamente de meras montadoras e fornecedoras especializadas, localizadas em zonas de processamento de exportação (ZPEs), para grandes grupos empresariais globais com tecnologia, marca, sistemas de distribuição e financiamento. Em outras palavras, passaram de empresas subordinadas às estratégias das principais empresas do mundo desenvolvido, inserindo-se nos espaços por elas franqueados em suas cadeias produtivas, para uma posição de alta capacitação na coordenação e integração de complexas redes de produção, tecnologia, comercialização, distribuição, comércio e finanças (BARBOSA, 2004).

Na criação dessas complexas redes, além do processo de aprendizagem que possibilitou tomar conhecimento das preferências dos consumidores, dos critérios de estabelecimento de preços, de qualidade e entrega em nível internacional, destacam-se como principais características dessas empresas a elevada concentração, a coordenação e a integração de todos os elos da cadeia produtiva, desde o processo de refino da matéria-prima básica (craqueamento da nafta), passando pelos processos petroquímicos e a produção de fibras e fios, até as aplicações têxteis finais (tecelagem e confecção) e/ou industriais. Suas unidades produtivas, incluindo as instalações de fibras e fios, puderam, assim, adquirir grande porte, com ganhos significativos em termos de economias de escala, tornando-as altamente competitivas em nível mundial (BARBOSA, 2004).

2.6 MALHARIA

A estrutura e geometria dos artigos de malha diferenciam-se substancialmente dos tecidos de tecelagem, em que os fios de trama e urdume entrelaçam-se formando uma armação bastante rígida. Na malha, ao contrário, um fio assume a forma de laçadas as quais passam por dentro das laçadas de outro fio e assim sucessivamente.

Essas laçadas (ou malhas) de formato senoidal sustentam-se entre si e são livres para moverem-se umas sobre as outras quando submetidas à tensão, seja no sentido da largura ou no sentido do comprimento do artigo. Essa propriedade caracteriza a “flexibilidade” ou a “capacidade de modelagem” dos artigos de malha, o que permite excelente adaptabilidade aos movimentos do corpo humano (SOUZA, 2010; TREMELLONI e CERIANE, 1982 apud VASCONCELOS, 2012).

Os artigos de malha apresentam boa capacidade de “recuperação elástica”, uma vez retirada do corpo recupera o seu formato inicial, total ou parcialmente. A figura 7 ilustra o tecido de malha em “repouso” e sua flexibilidade horizontal e vertical.

Figura 7: Propriedades do tecido de malha.
Fonte: SOUZA (2010)

Outra característica importante dos artigos de malha é a “porosidade” que está diretamente relacionada com conforto fisiológico térmico. Em temperaturas elevadas, a transpiração é facilitada, permitindo ao suor a evaporação pelos espaços existente no artigo. Em baixas temperaturas, a porosidade aliada ao aspecto volumoso com que são constituídos os produtos de malha para inverno, permite formar dentro do artigo, um colchão de ar que atua como isolante térmico, dificultando a perda do calor do corpo para o meio ambiente (SOUZA, 2010; BARIBIERI, 2010).

A figura 8 mostra a interação dos tecidos de malha com o meio ambiente:

Figura 8: Interação dos Tecidos de Malha com o Meio Ambiente.
Fonte: SOUZA (2010)

As propriedades citadas variam de acordo com alguns parâmetros, como a fibra utilizada; o fio utilizado (título, torção, fiação, texturização); o tipo de contextura da malha; a máquina utilizada.

Segundo Souza (2010) e Gasi (et al, 2010) os tecidos de malha possuem as seguintes características e propriedades:

- Elasticidade e Flexibilidade: os artigos de malha adaptam-se ao movimento do corpo;
- Facilidade de Fabricação: com exceção da malharia de urdume, não necessita de urdideira;
- Variedade de Contexturas: pode-se obter facilmente, variadas contexturas de características bem diferentes uma das outras, muitas vezes com pequenas alterações;
- Conforto fisiológico: Conforme o esquema já apresentado na figura 9.

Segundo Andrade Filho e Santos (1987), a malha, ao contrário do tecido plano onde o fio de trama se entrelaça num ângulo de 90º com o fio de urdume, o fio assume a forma de uma laçada, passando por dentro de outras laçadas e assim sucessivamente. Existem duas maneiras dessas laçadas serem formadas e de se ligarem, formando o tecido. Esses dois processos são: a malharia de trama e a de urdume.

A fabricação da malha de trama ocorre por meio do processo em que pelo menos um fio de trama é transformado em malha. Durante o processo de tricotagem, o fio da trama é frisado de maneira a formar uma linha horizontal de laçadas a que se dá o nome de carreira (SOUZA, 2010; Ribeiro, 1984).

Cada carreira interlaça-se com a fileira inferior e com a superior, resultando no tecido de malhas de trama. A figura 09 ilustra o tipo de estrutura fabricado.

Figura 9: Estruturas dos Tecidos de Malha de Trama e Malha de Urdume
Fonte: ANDRADE E SANTOS (1987)

Chama-se malha de urdume a todo o tecido produzido por processos de fabricação dos quais os fios provenientes de pelo menos um fio de urdume são transformados em tecido de malha. Durante o processo de tricotagem cada um dos fios do urdume é frisado de maneira a formar uma linha vertical ou diagonal de laçadas a que se dá o nome de coluna. Cada coluna interlaça-se com outras colunas adjacentes para formar o tecido. A diferença fundamental entre os dois métodos de tricotagem é que para produzir malha de urdume, cada uma das agulhas do tear é alimentada pelo seu próprio fio (pelo menos um) enquanto que para produzir malha de trama basta um só fio para alimentar todas as agulhas do tear (ANDRADE; SANTOS 1987).

2.7 SUSTENTABILIDADE

Segundo Leff (2005 apud MENDES, 2009) o Desenvolvimento Sustentável surgiu nas últimas décadas do século XX, para traduzir várias ideias e preocupações devido à gravidade dos problemas que causam riscos às condições de vida no planeta. Uma das primeiras organizações a apontar os riscos do crescimento econômico contínuo foi o Clube de Roma em 1972. Neste mesmo ano, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a Conferência de Estocolmo, que abordou problemas ambientais decorrentes da poluição atmosférica, crescimento populacional e crescimento versus desenvolvimento. Em 1974, surgiu a proposta do ecodesenvolvimento, formulada por intelectuais como Sachs, Leff e Strong, que incorpora, além das questões econômicas e sociais; as questões culturais, políticas e ambientais, à noção de desenvolvimento.

O termo 'sustentável' aparece pela primeira vez no informe das Nações Unidas: Nosso Futuro Comum (Comissão Mundial sobre o meio ambiente e desenvolvimento, 1991), conhecido como informe Brundtland em 1987(CHUM, 2010; MENDES 2009; IBICT 2014). Neste documento foram colocadas discussões e propostas para tentar equilibrar o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental. Este relatório define o Desenvolvimento Sustentável como o desenvolvimento que permite satisfazer

as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades (MENDES, 2009).

O relatório Brundtland destaca três componentes fundamentais para o desenvolvimento sustentável: proteção ambiental, crescimento econômico e equidade social (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1988 appud Maia; Pires, 2011), de onde surge o que Elkingdon (1999) denominou como *triple bottom line*, uma ferramenta importante na tomada de decisões organizacionais baseada em três pilares norteadores: as pessoas que aborda o capital humano de uma sociedade ou organização, o planeta relacionado com o capital natural da sociedade ou da organização e, o lucro que trata dos resultados econômicos positivos da organização. Estes três pilares norteadores de decisões e ações relacionadas a gestão organizacional, permitem a aproximação do conceito de responsabilidade social corporativa do conceito da sustentabilidade (MAIA; PIRES, 2011).

A figura 10 representa as dimensões da sustentabilidade corporativa segundo a abordagem do Triple Bottom Line de Elkingdon (1999).

Figura 10: Dimensões da Sustentabilidade – *Triple Bottom Line* de Elkingdon (1999).

Fonte: CHUM, 2011.

Segundo Manzini e Vezzoli (2008), esse conceito de desenvolvimento sustentável foi a base da conferência UNCED (*United Nations Conference on Environment and Development*), que se desenvolveu no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Rio 92. Nesta conferência foram discutidas questões como o desenvolvimento socioeconômico e os impactos no meio ambiente e foi elaborada a Agenda 21, documento que apresenta um programa de ações com o objetivo de atingir o DS (CHUM, 2010).

Silva (et al, 2012) aponta para a abordagem pluridimensional do conceito de sustentabilidade de Sachs (1996), que apresenta diretrizes para a busca de soluções para o sistema como um todo, interrelacionando demandas de aspecto ambiental, social, econômico, geográfico ou espaço-territorial, político e cultural. É uma transdimensionalidade que releva as necessidades básicas advindas das práticas geográficas de um determinado grupo social ou nas diferentes escalas geográficas.

A figura 11 apresenta as cinco dimensões de Sachs (1996).

Figura 11: Dimensões da Sustentabilidade
Fonte: ELKINGTON (1997) apud CHUM, 2011.

Outra grande contribuição de Ignacy Sachs (2002), se deu por meio do estabelecimento de oito requisitos a serem considerados nas dimensões da sustentabilidade, apresentadas a seguir: a dimensão social propõe homogeneidade social, distribuição de renda justa, qualidade de vida e igualdade social; a cultural sugere equilíbrio, tradição e inovação, autonomia na elaboração de projetos nacionais integrados e a combinação entre confiança e abertura para o mundo; a ecológica propõe a preservação do capital natural e a limitação no uso desses recursos; a ambiental engloba o respeito aos ecossistemas naturais; a territorial trata do equilíbrio entre as configurações urbanas e rurais, da melhoria do ambiente urbano e das estratégias de desenvolvimento de regiões; a econômica aborda o equilíbrio econômico entre setores, a segurança alimentar, a modernização dos meios produtivos, a realização de pesquisas científicas e tecnológicas e a inserção na economia internacional; a dimensão política nacional envolve a democracia, os direitos humanos e a implantação de projetos nacionais em parceria com os empreendedores; por fim, a dimensão política internacional trata da promoção da paz e da cooperação internacional, do controle financeiro internacional, da gestão da diversidade natural e cultural e da cooperação científica e tecnológica (MAIA; PIRES, 2011; LAMIN-GUEDES, 2013).

Maia (2011) ressalta que a abordagem de Sachs (2002) sobre as oito dimensões da sustentabilidade evidencia os elementos envolvidos e afetados pelas interações que existem em um contexto de desenvolvimento territorial ou regional, contudo os critérios abordados pelas dimensões não ficam claros na perspectiva organizacional.

“ Como exemplo, destaca-se o critério que trata da distribuição de renda justa, encontrado dentro da dimensão social, mas que poderia estar contemplado não somente, mas principalmente, na dimensão econômica, ou, ainda, critério da segurança alimentar, que se encontra dentro da dimensão econômica, mas que poderia compor, principalmente, a dimensão social e/ou política.” (MAIA, 2011)

Estas dimensões refletem a leitura que Sachs faz do desenvolvimento a partir de uma nova proposta, como estratégia alternativa à ordem econômica internacional, enfatizando a importância de modelos locais

baseados em tecnologias apropriadas, buscando reduzir a dependência técnica e cultural (JACOBI, 1999 apud MAIA,2011).

As oito dimensões da sustentabilidade propostas por Sachs (2002) permitem visualizar os elementos envolvidos e afetados pelas interações existentes em um contexto de desenvolvimento territorial ou regional, mas, na perspectiva organizacional, os critérios abordados pelas dimensões não são claros. Como exemplo, destaca-se o critério que trata da distribuição de renda justa, encontrado dentro da dimensão social, mas que poderia estar contemplado não somente, mas principalmente, na dimensão econômica, ou, ainda, o critério da segurança alimentar, que se encontra dentro da dimensão econômica, mas que poderia compor, principalmente, a dimensão social e/ou política.

A figura 12 apresenta as dimensões da sustentabilidade sob a abordagem de Sachs, 2002 – socialmente justo, economicamente viável, ambientalmente correto, culturalmente diverso e, territorialmente equilibrada (SILVA M.H.,2011).

Figura 12 : Dimensões da Sustentabilidade Sachs, 2002.

Fonte: SILVA M.H., 2011

A proposta do pensamento do ciclo de vida (do inglês *Life Cycle Thinking* (LCT) considera todo o ciclo do produto e permite a correlação das dimensões do *Triple Bottom Line* (TBL) nas organizações (CHUM, 2010).

Ciegis, Ramanauskiene e Martinkus (2009) apresentam uma classificação em categorias de debate sobre a sustentabilidade, divididas em: conceitual, que foca a origem etimológica do termo; contextual, que discute a posição institucional relacionada aos consensos internacionais; acadêmica, que inclui propostas teóricas, conceituais e metodológicas; e, finalmente, a categoria geopolítica, que discute a distinção do conceito de desenvolvimento entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos (MAIA, 2011).

Em 2007, o *United Nations Environment Programme* (UNEP) propõe que o Desenvolvimento Sustentável deveria melhorar a qualidade de vida dos indivíduos sem comprometer os recursos naturais além da sua capacidade, num esforço investido pelas empresas, governos e pessoas, mudando comportamentos de consumo e produção, definindo políticas e melhorando a qualidade de vida. É necessário encontrar maneiras inovadoras que sejam rentáveis e ao mesmo tempo melhorem a atuação dos processos e dos serviços na produção, o que equivale dizer que é necessário expandir o tradicional foco econômico para as dimensões ambiental e social com vistas a atender a um negócio sustentável, e procurar alternativas para atingir uma produção mais limpa e um futuro ambientalmente promissor (CHUM 2010, UNEP; SETAC, 2007 apud IBICT, 2014).

As diferentes compreensões desses critérios ocorrem em razão das interpretações que envolvem os estudos da sustentabilidade, não sendo, portanto, uma questão de definir o certo e o errado (MAIA; PIRES, 2011).

2.8 LEGISLAÇÃO

No Brasil, as leis voltadas para a conservação ambiental começaram a partir de 1981, com a lei que criou a Política Nacional do Meio Ambiente. Posteriormente, novas leis foram promulgadas, vindo a formar um sistema bastante completo de proteção ambiental.

A figura 13 apresenta o esquema estrutural do Sistema Jurídico Ambiental Brasileiro.

Figura 13: Sistema Jurídico Ambiental Brasileiro
Fonte: Moraes (2004 apud RIBEIRO R.R., 2012)

Segundo o Ministério do Meio Ambiente – SECTMA/CPRH¹ (2003), o Sistema Jurídico Ambiental Brasileiro é o conjunto de normas jurídicas que se destinam a disciplinar a atividade humana, para torná-la compatível com a proteção do meio ambiente. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio – econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (art. 2º, da Lei Federal nº 6.938/81). Encontra seu conteúdo normativo destacado no Capítulo VI, da Constituição Federal de 1988, em seu único artigo – art. 225 com seus Parágrafos e incisos, afirma que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo – se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Ao elencar os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, a referida Lei Federal nº 6.938/81arrola, dentre eles (art.9º) o estudo de impacto ambiental, o zoneamento ambiental e, o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

A discussão do Desenvolvimento Sustentável (DS) por diversos atores, como organizações, governos e sociedade, geram entendimentos divergentes pois interpretações ou aplicações tendem ao interesse de cada ator. Para as organizações, os esforços ainda se concentram no desempenho econômico–financeiro. Os governos e instituições relacionadas procuram elaborar leis e normas que permitam controlar ou regular os impactos que as atividades das organizações e da sociedade promovem. E, no caso da sociedade, há uma busca pela preservação das tradições culturais, pela inclusão social, pela qualidade de vida e o bem–estar, assim como pelo respeito aos direitos humanos (CHUM, 2010).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria – CNI (2014a; 2014b), é fundamental garantir eficácia, objetividade e clareza na regulamentação das leis ambientais e na divisão de competências entre os entes federados, exigindo normas estáveis e de fácil compreensão e aplicação, que garantam condições favoráveis para o desenvolvimento sustentável do País, em que pese a adequação às especificidades regionais, respeitando a autonomia federativa que é

¹SECTMA/CPRH– Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente.

fundamental para que não haja distorções que afetem a equidade e criem desequilíbrios quanto à competitividade (ZONATTI et al, 2015).

Nesse contexto é criada, com a necessidade em regulamentar a gestão de resíduos sólidos e, a Lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que veio facilitar o gerenciamento dos resíduos sólidos nos diferentes segmentos (PINHEIRO; FRANCISCO, 2013).

A lei apresenta avanços no gerenciamento dos resíduos sólidos no país e tem como intuito estabelecer metas para viabilizar processos que agreguem valor aos rejeitos, aumentando a capacidade competitiva do setor produtivo. Nos parâmetros definidos por essa legislação, se destaca a valorização de tecnologias que possibilitem o uso adequado de novas alternativas para a indústria e o reconhecimento dos resíduos sólidos – reutilizáveis e recicláveis (FONSECA; CAMPOS, 2012 apud Pinheiro; Francisco, 2013; ZONATTI et al, 2015).

Segundo Zonatti (et al, 2015), a partir daí o lixo recebe as designações de resíduos, que tem potencial para ser reutilizados, por meio do reaproveitamento ou reciclagem; e rejeito, sem possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem. Esta Lei dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Sujeitam-se a observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2010 apud ZONATTI et al, 2015), o objetivo dessa lei é a não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos. Apontou também propostas para a redução do uso dos recursos naturais (água e energia, por exemplo) no processo de produção de novos produtos, a intensificação de ações de educação ambiental, o aumento da reciclagem no País, a promoção da inclusão social e a geração de emprego e renda de catadores de materiais recicláveis. Isso será feito a partir da responsabilidade coletiva pela geração e manutenção dos resíduos sólidos na sociedade, inserindo instrumentos que possibilitem a redução de uso de recursos e de disposição desses resíduos por meio da mudança de consciência trazida pela educação ambiental e

reaproveitamento e reciclagem dos resíduos. Exigirá uma ação conjunta da sociedade civil, governo e empresas, assim como uma articulação intermunicipal.

De acordo com a CNI/ABIT (2012) a indústria têxtil e de confecção nacional está sujeita a sete Leis e Resoluções Federais relacionadas a práticas ambientais, são elas:

Resolução Conama nº 357/2005 – Classificação dos corpos de água; condições e padrões de lançamentos de efluentes. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Lei nº 6.938/1981 – Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Objetiva a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida, visando assegurar no país condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Esta lei define a cadeia têxtil e de confecção como atividade potencialmente poluidora de grau médio e o objetivo é diminuir o impacto ambiental em até 10 anos pelos investimentos no setor com tecnologia moderna e sempre limpa.

Lei nº 10.165/2000 – Implantação de taxas ligadas à Política Nacional do Meio Ambiente. A cadeia têxtil e de confecção é passível de taxação com índice médio de atividade potencialmente poluidora. O sujeito passivo da TCFA – Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental é obrigado a entregar, até o dia 31 de março de cada ano, relatório das atividades exercidas no ano anterior, para o fim de colaborar com os procedimentos de controle e fiscalização. “O descumprimento da providência sujeita o infrator a multa equivalente a vinte por cento da TCFA devida, sem prejuízo da exigência desta” (NR).

Resolução Conama nº 313/2002 – Destino de resíduos sólidos industriais. Esta resolução disciplina a reciclagem e apresenta perspectiva muito positiva para o destino correto do lodo, inclusive existem projetos práticos nesse sentido, bem como para os retalhos têxteis provenientes da confecção.

Lei nº 9.984/2000 – Política Nacional dos Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento. Esta lei representa para a cadeia têxtil o início das atividades da ANA – Agência Nacional de Águas – e seu relacionamento com o Ministério do Meio Ambiente – MMA, advindo consequências diretas para a cadeia têxtil e de confecção, como, por exemplo, a busca de indicadores do consumo da água nos

diversos elos de produção do setor, bem como a sinalização para constante reavaliação dos mesmos visando à redução e ao reuso dos recursos hídricos.

Lei nº 4.771/65 – Código Florestal. Uma nova lei está sendo discutida atualmente no Congresso Nacional e afeta o setor têxtil e de confecção principalmente em relação ao possível abastecimento de lenha e à localização de novas empresas em função da presença de cursos de água. A indústria têxtil foi responsável em 2010 pelo consumo de 300 mil toneladas de lenha. A lenha obtida de florestas plantadas e certificadas ainda é considerada uma importante fonte de energia para alimentação de caldeiras e representa 7% do consumo de fontes energéticas para o setor têxtil (EPE, 2010).

Resolução Conama nº 237/1997 – Licenciamento ambiental incorporado aos instrumentos de gestão ambiental. Entre as atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental que afetam direta ou indiretamente a cadeia têxtil estão:

- Indústria química: fabricação de resinas e de fibras e fios artificiais e sintéticos.
- Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos de tecidos: beneficiamento de fibras têxteis, vegetais, de origem animal e sintético; fabricação e acabamento de fios e tecidos; tingimento e estamparia.

2.8.1 Normas ambientais

No início da década de 1990, as organizações responsáveis pela padronização e normalização, notadamente aquelas localizadas nos países industrializados, começaram a atender as demandas da sociedade e as exigências do mercado, no sentido de sistematizar procedimentos pelas empresas que refletissem suas preocupações com a qualidade ambiental e com a conservação dos recursos naturais.

Esses procedimentos materializaram-se por meio da criação e desenvolvimento de Sistemas de Gestão Ambiental destinados a orientar as empresas a adequarem-se a determinadas normas de aceitação e reconhecimento geral, configurando-se como importantes componentes nas estratégias empresariais (NICOLELLA et al, 2004).

A Europa deu os primeiros passos neste sentido, destacando-se o Reino Unido, que por meio do *BRITISH STANDARD INSTITUTION* – BSI, criou, em 1992, a

BS 7750 – um conjunto de normas compondo um sistema de gestão ambiental aplicável às empresas daquele país.

A Comunidade Europeia, em 1994, também criou uma legislação própria para os países membros, estabelecendo normas para a concepção e implantação de um sistema de gestão ambiental, como parte de um sistema de gerenciamento ecológico e plano de auditoria, conhecido pelo nome de EMAS – *ECO MANAGEMENT AND AUDIT SCHEME*. A *CANADIAN STANDARD ASSOCIATION* padronizou procedimentos para a implantação de sistema de gestão ambiental e para a obtenção de rotulagem ecológica dos produtos. Estados Unidos, Alemanha e Japão adotaram normas para a rotulagem ambiental de produtos (Reis, 1995 apud Nicolella, 2004).

Com a ampla aceitação internacional da norma Série ISO 9000 – Sistema de Gestão da Qualidade – e a proliferação de normas ambientais em todo o mundo, a *INTERNATIONAL ORGANIZATION for STANDARDIZATION* – ISO iniciou levantamentos para verificar a necessidade de normas internacionais aplicáveis à gestão ambiental, o que culminou na criação da norma Série ISO 14001 (REIS, 1995 apud NICOLELLA et al, 2004).

Assim como a BS 7750 e a EMAS, a Série ISO 14001 é também uma norma de uso voluntário, que orienta a criação e implantação de um sistema de gestão ambiental em nível empresarial, sendo a única norma internacional de amplo aceite e aplicação voltada para sistemas de gestão ambiental. Para a obtenção da certificação Série ISO 14000, às semelhanças das demais normas isso, as empresas necessitam passar por etapas formais de implantação, as quais são aferidas por meio de auditorias externas (ANDRADE, 2000 apud NICOLELLA et al., 2004).

As normas da Série ISO 14000 foram desenvolvidas pelo Comitê Técnico 207 da *INTERNATIONAL ORGANIZATION for STANDARDIZATION* – ISO –TC 207 (NICOLELLA et al., 2004), seu correspondente na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental, o CB-38 (FIESP/DMA, 2015). Segundo a FIESP/ Departamento de Meio Ambiente (2015), a Organização Internacional de Normalização (ISO, *International Organization for Standardization*) reúne organizações de normalização de mais de 100 países do mundo, entre os quais o Brasil, representado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Essa série de normas fornece ferramentas para

estabelecer um padrão de Sistema de Gestão Ambiental, que abrange seis áreas bem definidas:

- Sistemas de Gestão Ambiental (Série ISO 14001 e 14004)
- Auditorias Ambientais (ISO 14010, 14011, 14012 e 14015),
- Rotulagem Ambiental (Série ISO 14020, 14021, 14021 e 14025),
- Avaliação de Desempenho Ambiental (Série ISO 14031 e 14032),
- Avaliação do Ciclo de Vida de Produto (Série ISO 14040, 14041, 14042 e 14043) e,
- Termos e Definições (Série ISO 14050).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) oficializou as NBR ISO: a) 14001; b) 14004; c) 14010; d) 14011 e, e) 14040. Destas, a NBR Série ISO 14001/1996 – Requisitos com orientações para uso trata dos requisitos para implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), sendo passível de aplicação em qualquer tipo e tamanho de empresa (Silva et al., 2003 apud NICOLELLA et al, 2004; FIESP/ Departamento de Meio Ambiente, 2015). Especifica as principais exigências para a implantação e adoção de um sistema de gestão ambiental, orientando a empresa na elaboração da política ambiental e no estabelecimento de estratégias, objetivos e metas, levando em consideração os impactos ambientais significativos e a legislação ambiental em vigor no país (ISO,1996 apud NICOLELLA et al, 2004).

O princípio básico de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é o ciclo Planejar, Executar, Verificar e Agir (PDCA, plan, do, check, action), que permite que as organizações busquem a melhoria contínua de seu sistema de gestão (FIESP/ Departamento de meio Ambiente, 2015).

O SGA implementado segundo a ISO 14001 permite obter certificação após auditoria por organismo acreditado. Para muitas empresas, é uma questão de demanda de mercado, pois demonstra seu comprometimento com práticas sustentáveis e padrões internacionais de gestão ambiental (ISO 9001 apud FIESP/ Departamento de meio Ambiente, 2015).

Iniciado em 2012, o processo de revisão da norma ISO 14001, teve como base o documento elaborado pela ISO, chamado Anexo SL, que fornece uma estrutura única para todas as normas de Sistema de Gestão. Esta estrutura comum permite maior harmonização e simplifica a integração entre todas as normas de Sistema de Gestão. Também foram utilizados os resultados do estudo da ISO/TC

207 SC 1 – *Future Challenges* for sem (Desafios futuros para os Sistemas de Gestão Ambiental (FIESP/ Departamento de meio Ambiente, 2015).

A Tabela 1 apresenta a comparação entre a estrutura do Anexo SL e da ISO 14001:2004.

Tabela 1: Comparação entre a estrutura do anexo SL e da 1400:2004.

Estrutura de Alto Nível – Anexo SL	Estrutura ISO 14001:2004
Introdução	Introdução
1. Escopo	1. Escopo
2. Referências Normativas	2. Referências Normativas
3. Termos e definições	3. Termos e definições
4. Contexto da organização	–
5. Liderança	–
6. Planejamento	–
7. Apoio	–
8. Operação	–
9. Avaliação de desempenho	–
10. Melhoria	–

Fonte: FIESP/ Departamento de meio Ambiente (2015)

Esta série de normas apresenta diretrizes para Auditorias Ambientais, Avaliação do Desempenho Ambiental, Rotulagem Ambiental e Análise do Ciclo de Vida dos Produtos. Ou seja, especifica os requisitos relativos a um sistema de gestão ambiental, de modo a permitir que a organização formule políticas e objetivos que levem em conta os requisitos legais e as informações referentes aos impactos ambientais significativos. A finalidade desta série de normas é equilibrar a proteção ambiental e a prevenção de poluição com as necessidades sociais e econômicas.

2.9 CICLO DE VIDA DO PRODUTO

Segundo Kotler (2006 apud REIS, 2007), um produto é considerado qualquer artigo que tenha como objetivo satisfazer uma necessidade específica de um consumidor.

O ciclo de vida engloba todas as atividades necessárias para que o produto venha a existir, desde a escolha das matérias-primas, fabricação, utilização, manutenção e descarte final (FERREIRA, 2004, apud REFOSCO, 2012).

A definição de ciclo de vida está ligada diretamente a uma visão sistêmica dos *inputs* e *outputs* entre o ambiente e os processos necessários para a fabricação de determinado produto, desde a extração dos recursos até a energia gasta, desde a sua concepção até seu descarte com o objetivo de avaliar as consequências ambientais, econômicas e sociais (REFOSCO, 2012).

O conceito de ciclo de vida do produto (CVP) surge uma vez que o mercado, os consumidores e os concorrentes estão em constante mudança, exigindo estratégia de posicionamento e diferenciação das empresas para garantir seu sucesso através do gerenciamento do volume do investimento em cada etapa do ciclo de vida (REIS, 2007).

Kazazian (2009 apud REIS, 2007), assim como Vezzoli (2008 apud REIS 2007), apontam para os cuidados desde o início do ciclo na extração das matérias-primas, no processo de fabricação, na distribuição, na utilização e, por último, na valorização do produto com particular enfoque nos *inputs* que são as matérias e a energia necessária ao processo e nos *outputs* que são os resíduos em suas diferentes formas. Manzini & Vezzoli (2008) também apontam para a integração de todos os aspectos de desenvolvimento do produto: design, gestão e marketing

Para Manzini (apud RECH & SOUZA, 2009 apud REFOSCO, 2012) as premissas a que devem subordinar-se os novos conceitos associados aos projetos de Design de moda são: projetos de produtos ou serviços que substituam os convencionais; que sejam sustentáveis em todo seu processo; que proponham um estilo de vida sustentável; que sejam um redesenho ambiental do existente; que sejam amplamente estudados quanto à sua viabilidade econômica, social e técnica.

Manzini & Vezzoli (2008) afirmam que para um produto ser considerado ecoeficiente não basta satisfazer as necessidades ambientais, como deve responder coerentemente aos requisitos de um tradicional projeto de produto (requisitos econômicos, tecnológicos, legislativos, culturais, estéticos e de prestação de serviços) e deve integrar as estratégias do *Life Cycle Design* (LCD), que são: minimização dos recursos (matérias e energia); utilização de recursos e processos que ocasionem baixo impacto ambiental; otimização da vida do produto; extensão da vida dos materiais (valorização e reutilização de materiais descartados); e, facilidade para serem desmontados. É preciso cautela para, na prática, não eleger estratégias que sejam conflitantes.

O LCD é uma definição dada por Manzini & Vezzoli (2008, apud REFOSCO, 2012) que têm por finalidade a minimização da carga ambiental relacionada ao ciclo de vida do produto considerando todas as fases do desenvolvimento de um produto e as respectivas trocas com o ambiente.

Dessa forma, os métodos para o desenvolvimento de um produto sustentável devem estar associados ao LCD e o idealizador do projeto deve estar atento a todas as fases do ciclo de vida do produto (VEZZOLI, 2008 apud REIS):

- **Pré-produção:** fase em que acontece a extração da matéria-prima até a escolha dos processos utilizados para a produção dos materiais.

- **Produção:** compreende os processos de transformação dos materiais, montagem e acabamentos.

- **Distribuição:** abrange a embalagem, o transporte, armazenamento e todos os deslocamentos do produto durante o seu ciclo de vida.

- **Uso do produto:** envolve a utilização e funcionamento do produto e os processos relacionados.

- **Destino do produto após uso:** é preciso refletir como o produto será devolvido ao ambiente e se existem formas de reciclá-lo por inteiro ou apenas partes dos seus componentes.

O destino do produto, segundo Manzini & Vezzoli (2008, apud REFOSCO, 2012) pode ser: a recuperação da funcionalidade do produto ou de qualquer um de seus componentes podendo ser refabricado ou reprocessado; a valorização das condições do material empregado ou do conteúdo energético do produto

podendo acontecer a reciclagem, compostagem ou incineração; ou mesmo, a opção de não recuperar o produto.

Os bens de consumo podem ser duráveis ou não duráveis (alimentos, produtos de limpeza, entre outros). Os bens duráveis dividem-se em bem que requer pouco ou nenhum gasto de materiais e energia durante o uso ou bem que requer recursos durante o uso e manutenção (MANZINI & VEZZOLI, 2008). Os produtos têxteis, em geral, despendem recursos energéticos para sua manutenção durante sua lavagem, para secar (em alguns casos) e para passar a ferro.

A vida útil do produto é a medida de tempo em que o material está em condições de uso até o momento de ser eliminado. E, em se tratando de impacto ambiental, é mais vantajoso e menos poluente reutilizar um produto totalmente ou em partes, ao invés de reciclar ou incinerar.(MANZINI & VEZZOLI, 2008).

2.10 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

Todo produto ou serviço causa, de alguma forma, um impacto sobre o meio ambiente. Esse impacto pode ocorrer durante a extração das matérias-primas utilizadas no processo de fabricação do produto, no próprio processo produtivo, na sua distribuição, no seu uso, ou na sua disposição final. A Avaliação do Ciclo de Vida é uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto ou serviço, compreendendo as etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo (berço) até a disposição do produto final (túmulo) (CÓ, 2005).

Segundo o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) (2008), a avaliação do ciclo de vida estabelece vínculos entre esses aspectos e categorias de impactos potenciais, ligados ao consumo de recursos naturais, à saúde humana e à ecologia, considerando inclusive: a produção de energia; os processos que envolvem a manufatura; as questões relacionadas com as embalagens; o transporte; o consumo de energia não renovável; os impactos relacionados com o uso, ou aproveitamento e o reuso do produto ou mesmo questões relacionadas ao resíduo ou recuperação / reciclagem.

Uma demanda crescente, tanto de consumidores como de outras partes interessadas, como governos, acionistas, concorrentes e outras, vem criando uma pressão para a redução dos impactos ambientais, não apenas na fase do uso do

produto, mas onde eles são verdadeiramente significativos, e, dessa forma, a ferramenta da avaliação de ciclo de vida, segundo IBICT (2008), pode ser de grande utilidade para: o desenvolvimento de produtos; a escolha de tecnologias; a identificação da fase do ciclo de vida em que os impactos ocorrem; a seleção de indicadores ambientais relevantes para avaliação de projetos; e a reformulação de produtos ou processo.

Em linhas gerais, uma avaliação do ciclo de vida de um produto ou serviço consiste da definição do seu objetivo e escopo, da realização de um levantamento quantificado de dados (inventário) de todas as entradas (materiais, energia e recursos) e saídas (produtos, subprodutos, emissões, etc) durante todo o ciclo de vida, bem como da identificação dos impactos ambientais potenciais ao longo do ciclo de vida e da interpretação dos resultados do estudo (PRÉ CONSULTANTS, 2006).

A técnica da avaliação do ciclo de vida tem limitações, que devem ser consideradas tanto na elaboração dos estudos quanto no uso dos seus resultados e devem seguir o estabelecido em normas internacionais. O desenvolvimento tecnológico e a crescente sofisticação dos processos de produção possibilitaram a existência de diversas alternativas para produtos ou serviços com finalidades semelhantes. Em particular, desde a primeira crise do petróleo (no início da década de 70), o mundo intensificou a busca de formas alternativas de energia e a melhoria dos processos para otimizar a utilização dos recursos naturais (TAKAHASHI, 2006).

Um dos primeiros problemas surgidos foi como comparar produtos ou processos distintos, do ponto de vista das suas consequências ambientais. Esta tarefa, aparentemente fácil, mostrou-se extremamente complexa em função da necessidade de estabelecimento de critérios comuns de comparação e da necessidade de uma abordagem completa do que se passou a chamar o ciclo de vida do produto (IBICT, 2008). Não é suficiente comparar as consequências ambientais apenas de um processo sem levar em consideração os impactos gerados de todas as outras fases da vida do produto.

A figura 14 mostra – Marcos históricos do desenvolvimento do ACV no Brasil.

Figura 14: Marcos históricos do desenvolvimento da ACV no Brasil.

Fonte: Cherubini, 2015, Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil– Ibict

2.11 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE TÊXTEIS

De acordo com Bruno (et al. 2008), o uso intensivo do conhecimento científico para o desenvolvimento de novos materiais e estruturas têxteis intensificou a interação da roupa com o usuário, e fez com que os produtos começassem a contemplar questões sociais, ambientais e econômicas, consolidando o design sustentável como papel estratégico na cadeia têxtil e confecção, atraindo para si a responsabilidade de humanização de meios e recursos tecnológicos e imbuindo-se da disseminação de uma cultura própria, permeada de valores éticos e de consciência ecológica.

Os *inputs* da cadeia têxtil e de confecção incluem as fibras, produtos químicos e água para os processos de transformação de fibras em fios, fios em tecidos e, tecidos em peças de vestuário. Consumidora de diversos recursos busca constantemente por inovações que conduzam a ganhos de produtividade e otimização no consumo de recursos e minimização de rejeitos (REFOSCO, 2012).

Como afirmam Fletcher e Grose (2011), todos os materiais têxteis impactam os sistemas ecológicos e sociais e, a utilização de substâncias químicas nocivas ao meio ambiente na etapa de beneficiamento, como por exemplo o branqueamento que otimiza o processo de tingimento, é uma questão de extrema importância. Acrescentam que o processo de sustentabilidade impele a indústria da moda a mudar para algo menos poluente, mais eficaz e mais respeitoso do que hoje; mudar a escala e a velocidade de suas estruturas de sustentação e incutir nestas um senso de interconectividade e, que para viabilizar essas mudanças é necessário explorar oportunidades para aprimorar produtos perante o uso mais eficiente dos recursos, condições de trabalho, redução do uso de substâncias químicas e diminuição da poluição e, complementam, que um bom resultado também depende da consciência sobre a pós compra do produto, considerando-se todo o ciclo de vida, onde o objetivo é melhorar as credenciais de sustentabilidade do mesmo produto como um todo, à medida que este é feito, usado e descartado.

A gestão de ciclo de vida está entre as tendências de desenvolvimento de produtos sustentáveis para que estes não agridam o meio ambiente e a saúde dos consumidores apoiadas pela ampliação da base de consumidores conscientes. A integração entre designers, fabricantes de máquinas e produtores de insumos

ênfatizará ainda mais a importância da P&D para a fabricação de produtos ecológicos, estendendo o controle por toda a rede e ultrapassando as fronteiras da abordagem restrita ao meio ambiente, para englobar, em um só pacote, questões de segurança e de respeito ao homem (BRUNO et al., 2008).

Segundo Cienchanska e Nousiainen (2005 apud ARDUIN, 2013), de forma geral os estudos de ICV e ACV aplicados à indústria têxtil foram executados para fins de certificações, identificação e comparação de processos e matérias-primas entre produtos com funcionalidade equivalente, por terem sido produzidos na indústria não possuem acesso livre, ou são publicados parcialmente (DAHLLOF, 2003), o que dificulta a avaliação crítica dos resultados obtidos, por não se conhecer todas as variáveis consideradas.

De acordo com Arduin (2013), os primeiros estudos realizados no início da década de 1990, bem como outros desenvolvidos nos anos seguintes classificam-se como estudos de ICV onde o consumo e emissões quantificados no inventário do ciclo de vida não foram correlacionados a categorias de impacto. Em contrapartida, a maior parte dos estudos, a partir do final da década de 1990, além de quantificar, correlacionou através da aplicação de diferentes métodos na etapa de avaliação do impacto do ciclo vida, o consumo e as emissões dos processos a diferentes categorias de impacto, sendo então classificados como estudo de ACV. Dentre os estudos os produtos têxteis mais avaliados foram: camiseta, impacto de fibras têxteis diversas, e de revestimento têxtil de piso. Devido ao consumo representativo de confeccionados compostos de fibras de algodão e de poliéster (ALWOOD et al., 2006 apud ARDUIN, 2010), estas foram as matérias-primas avaliadas e os estudos concentraram-se respectivamente, nos Estados Unidos (oito estudos), China (seis estudos), Brasil (cinco estudos) e Reino Unido e Egito (cada um com três estudos).

Discutido desde o primeiro estudo de ICV o impacto da etapa de uso e manutenção dos têxteis (LEVAN, 1998 apud Arduin), está correlacionado ao escopo geográfico do estudo e padrões de comportamento da população. Arduin (2013) afirma que a etapa de uso foi indicada em parte dos estudos como a fase do ciclo de vida com maiores impactos associados apresentando-se como mais importante na possibilidade de redução de água e energia do que a fase de produção (Franklin Associates, 1993; Leffland, Kaersgaard e Andersson, 1997; Collins e Aumônier, 2002; ADEME, 2006; Danish Ministry of the Environment, 2007; ALWOOD et al., 2006; Levi Strauss & Co, 2009; e Steinberger et al., 2009).

SAADE; SILVA; GOMES (apud ARDUIN, 2013) constata que na maior parte dos estudos de ACV nenhum impacto é associado à geração de resíduos, por ser considerado como sem valor econômico, e não configurar um co-produto, no entanto alguns resíduos têm sido utilizados como matérias-primas em outros setores industriais. A norma ABNT NBR ISO 14044 apresenta uma hierarquia para a realização da alocação de sistemas de reciclagem, a qual deve basear-se: (1) em propriedades físicas; (2) no valor econômico; e (3) no número de uso subsequentes do material reciclado. A reciclagem de ciclo fechado ocorre quando um material de um sistema de produto é reciclado no mesmo sistema de produto e não apresenta a necessidade de alocação. A reciclagem de ciclo aberto ocorre quando um material de um sistema produto é reciclado em outro sistema de produto (EKVALL, 200). Segundo a norma ABNT NBR ISO 14044, quando não ocorrer mudança nas propriedades inerentes do material, pode-se considerar a reciclagem de ciclo aberto como reciclagem de ciclo fechado, e em tais casos a necessidade de alocação é evitada. A norma ISO 14049 apresenta procedimento considerando relações físicas e o número subsequente de usos de materiais reciclados para cálculo do fator de alocação.

A tabela 2 abaixo apresenta um resumo dos estudos de ACV de têxteis com foco nos objetivos.

Tabela 2: Resumo dos estudos de ACV de têxteis

1992	ICV	Franklin Association EUA	Quantificar e comparar o consumo de água, energia, e as emissões de ar, solo e água relacionadas a fraldas descartáveis e fraldas de tecido.
1993	ICV	Franklin Association EUA	Quantificar os impactos ambientais associados ao ciclo de vida de uma blusa feminina de poliéster considerando desde a manufatura, fase de uso até sua disposição em aterros.
1997	ACV	Leffland, Kaesgaard e Andersson	Comparar o impacto do ciclo de vida de camisetas 100% algodão tintas com corantes reativos, com massa de 250g e qualidades diferentes.
1999	ICV	Kalliala e Nousiainen	Comparar o impacto ambiental de toalhas e roupas de cama de composição 100% algodão de produção convencional e de produção orgânica e, a com a mistura 50% algodão e 50% poliéster.
2002	ACV	Marks & Spencer	Quantificar o consumo de energia de três cuecas 100% algodão e uma calça de poliéster durante um determinado período de seu ciclo de vida.
2004	AICV	Dähllof	Avaliar os impactos de tecidos de diferentes composição para aplicação em um sofá, 100% algodão, 75% lã e 25% poliamida e, 100% poliéster.
2006	ACV	ALWOOD et al.2006	Avaliar o consumo energético nas diversas etapas do ciclo de vida de três confeccionados: camisetas, blusa e carpete considerando uma produção pulverizada sobre o planeta.
2006	ACV	ADEME	Avaliar o ciclo de vida de uma calça jeans, fabricada com algodão do Uzbequistão, Índia e Egito, produzida na Tunísia e consumida na França.

2006	ACV	Institut National de la Recherche Agronomique (INFRA)	Quantificar o impacto, desde o cultivo até a produção do fio, considerando o maquinário.
2006	ACV	Woolridge	Quantificar e comparar o consumo de energia relacionado a utilização de matérias-primas recicladas (algodão e poliéster, oriundas de processo de reciclagem de peças de segunda mão) e matéria-prima virgem para a produção de confeccionados .
2009	ACV	Grace	Comparar os impactos ambientais desde a obtenção das fibras, produção dos fios e tecidos, confecção e fase de uso de uma camiseta de algodão em relação a outra de poliéster.
2009	ACV	Levi Strauss & Co	Quantificar os impactos da produção, desde o cultivo da matéria-prima, confecção e utilização e descarte de uma calça jeans, em três cenários distintos de cultivo de matéria-prima e produção.
2009	ACV	Steinberger et al	Avaliação do ciclo de vida de uma camiseta 100% algodão produzida na Índia e uma jaqueta 100% poliéster produzida na China, ambos os produtos para consumo na Alemanha.
2010	ACV	Farrant, Olsen e Wangell	Avaliação do ciclo de vida de uma camiseta 100% algodão e de calças 65%algodão e 35% poliéster
2010	ACV	Nakami et al	Quantificar e comparar os impactos relacionados a emissão de gases do efeito estufa (GEE) e consumo de recursos fósseis oriundos da reciclagem química e mecânica de garrafas PET em dois cenários de produção distintos, Japão e China, para fabricação de materiais diversos, dentre eles tecidos e confeccionados.
2010	ICV	Shen, Worrell e Patel	Comparação do impacto da produção de fibras manufaturadas oriundas de celulose regenerada, da empresa Lenzing AG, com o impacto da produção de algodão, polipropileno e poliéster.
2010	ACV	Shen, Worrell e Patel	Avaliação do impacto da utilização de garrafa PET reciclada para a produção de fibras em comparação ao impacto da produção de fibras de algodão, viscose, polipropileno, ácido poliláctico e poliéster virgem.
2011	ACV	Catwright et al.	Avaliação do ciclo de vida de uma camisa social manga curta, utilizando principalmente dados de inventário disponíveis em bases de dados disponíveis no software GaBi.
2011	ACV	Meyer, Curran e Gonzalez	Avaliação do impacto ambiental no uso de nanopartículas de prata em meias por meio do método <i>Input-Output</i> associado a ACV.
2011	ACV	Walser et al.	Comparação entre benefícios e impactos de maietas com nanopartículas de prata, camisetas com tratamento com triclosan e camisetas convencionais.
2011	ACV	Walser et al.	Comparação entre benefícios e impactos de camisetas com nanopartículas de prata, camisetas com tratamento com triclosan e camisetas convencionais.
2012	ACV	Morita, Maia e Ravanani	Avaliação dos impactos associados da fibra do algodão no Brasil

Fonte: Veiga, Eduarda

Os desafios enfrentados pelo meio ambiente só poderão ser equacionados com a mudança nos padrões comportamentais que associam qualidade de vida a

consumo. Essas questões trazem à cena o consumidor como ator central no desenho do futuro (THRONE-HOLST e STRANDBAKKEN, 2007; UNEP, 2001 apud BRUNO, 2009).

Fletcher (2008) defende que somente a partir de uma abordagem sistêmica que integre os anseios dos atores sociais, sistemas produtivos e sistemas de pesquisa e inovação, associada à disseminação e ampliação do emprego de metodologias de avaliação de impacto ambiental será possível implementar práticas voltadas para a sustentabilidade na indústria da moda que, segundo Fletcher e Grose (2011), permaneceu quase sem melhoria em produtos e processos nos últimos 20 anos.

Para Fletcher e Grose (2011) é papel do designer prospectar e comunicar novas visões de moda e sustentabilidade, para que a mudança chegue mais rápido ao setor têxtil e de confecção, complementam que um bom resultado também depende da consciência sobre a pós compra do produto, considerando-se todo o ciclo de vida, onde o objetivo é melhorar as credenciais de sustentabilidade do mesmo produto como um todo, à medida que este é feito, usado e descartado.

Conforme Refosco (2012), se os processos de transformação acontecem de maneira amigável ao meio ambiente e se os produtos circulam numa área limitada acabam por emitir menores quantidades de CO₂ nas fábricas e no transporte. Bruno (et al., sugere que um conjunto maior de informações tácitas e explícitas precisa ser construído para unir quem produz e quem consome. Nesse contexto, a análise do ciclo de vida deve constituir-se em ferramenta do designer, do produtor e do consumidor (REFOSCO, 2012).

Bruno (et al., 2008) afirma a necessidade de base de dados para a composição de inventários de insumos de produtos do setor têxtil e de confecção precisam ser desenvolvidas, permitindo estabelecer e precisar cenários compartilhados entre produtor e consumidor.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Método de Pesquisa

Esta pesquisa propõe verificar a viabilidade de aplicação da ferramenta ACV para avaliação do impacto ambiental do berço ao túmulo de uma calça de poliamida através do software SIMAPRO, por meio de um estudo de caso.

3.1.2 Definição do Tipo de Pesquisa

Devido a sua natureza, é uma pesquisa aplicada que de acordo com Silva, (2001) objetiva gerar conhecimentos para a aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

Segundo Rodrigues (2007), a abordagem qualitativa traduz em números as informações para serem classificadas e analisadas sendo a que melhor se adapta ao estudo proposto.

O método de pesquisa usado neste estudo científico foi o hipotético-dedutivo (GIL, 1999).

De acordo com Gil (1999), a pesquisa é classificada do ponto de vista de seus objetivos como pesquisa exploratória, pois visou proporcionar maior familiaridade com o contexto da ACV na área têxtil, por meio da revisão bibliográfica e estudo de caso, deixando mais explícito o objetivo de avaliar o ciclo de vida de uma calça feminina em malha de poliamida para a detecção dos impactos ambientais provenientes de sua produção, consumo e descarte. É, também, descritiva enquanto fatos foram observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem interferência do pesquisador, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados, questionário e observação sistemática.

3.1.3 Unidade de Referência do Estudo de Caso

O referencial de produção para o estudo de caso é uma empresa familiar, com 10 anos de atuação no segmento: Fitness (≈90%) e uniforme escolar. Sua produção emprega 12 funcionários na cidade de Londrina/ PR, onde possui 5 lojas físicas. Todo o processo produtivo é realizado na fábrica onde se confecciona uma média de 6.000 peças por semana e corta entre 1.000 e 1.400 peças por dia. A modelagem é manual. O consumo da principal matéria-prima utilizada, tecido de malha com composição 88% poliamida e 12% elastano, é de 100 a 200kg, conforme informações cedidas pelo proprietário gestor da fábrica. A produção do tecido é localizada no Rio Grande do Sul. O resíduo têxtil gerado são

retalhos pequenos. Os resíduos resultam em média, 5 sacolas de 200 litros por semana, doados para fazer tapete.

3.1.4 Coleta de dados

Conforme Yin (2004), para a coleta de dados em um estudo de caso pode-se fazer uso de fontes distintas. Com o propósito, de conhecer a empresa o questionário foi elaborado com uma série de perguntas objetivas, baseadas na NBR ISO 14040 e suas diretrizes que determinam as fases e procedimentos gerais da execução de um estudo de ACV, buscando conhecer a estrutura produtiva da empresa de confecção. As perguntas foram respondidas por supervisores e responsáveis pela produção permitindo o levantamento quantitativo de dados referentes ao processo produtivo, identificando entradas e saídas de materiais e energia elétrica e, a quantificação dos resíduos gerados.

Foram considerados, também, os registros sobre consumo de energia elétrica documentados em manuais técnicos dos equipamentos necessários a confecção, máquina de corte de disco, overloque e galoneira, e, equipamentos necessários a manutenção do produto durante a fase de uso, consumos de água e energia elétrica da máquina de lavar roupas.

Para as informações sobre processos complexos, como o processo de obtenção da poliamida 6.6, utilizou-se o banco de dados de inventários de processos disponíveis no software SimaPro8.1.16 *Faculty*.

Segundo EC-JRC (2010), na ACV, conjuntos de dados específicos, médios e genéricos são muitas vezes diferenciados, contudo na prática, uma combinação é tipicamente definida. Para dados específicos compreende-se conjuntos de dados para sistemas inteiros considerando que todos os dados para o processo referido foram efetivamente medidos; o conjunto de dados médios combina diferentes conjuntos de dados específicos e/ou outros dados médios para representar uma combinação de processos, como a manufatura que, neste estudo de caso, envolve diferentes tecnologias, produtos, escopo temporal e regional, num conjunto de dados médios obtidos pela aplicação de questionário e, a matriz energética em um conjunto de dados específicos; e, conjunto de dados genéricos desenvolvido utilizando informações de dados específico por similaridade de processos.

A Figura15, a seguir, apresenta o fluxo de dados do inventário do sistema produto.

Figura15: Fluxo de dados do inventário do sistema produto.

Fonte: Veiga, Eduarda

3.2 Execução do estudo de ACV

O procedimento metodológico para utilização para Avaliação do Ciclo de Vida da calça de poliamida baseou-se, inicialmente, no Manual do Sistema Internacional de Referência de Dados sobre o ciclo de Vida de Produtos e Processos (ILCD), que oferece orientações técnicas para o desenvolvimento de estudos detalhados de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e uma base técnica de critérios, guias e ferramentas simplificadas que são específicos para diferentes produtos.

A Figura 16 apresenta a sequência das atividades realizadas para a execução do estudo de ACV da calça de poliamida.

Figura 16: Diagrama esquemático da sequência de atividades da Avaliação do Ciclo de Vida da calça de poliamida.

Fonte: Veiga, Eduarda

Para a tabulação dos dados do produto foi utilizado o software SimaPro 8.1.16 *Faculty*, numa versão institucional, disponibilizada mediante contrato de licenciamento para uso em desenvolvimento de projetos acadêmicos. Trata-se de uma ferramenta comercial para ACV, que permite recolher, analisar e monitorizar o desempenho ambiental dos ciclos de vida complexos de produtos e serviços, de forma sistemática e transparente, de acordo com os princípios da norma ISO 14040: Princípios e Estrutura – que especifica a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de avaliação do ciclo de vida, não incluindo as técnicas de avaliação do ciclo de vida em detalhes. O *software* vem com um inventário na forma de bases de dados de materiais e processos, acoplados com ferramentas de cálculo de impactos de base matemática e estatística que permite a realização da Análise do Ciclo de Vida de Produtos, podendo ser utilizado como uma ferramenta gerencial, pois, com a entrada de

alguns dados há a geração de outros para análise. Atualmente é a ferramenta mais utilizada em nível mundial (SANTOS; FERNANDES, 2012).

A base de dados de inventário selecionada foi a *Ecoinvent* v.2 desenvolvida pelo *Ecoinvent Centre*, formado por institutos de pesquisa Suíços e que fornecem dados de inventário em alto grau de detalhamento para diversos produtos e processos em diferentes setores industriais. É uma base de dados consistente, coerente e transparente, o que proporciona credibilidade e aceitação de resultados de estudos de ACV, além de apresentar o maior número de unidades de processo. Isto se confirma com a validação da base de dados do *Ecoinvent* v.2 pela Swiss TS (WEIDEMA; HISCHIER, 2011 apud MORETTI, 2011).

Para realização da análise de impacto foi adotado o método de impacto gerado *Eco-indicator* 99, por apresentar as contribuições percentuais dos materiais e processos para impactos gerados tanto para saúde da população quanto ao meio ambiente.

O resultado se apresenta em gráficos comparativos, que agregam os resultados na forma de um valor, permitindo a visualização das categorias de danos e categorias de impacto associadas a esse valor e estabelecendo relações entre os resultados do inventário e dos danos potenciais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto escolhido para este estudo foi uma calça de uniforme escolar, fabricada com tecido de malha, composição 100% poliamida. A Figura 17 apresenta o fluxo de dados do inventário, relativo a cada etapa do ciclo de vida do produto e define os limites do sistema de produto.

Figura 17: análise geral “do berço ao túmulo” dos materiais e processos desde a matéria-prima até o descarte do produto final.

Fonte: autora

Os dados inseridos no software para a montagem do produto foram equivalentes a massa em kilogramas necessária para produção de uma calça de malha de poliamida tamanho M, que é a unidade funcional do sistema-produto, onde o valor de referência para a matéria-prima, manufatura, uso e descarte o valor é de 0,3kg que representa o produto calça, e, para resíduos gerados, que são os retraços têxteis (sobras do corte), o valor utilizado para cálculo é 0,03kg de resíduo têxtil gerado na produção de 1 (uma) calça. A empresa destina a projetos sociais de banco de vestuário os resíduos têxteis gerados durante a produção para utilização como matéria-prima em artigos de artesanato.

Na primeira etapa, para a obtenção da matéria-prima foram consideradas as seguintes operações:

- Produção dos chips e fiação da poliamida: para o cálculo da quantidade de recursos necessários e resíduos gerados no processo de fabricação do fio de poliamida 6.6 foram utilizados os valores disponíveis na base de dados do *Ecoinvent v2*.

Obs: Os dados disponibilizados pelo software são da indústria chinesa. O transporte realizado para a importação do produto não foi considerado neste estudo.

b) Produção da malharia e acabamento: os valores de quantidade de recursos necessários e resíduos gerados nos processos de fabricação do tecido de malha (malharia) e do beneficiamento têxtil (tinturaria) desse tecido, foram utilizados os valores disponíveis na base de dados do Ecoinvent v2 representando, por similaridade de processo, a indústria possuidora de nível médio de tecnologia, localizada no estado do Rio Grande do Sul. O transporte considerado foi de 800kg e a distância, do fornecedor da malha até o local de manufatura que é a cidade de Londrina/PR, é de 880km.

Obs: Os dados disponibilizados pelo software são da indústria européia.

O valor de cálculo dos processos têxteis foi de 1kg, para fiação e produção da malha, mas para o cálculo unitário da calça de uniforme foi considerado o valor de 0,3kg equivalente ao consumo de matéria-prima do produto.

Na segunda etapa, para a manufatura do produto, as entradas no processo são matéria-prima e consumo de energia, e as saídas são o produto calça e os resíduos gerados que são os retrazos têxteis. A definição do consumo de energia foi baseada em uma linha de produção que possui 1 máquina de corte de disco de 8", 3 máquinas overloque e duas máquinas galoneira alcançando a produção semanal de aproximadamente 6.000 peças. Essa configuração de produção totaliza o consumo de 3,15 kw/h na produção de 1 (uma) calça em malha de poliamida de acordo com a sequência operacional apresentada na tabela 3.

Tabela 3: Sequência operacional da produção de uma calça em malha de poliamida.

SEQUÊNCIA OPERACIONAL DE PRODUÇÃO DA CALÇA	
OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO
Corte	Máquina de corte de disco de 8" (80kw/h)
Unir gancho traseiro	Overloque (400kw/h)
Unir gancho dianteiro	Overloque (400kw/h)
Fechar entrepernas	Overloque (400kw/h)
Fechar lateral,	Overloque (400kw/h)
Pregar elástico	Overloque (400kw/h)
Finalizar cóis	Galoneira (400kw/h)
Fazer a barra	Galoneira (400kw/h)

Fonte: Veiga, Eduarda

Na terceira etapa, para a distribuição e venda do produto, as embalagens utilizadas no rolo de tecido e no produto final foram desprezadas, devido a baixa contribuição destas no inventário do ciclo de vida da calça de uniforme. Para distribuição e venda do produto calça de uniforme foi considerado o transporte e a distância de 20 km.

Após montagem do produto foi investigado o cenário de resíduos, ficou constatado que aproximadamente 100% dos resíduos têxteis eram doados para projetos de banco do vestuário.

Na quarta etapa, uso e manutenção, adotando-se que a função da calça é vestir um estudante durante 5 dias por semana, durante 1 ano, e que a peça é lavada 2 vezes por semana, em máquina automática com tampa superior e capacidade de 10kg. Assim, foram inseridos no software os valores de consumo de água aproximadamente 80 litros e consumo de 0,15kw/h de energia elétrica para cada ciclo lavar da máquina usando sua capacidade máxima. Fazendo a equivalência de consumo de água e energia de acordo com a capacidade de 10kg da máquina de lavar têm-se que cada peça, na etapa de uso e manutenção, consome 0,6kw/h de energia elétrica e 320 litros de água tratada.

Na quinta etapa, para o descarte final do produto, foram estudados três cenários: reciclagem, aterro sanitário e doação para pessoas carentes.

No cenário de destino final reciclagem foi considerada a trituração da calça de uniforme em uma desfibradeira industrial para consumo como estopa industrial, sendo contabilizada a energia consumida pelo equipamento.

No cenário de destino final aterro sanitário foram considerados o transporte de coleta de lixo municipal e o aterro sanitário municipal, forma de disposição final ambientalmente adequada de rejeitos mais conhecidos mundialmente, de acordo com o conceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos–PNRS que determina a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e, a minimizar os impactos ambientais adversos. Sua capacidade operacional para poder receber 100% dos resíduos de uma sociedade composta de um ou mais municípios para um prazo (vida útil) de pelo menos 20 anos.

No cenário de doação, considerando a logística reversa de doação da peça após 1 ano de uso no momento da aquisição de nova peça, ajudando entidades que cuidam de pessoas de baixa renda, o que pode contribuir sobremaneira para a redução do impacto social.

Foram excluídos dos cálculos o impacto ambiental gerado pela infraestrutura, como descrito a seguir. Na obtenção da matéria-prima da fibra de poliamida 6.6 não é considerado o impacto do transporte marítimo da importação; na produção da malha não se considerou as instalações do parque fabril da indústria fornecedora do tecido; e, na produção da calça, os setores administrativo e financeiro, criação, desenvolvimento e pilotagem, e pontos de venda.

4.1 ANÁLISE DE RESULTADOS

A primeira análise refere-se ao gráfico de rede, cujo propósito é, através da interação entre os diferentes processos e materiais, demonstrar visualmente na árvore do produto a quantidade de impacto pertencente a cada um dos componentes e/ou processos.

O resultado obtido no SimaPro 8.1.16 *Faculty* para a análise do ciclo de vida de uma calça em malha de poliamida, do berço ao túmulo, forneceu o percentual de contribuição de cada etapa do ciclo de vida da calça no impacto ambiental total do produto. Estes impactos foram classificados segundo a base Eco-indicator 99 em onze itens: cancerígenos, emissões orgânicas, emissões inorgânicas, mudança

climática, radiação, camada de ozônio, ecotoxicidade, acidificação/eutrofização, uso da terra, minerais, combustíveis fósseis.

A Figura 18 apresenta a ACV em rede para a calça de uniforme considerando três cenários de destino final, reciclagem, aterro municipal, e, doação para pessoas carentes. As etapas do ciclo de vida contemplam a montagem (calça), o uso (manutenção) e o destino final, com a contribuição de cada etapa no impacto ambiental do ciclo de vida do berço ao túmulo da calça em malha de poliamida.

Figura 18: ACV da calça de malha de poliamida nos três cenários de descarte

Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

Em qualquer cenário de descarte o maior impacto ambiental do ciclo de vida do produto calça concentra-se na fase de uso, representado em sua quase totalidade pelo consumo de energia da máquina de lavar, e, consumo de água tratada em um percentual ínfimo dentro do processo de manutenção.

Considerando os três cenários de descarte percebe-se que o impacto ambiental gerado na etapa de descarte apresenta proporcionalidade direta sobre a fase de uso e, inversa sobre a fase de montagem, contudo é sobre a fase de uso que se concentra a maior variação percentual.

Em qualquer dos cenários propostos a fase de descarte é a que representa menor impacto do ciclo de vida da calça de uniforme.

4.2 ACV com cenário de destino final reciclagem

A Figura 19 apresenta os principais processos da ACV em rede para a calça de uniforme considerando o cenário de reciclagem da peça completa em estopa de uso industrial por processo de desfibragem.

Figura 19: ACV da calça de malha de poliamida no cenário de reciclagem
Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

Neste cenário o impacto do ciclo de vida da calça encontra-se distribuído em 28,5% para a produção da calça; 69,4% para a manutenção na fase de uso e; 2,09% é o impacto gerado pela fase de descarte da calça. Merece atenção o fato de que na fase de uso o impacto gerado pelo consumo de energia representa a quase totalidade da carga ambiental desta fase, enquanto o impacto gerado pelo consumo de água tratada não chega a 1%.

A Figura 20 fornece a avaliação de danos em contribuição percentual para o ciclo de vida do produto onde a fase da manutenção apresenta o maior impacto sobre a saúde humana com 83,4%. A fase de produção da calça, desde a obtenção da matéria-prima até a confecção do produto, é a de maior impacto sobre a qualidade do ecossistema representando 92,4%, bem como na utilização de recursos com um total de 93,9% da carga ambiental. Para a fase de descarte a reciclagem não chegou a 10% de contribuição em nenhuma das categorias de danos, saúde humana, qualidade do ecossistema e recursos.

Figura 20: Contribuição do processo (avaliação de danos: cenário reciclagem)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 Faculty

Conforme a figura 21, que apresenta o gráfico da caracterização dos impactos do ciclo de vida da calça de poliamida, observa-se que a fase da montagem apresenta na categoria carcinogênicos 99,1% desta carga ambiental, seguidos pela fase de montagem da calça com 0,898% e a fase de descarte (reciclagem) com 0,031%. Os carcinogênicos são substâncias radioativas relacionadas a geração de energia na China produtora dos chips de poliamida 6.6 e sua transformação em fio. Agentes diretos na causa de câncer nos seres humanos, danificando o genoma ou o metabolismo. No relatório das substâncias encontradas no inventário da acv as principais substâncias foram o arsênio presente no solo, na água e no ar e, o cromo VI utilizado em complexos metálicos para o tingimento da fibra poliamídica e ficam presentes na água e no solo.

Na categoria de consumo de combustíveis fósseis a montagem corresponde a 95,7% do impacto gerado devido ao fato da poliamida 6.6 ser de origem petroquímica. Essa fase também é responsável por 94,1% do impacto na categoria emissões orgânicas o que se deve às saídas (fibrilas em suspensão) dos processos de fiação e malharia e, em menor proporção no corte e costura da peça. Na categoria camada de ozônio a fase de montagem representa 93,9% do impacto.

A reciclagem da calça em estopa tem seu maior impacto registrado na categoria de mudança climática acumulando um percentual de 10,8%.

Figura 21: Contribuição do processo (caracterização: cenário reciclagem)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

4.3 ACV com cenário de destino final aterro municipal

A Figura 22 apresenta os principais processos da ACV em rede para a calça de uniforme considerando o cenário de descarte da peça completa em aterro sanitário municipal.

Figura 22: ACV da calça de malha de poliamida no cenário de descarte aterro municipal

Fonte: SimaPro 8.1.16 *Faculty*

Neste cenário de descarte a manutenção, na fase de uso do produto, continua apresentando o maior impacto com 66,3% de toda a carga ambiental gerada no ciclo de vida da calça, seguida pela fase da montagem com 27,2% e o descarte em aterro municipal com 6,47%, deste percentual mais de 98% se refere ao transporte da coleta até o aterro sanitário municipal e, menos de 2% à própria decomposição deste resíduo.

Na avaliação de danos apresentada na figura 23 a fase da manutenção concentra o maior impacto do ciclo de vida do produto sobre a saúde humana com 81,6%, percentual ligeiramente inferior ao encontrado na acv com cenário de reciclagem. A fase do ciclo de vida da calça referente a montagem é mais impactante na qualidade do ecossistema com 80,7% e na utilização de recursos com 80,2% que representa uma queda de 10% em relação ao impacto gerado no cenário de descarte visto anteriormente, a reciclagem.

A fase de descarte para aterro sanitário apresenta significativo aumento na geração da carga ambiental para esta acv na qualidade do ecossistema com 19,3% e utilização de recursos com 17,6%.

Figura 23: Contribuição do processo (avaliação de danos: cenário aterro municipal)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 Faculty

A figura 24 fornece a caracterização do impacto em contribuição percentual das fases do ciclo de vida da calça. A fase de uso é responsável pela quase totalidade da emissão de carcinogênicos de todo o ciclo de vida com 99% desta carga ambiental, seguidos pela fase de montagem da calça com 0,898% e a fase de descarte (aterro sanitário) com 0,078%.

Para a fase de montagem da calça os maiores impactos em ordem de contribuição decrescente são uso da terra com 87%, ecotoxicidade 79,4% e, radiação 78,4%.

Na fase de descarte este cenário de acv apresenta maior percentual de impacto na categoria de emissões orgânicas com 39,8% de contribuição e sua segunda maior contribuição é de 31,2% na acidificação/eutrofização.

Figura 24: Contribuição do processo (caracterização: cenário aterro municipal)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 Faculty

4.4 ACV com cenário de destino final doação

A Figura 25 apresenta os principais processos da ACV em rede para a calça de uniforme considerando o cenário de descarte da peça completa em doação para pessoas carentes.

Figura 25: ACV da calça de malha de poliamida no cenário de descarte doação

Fonte: SimaPRO 8.1.16 Faculty

Conforme apresentado na figura 26, na avaliação de danos para este cenário de acv 80,2% do impacto do ciclo de vida da calça sobre a saúde humana é gerado na fase de uso, na fase de montagem do produto são gerados 26,2% e o cenário de descarte gera os 5,3% restante.

Figura 26: Contribuição do processo (avaliação de danos: cenário doação)
Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

A fase de montagem da peça e seu descarte em doação representam, respectivamente 66,3% e 33,7% do impacto gerado na qualidade do ecossistema. O impacto sobre a utilização de recursos tem 72,4% gerado na fase de montagem da peça, enquanto na fase do descarte, considerando a doação como destino final, o impacto gerado foi de 25,6%.

A figura 27 apresenta a caracterização dos impactos por contribuição de processos onde constata-se que a fase da manutenção continua apresentando a maior carga de carcinogênicos.

Figura 27: Contribuição do processo (caracterização: cenário doação)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

Combustíveis fósseis, uso da terra e mudanças climáticas são as categorias mais impactadas pela fase de montagem da calça, especificamente na obtenção da matéria prima. A fase de descarte assume os percentuais mais significativos dos três cenários apresentados nesta pesquisa, sendo 72,3% da carga ambiental na categoria minerais e 46,4% na categoria ecotoxicidade.

4.5 Comparação dos impactos ambientais gerados no ciclo de vida da calça com diferentes cenários de descarte

A figura 28 apresenta o comparativo da acv realizada nos três cenários de descarte e o nível de impacto nas categorias de danos.

Constata-se que o impacto gerado no cenário de descarte para doação não reflete a realidade, onde o aumento do ciclo de vida resulta na redução de impacto total do sistema–produto berço ao túmulo. Isso ocorre porque na fase de descarte para doação não houve o tratamento deste resíduo, pelo fato de não ser de fato o túmulo do produto. O software o identifica como rejeito sem tratamento. O SimaPro 8.1.16 *Faculty* possui o cenário reutilizar, mas não atende ao propósito desta pesquisa, configurando outro cenário que não atinge a dimensão social.

Figura 28: Comparativos da acv para os três cenários de descarte (avaliação de danos)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

O impacto do ciclo de vida com cenário de descarte para reciclagem apresenta o menor percentual para as categorias de danos consideradas.

Abaixo, a figura 29 apresenta o comparativo na caracterização dos impactos gerados.

A doação, por motivos já explanados, apresenta pontuação máxima em todas as categorias, com exceção das emissões orgânicas onde o cenário aterro atinge a pontuação máxima.

Na categoria minerais os cenários de descarte para aterro e reciclagem apresentam o mesmo nível de impacto que é o menor entre todas as categorias avaliadas.

Figura 29: Comparativos da acv para os três cenários de descarte (caracterização)

Fonte: SimaPRO 8.1.16 *Faculty*

Na categoria acidificação/eutrofização encontra-se uma diferença de mais de 20 pontos percentuais entre os impactos gerados no ciclo de vida com cenário de descarte aterro (97%) em relação ao cenário de descarte reciclagem 71,1%, seguramente devido às emissões de gases na atmosfera no processo de decomposição dos rejeitos no aterro sanitário.

5. CONCLUSÕES

A ferramenta SimaPro 8.1.16 *Faculty* permitiu a elaboração do inventário sistema–produto por meio da entrada de dados de materiais, de consumo de energia e transporte. O software, então, gerou a rede de processos com a distribuição da contribuição do impacto total do ciclo de vida do produto.

Os relatórios são apresentados em gráficos, para a caracterização dos impactos em cada uma das onze categorias citadas pelo *Eco-indicator 99*, e no gráfico para o impacto do ciclo total sobre as categorias de danos com impacto na saúde humana, qualidade do ecossistema e recursos utilizados.

A ausência de base de dados com projetos de processos brasileiros é um obstáculo à boa condução do estudo, contudo, diante da distribuição da produção têxtil e de confecção entre diversos continentes e países permite a utilização de base de dados internacionais, como na situação de produção dos chips e fio de poliamida importados por uma indústria do Rio Grande do Sul. É possível utilizar o processo de produção da malharia com a base de dados europeia no que se refere a produção, pois seu parque fabril, para a produção, tingimento e acabamento da malharia, é equipado com maquinário similares aos utilizados no Brasil. Porém a matriz energética para o processo europeu não é a mesma, o que certamente gera um nível de incerteza para os resultados.

Para os impactos gerados na categoria de danos na qualidade do ecossistema e recursos a montagem da calça apresentou maior impacto apontando uma necessidade de rever processos, como reduzir operações de costura e/ou reduzir o consumo de matéria–prima, por meio de um estudo de modelagem, por exemplo.

Apesar da baixa contribuição da fase de destino final no total dos impactos ambientais gerados no ciclo de vida da calça é necessário cuidado no descarte. A ampliação do ciclo de vida.

O fato do Brasil apresentar apenas 11% dos seus aterros sanitários funcionando de maneira adequada traz incerteza aos cálculos da ACV que considerou este cenário de descarte.

Toda ação no sentido de ampliar o ciclo de vida de um produto, como por exemplo doação para pessoas carentes, deve ser levado em consideração pois dilui o impacto ambiental gerado pelo consumo de energia, matéria-prima e transporte na fase de montagem.

Em relação ao impacto da fase de uso gerado na categoria carcinogênicos sugere-se uma revisão nos ciclos de lavagens das máquinas de lavar a reduzir consumo de energia e de água tratada numa ênfase aos produtos sintéticos que não necessitam do mesmo processo de limpeza que os produtos confeccionados com fibras celulósicas, por exemplo.

Ainda que as substâncias cancerígenas dispersas na água e ar tenham sido utilizadas para produção de energia na China, o planeta contabiliza apenas 3% de água doce distribuída sobre o globo.

O impacto gerado no uso da terra é resultado de campos agricultáveis inundados para construção das hidrelétricas para a geração de energia. Este fato embasa a necessidade de buscar por outras fontes de energia, como a eólica ou a energia solar, por exemplo.

A logística deve ocupar posição de maior destaque uma vez que os impactos gerados no transporte, seja para a aquisição da matéria-prima, para a gestão dos resíduos da produção, ou pela distribuição do produto, configuram ponto crítico no consumo de combustíveis fósseis, excetuando todo o desgaste sofrido pelos caminhões devido a falta de condições ideais das estradas brasileiras, de uma forma geral, o que reflete em mais impacto ambiental quando se reduz o ciclo de vida dos caminhões. A proposta é encurtar distâncias, produzir e consumir na mesma região, buscando parcerias locais e diversificando a produção regional.

Para estudos futuros é interessante avaliar os impactos gerados por estes processos de forma orientada para produção nacional. Ou seja, com a definição de um inventário específico com o uso de dados reais da região onde está inserida a organização, a fonte de energia e obtenção das matérias-primas.

A realização da análise do ciclo de vida está relacionada, principalmente, com aproximação do produto ou processo com os objetivos da sustentabilidade

ambiental, permite que se identifiquem os passíveis gerados ao longo do ciclo de vida de um produto, com o propósito de reduzi-los ou eliminá-los.

A identificação dos pontos de maior impacto para o meio ambiente no ciclo de vida do berço ao túmulo do produto calça de poliamida 6.6 é dar suporte às novas propostas na escolha de formas de produção que sejam ambientalmente corretas, socialmente justas, economicamente viáveis, territorialmente equilibrada e culturalmente diversas, contemplando os oitos requisitos que Sachs (2002) estabelece para sustentabilidade, a dimensão social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, a econômica, a dimensão política nacional e política internacional.

O software LCA SimaPro 8.1.16 *Faculty* mostrou-se uma ferramenta eficiente para a realização da avaliação do ciclo de vida da calça de poliamida com os três cenários de descarte, permitindo a análise dos impactos ao nível da categoria de danos para a saúde humana, qualidade do ecossistema e recursos e, a possibilitando a análise da carga ambiental por categoria de impacto, de acordo com o que propõe a ISO 14042 sobre os elementos de seleção de definição de categorias para a fase de Avaliação.

REFERÊNCIAS

ABRAFAS, Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas. Indústria de Fibras. <http://www.abrafas.org.br/abrafas/industrias.html> acessado em 08 de 2013.

ALFIERI, Paulo. Tecnologia das Fibras Têxteis III (apostila). Faculdade de Engenharia Industrial – FEI. Departamento de Engenharia Têxtil. São Bernardo – SP, 2012.

ALVES, Salete Martins; OLIVERIA, João Fernando Gomes de. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. São Paulo: Departamento de Eng. Mecânica - EESC-USP, 2007.

ALMEIDA, Cecília M. V. B.; GIANNETTI, Biagio F. Ecologia Industrial – Conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2009.

ARAÚJO, Eli Santos et al. Ecologia Industrial: um Pouco de História. Disponível em <http://www.hottopos.com/regeq12/art2.htm> Acesso em: fev. 2012.

ARDUIN, Rachel Horta. Avaliação do ciclo de vida de produtos têxteis: implicações da alocação/ Rachel Horta Arduin; orientador Sérgio Almeida Pacca. São Carlos, 2013

ARDUIN, Rachel Horta. PACCA, Sérgio Almeida. O Estado da Arte da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Setor Têxtil e do Vestuário. 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida em Produtos e Serviços. Florianópolis – SC, 2010.

AUSTIN ASIS, Análise Setorial de Plásticos. <http://simpep.com.br/wp/wp-content/uploads/2011/04/pesquisa-Austin-II.pdf> acessado em 08 de 2013.

BARBIERI, José C. Desenvolvimento e meio ambiente. As estratégias de mudanças da agenda 21. 5. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

BERSEN, Jens. Design: defina primeiro o problema. Florianópolis: Ed.SENAI/LBDI, 1995.

BARBOSA, M.C; ROSA, E.S.; CORREA, A.P.; GOMES, P.D. SETOR DE FIBRAS SINTÉTICAS E SUPRIMENTO DE INTERMEDIÁRIOS PETROQUÍMICOS, **BNDES**– Banco Nacional de Desenvolvimento– Setorial, Rio de Janeiro, 2004 n. 20, p. 77-126: (2004). http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Complexo_Petroquimico/200409_6.html acessado em 08 de 2013.

BROEGA, Cristina; CARVALHO, Cristina; MORAES, Carla. Metodologia de Eco-Design no Ciclo da Moda: Reutilização e reciclagem do desperdício de vestuário. In: Anais do VI Congresso Nacional de Pesquisa em Design, 2011.

CARVALHO, Paula G.C.A. Aplicação do Programa LCA SimaPro na Avaliação do Impacto Ambiental causado na Produção e Exploração *Offshore* de Petróleo. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008.

CIETTA, Enrico. A Revolução do fast-fashion: estratégias e modelos organizativos para competir nas indústrias híbridas. São Paulo: Ed. Estação das Letras e Cores, 2010.

CIENCHAŇSKA, D; NOUSIAINEN, P. Cellulosic fibre and fabric processing. In: Biodegradable and sustainable fibres. Edited by R. S. Blackburn. Cambridge Woodhead Publishing and The Textile Institute, 2005.

CHEHEBE, José Ribamar. Análise do Ciclo de Vida dos produtos – ferramenta gerencial da ISO 14.000. Ed. Qualitymark. Rio de Janeiro. 1998.

CHERUBINI, E.; RIBEIRO, P.T. Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia : desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – Ibict, Brasília, Distrito Federal, 2015.

CÓ, FÁBIO ALMEIDA, 2005; “A transdisciplinaridade fomentando o pensamento enxuto e sustentável na indústria da construção civil: a criação do modelo lean + green”.

COTAÇÕES BOVESPA, Sinopse setorial - Têxtil e Confecções, 2011.
<http://www.investinfo.com.br/abril exame/sinopse-setorial.aspx?codSubSetor=074> acessado em 08 de 2013.

DAHLLÖF, L. Methodological Issues in the LCA Procedure for the Textile Sector – A case study concerning fabric for a sofa. Chalmers University of Technology, 2004.

DREHER, B. A. Iniciativas de reprojeto de produto visando a redução de impactos ambientais – um estudo de caso na indústria moveleira. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Curitiba, 2013.

ERKMAN S.; FRANCIS, C.; RAMASWAMY R. Ecologia Industrial: uma agenda para a evolução do sistema industrial. Cadernos de Preposições para o Século XXI, 12. São Paulo: Instituto Pólis, 2005.

EC– JRC. European Commission – Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD)

Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance.

EUR 24708EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010..
Traduzido por Luiz Marcos Vasconcelos. Revisado por Armanado Caldeira-Pires. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBCT), Brasília, Distrito Federal, 2014.

FANTONI, Roberto Filippini. Como a poliamida substituiu a seda: uma história da descoberta da poliamida 66. **Polímeros**, São Carlos , v. 22,n. 1,p. 1–6, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282012000100003&lng=pt&nrm=iso> acessado em junho de 2015.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012000100003>.

FINKLER, Maira et al. Compósitos de HDPE com Resíduos de Fibras Têxteis. Parte I: Caracterização Mecânica. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 15, nº 3, p. 171-175, 2005.

FLETCHER, K; GROSE, L. *Moda e Sustentabilidade: Design para mudança*. São Paulo: Ed. Senac, 2011.

GASI, F.; **BITTENCOURT**, E.; **VASCONSELOS**, F.B. Estudo comparativo das propriedades de permeabilidade ao vapor transporte de umidade e proteção ultravioleta em malhas de poliamida 6.6 e poliéster com elastano. *Química têxtil*. Número 98. Março de 2010. Disponível em: www.abqct.com.br/revistas/pdf/QT_98.pdf. Acessado em agosto de 2015.

GRAEDEL, T. E. *Streamlined Life Cycle Assessment*. By Bell Laboratories, Lucent Technologies. New Jersey: Ed. Prentice Hall, 1998.

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. 2008. <http://acv.ibict.br/> Acessado em 08/2013.

IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Desenvolvimento sustentável e avaliação do ciclo de vida. / Coordenação de conteúdo, Celina Maria Schmitt Rosa Lamb e Nilce Teresinha Puga Nass. – 33 p.: Confederação Nacional da Indústria – CNI, Brasília, Distrito Federal, 2014.

LESKO, Jim. *Design Industrial - Guia de Materiais e Fabricação*. 2a edição. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2012.

LEVI STRAUSS & CO. *A Product Lifecycle Approach to Sustainability*. San Francisco, CA, 2009.

LIMA, Angela Maria Ferreira. *Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil – Inserção de Perspectivas*. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador – BA, 2007.

LÖBACH, Bernd. Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. Tradução: Freddy Van Camp. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 2001, 206p.

MALUF, E.; **KOLBE**, W. Manual – Dados técnicos para a indústria têxtil. 2ª ed. São Paulo, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas e ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e da Confeção, 2003.

MANZINI, Ezio; **VEZZOLI**, Carlo. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. São Paulo: Ed. Edusp, 2009.

MARTELI, A. J. S. Análise do gerenciamento de resíduos de tecidos sintéticos nas empresas de confecções do Município de Cianorte. 94 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Paraná, SENAI – PR, Universität Stuttgart, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Curitiba, Paraná. 2011.

PEREIRA, Gislaíne de Souza. Materiais e Processos Têxteis (apostila). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Departamento Têxtil. Campus Araranguá – SC, 2009.

PRÉ CONSULTANTS SimaPro:version 5.0, [S.l]: *Product Ecology Consultants*, 001b.

PRÉ CONSULTANTS, 2006; *“Introduction to LCA with SimaPro 7”*.

PRÉ CONSULTANTS, 2006; *“SimaPro 7 Tutorial”*

QUEIROZ, Leila Lemgruber. O lixo urbano e a questão do Ecodesign: a relevância do plástico biodegradável. Dissertação (mestrado em Design) Departamento de artes e Design, PUC-Rio, Rio de Janeiro –RJ, 2003.

RABELO, M. Aditivção de Polímeros. São Paulo: Ed. Artliber, 2000.

RECH, Sandra. Moda Palavra – Fundamentos da gestão do design de moda. Vol. 3. Florianópolis: Centro de Artes (CEART)/UDESC, 2004.

RICKEN, L. C.; POZZA, P. P.; TEIXEIRA, J. A. Eco-design: escolha de materiais visando sustentabilidade e processos de fabricação. In: Anais do 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. ISBN: 978-85-60186-03-7. Associação de Ensino e Pesquisa de Nível Superior de Design do Brasil. São Paulo, 2008.

ROCHA, Mateus Henrique; Avaliação da Eco-Eficiência Ambiental da Vinhaça para diferentes formas de disposição aplicando ACV. II Workshop de Gestão de Energia e Resíduos na Agroindústria Sucroalcooleira , Pirassununga, Brasil, 2007.

SANTIS, Sandra Helena da Silva de. A implantação do Sistema de Gestão e Qualidade em uma Indústria de pequeno porte/ Sandra helen...; Orientador João Paulo Pereira Marcicano. – São Paulo, 2013.200.f.il Dissertação (Mestrado em ciências) – Programa de Pós-GRaduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidades de São Paulo.

SCARLATO, F.; PONTIM, J. A. Do nicho ao lixo: sociedade, ambiente e educação. São Paulo: Ed. Atual, 1992.

SCHWAB, Klaus. The Global Competitiveness Report 2010 – 2011. In: World Economic Forum. Genebra, Suíça, 2010.

SETAC - *Society for Environmental Toxicology and Chemistry. Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice*. 1ª edição. Bruxelas. 1993.

SILVA, G.A. Avaliação do Ciclo de Vida: Tendências, Aplicabilidade Oportunidades e Perspectivas ACV: Uma ferramenta para os desafios da Sustentabilidade GP2 Grupo de Prevenção da Poluição EPUSP Gil Anderi da Silva 24/03/2015FÓRRUM MINEIRO DE PRODUÇÃO E CONSUMO SUSTENTÁVEL

SOARES, A. et al. Produção de Nylon. QUI610 Projeto FEUP, Porto, 2010.

http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/ Acessado em 01/2015

SOUZA, Gislaine de. Apostila Técnica MPTEX parte 2. Araranguá: Ed CEFET, 2010.
<https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/3/3e/MPTEX2.pdf>. Acessado em 01/2015

TAKAHASHI, Fabiana, et.al. Avaliação do Ciclo de vida dos Produtos: Uma Ferramenta de Controle Ambiental. II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos, Ponta Grossa, Brasil, 2006.

TRIGUEIRO, André. Mundo Sustentável: abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação. São Paulo: Editora Globo, 2005.

UAGAYA, C.M.L. Avaliação do Ciclo de Vida. SB10 BRAZIL Building 2010 Brazil, São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em:
https://www.ecoinvent.org/.../131021_ugaya_avaliao_do_ciclo_de_vida.pdf
acessado em 06 de 2014.

VASCONCELOS, F. B. Influência dos parâmetros de regulação de máquina nas características físicas de malhas de poliamida-elastano. 2012. 150f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em TÊXTIL E Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.

VASCONSELOS, F.B., A Sustentabilidade das Fibras Têxteis: Estudo Comparativo das Características Ambientais das Principais Fibras Têxteis. ALYA FIBRA,2010. Disponível em <http://www.alya.com.br/site/alya/pt/curiosidades/curiosidades.aspx> acessado em 08 de 2013.

ZOLDAN, M.A. Análise dos requisitos organizacionais para a avaliação do ciclo de vida (ACV) de produtos madeireiros. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa, Paraná, 2008.