Universidade de São Paulo
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade

WELTON FERNANDO ZONATTI

**Geração de resíduos sólidos da indústria
brasileira têxtil e de confecção: materiais e
processos para reuso e reciclagem**

São Paulo
2016

Universidade de São Paulo
Escola de Artes, Ciências e Humanidades
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade

WELTON FERNANDO ZONATTI

Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem

Tese apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 14 de março de 2016. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Linha de pesquisa: Ciência e Tecnologia Ambiental

Orientadora: Prof^a Dr^a Wânia Duleba

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)

Zonatti, Welton Fernando

Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção : materiais e processos para reuso e reciclagem / Welton Fernando Zonatti ; orientadora, Wânia Duleba. – São Paulo, 2016
250 f. : il

Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo
Versão corrigida

1. Indústria têxtil - Aspectos ambientais. 2. Fibras têxteis. 3. Resíduos sólidos. 4. Impactos ambientais. 5. Sustentabilidade. 6. Resíduos industriais - Reciclagem. 7. Logística reversa. I. Duleba, Wânia, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 677

Nome: ZONATTI, Welton Fernando

Título: **Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem**

Tese apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade.

Linha de pesquisa: Ciência e Tecnologia Ambiental.

Aprovado em: **14/03/2016**

Banca Examinadora

Profa. Dra. Wânia Duleba – EACH/USP

Profa. Dra. Júlia Baruque Ramos – EACH/USP

Prof. Dr. Dib Karam Júnior – EACH/USP

Profa. Dra. Camilla Borelli – FEI

Prof. Dr. Fernando Gasi – UFABC

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Teresa, que sempre esteve ao meu lado me incentivando com suas palavras e atos de afeto e amor.

Quero agradecer imensamente todas as pessoas envolvidas neste trabalho, diretamente ou indiretamente. Venho agradecer a minha orientadora, Profa. Dra. Wânia Duleba, pela paciência e confiança, bem como à minha mentora e amiga, Profa. Dra. Júlia Baruque Ramos, por ter dedicado muito de si na construção de minha vida nos âmbitos pessoal e profissional.

Agradeço, especialmente, ao Júnior Marques por todos os momentos incríveis que passei na vida e por todos os sonhos e aprendizados construídos juntos.

Agradeço aos amigos, que sempre me foram calorosos e amorosos, em especial à Aline Torres, Talita Oliveira, Rosa Ali, Regina Senkow, Ana Paula Ruiz Campos, Hector Ruiz Campos, Marino Marques, Andreia Pereira, Fábio Lima, Priscila Carvalho, Fernando Carrilho, Daniela Sacramento, Neildes Santana, Helisson Andrade, Daniel Mota e Bruno Albuquerque.

Agradeço ao Sr. Isaac Sayeg pela paciência e dedicação no auxílio da realização de parte de minha pesquisa em seu laboratório no Instituto de Geociências da USP, ao Sr. Cardoso, representante da Laroche no Brasil, pela entrevista concedida, ao Sr. Alessandro Gadelha, diretor comercial do Grupo Wolf, aos Srs. Jonas Lessa e Lucas Corvalho, sócios da empresa Retalhar, e à equipe de profissionais da ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção.

Agradeço também a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), ao corpo técnico do setor de pós-graduação da EACH/USP, ao corpo técnico dos laboratórios multidisciplinares da EACH/USP e ao corpo docente do curso de pós-graduação em Sustentabilidade da Universidade de São Paulo.

“A força não provém da capacidade física.

Provém de uma vontade indomável”.

Mahatma Gandhi

RESUMO

ZONATTI, W. F. **Geração de resíduos sólidos da indústria brasileira têxtil e de confecção: materiais e processos para reuso e reciclagem**. 2016. 250 p. Tese (Doutorado em Sustentabilidade) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Versão corrigida.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais dos setores têxtil e confeccionista, sendo importante produtor de fibras, fios, tecidos planos e de malha. Apesar destes setores serem altamente lucrativos, a cadeia produtiva têxtil gera impactos consideráveis ao meio ambiente. Particularmente a porção final da cadeia é problemática: toneladas de resíduos têxteis são descartadas diariamente nos grandes polos têxtil e confeccionista do país. Esse acúmulo de resíduos é grande problema para agências governamentais e particulares que gerenciam o lixo urbano. Uma maneira de mitigar essa situação é a reciclagem têxtil. O presente estudo teve como objetivo realizar o estado da arte das informações e publicações sobre reciclagem têxtil, bem como analisar e comparar quantitativamente os impactos ambientais das matérias-primas constituintes das fibras têxteis mais utilizadas no Brasil. Para isto, foram realizadas: i) análise crítica da literatura e ii) coleta de informações com fabricantes de maquinários, empresas e indústrias nacionais que realizam reciclagem têxtil. Também foi avaliado o impacto ambiental das fibras poliéster e poliamida por meio do programa *SolidWorks® Sustainability*. A partir do levantamento bibliográfico e das informações obtidas em visitas técnicas, constatou-se o campo da reciclagem têxtil, além de ser relativamente recente no Brasil, é estratégico para empresas no que cerne a competitividade, uma vez que o reprocessamento de matérias-primas descartadas diminui os custos processuais na manufatura de novos produtos. Além disso, o reuso e/ou a logística reversa de resíduos sólidos contribui sensivelmente para diminuir os impactos ambientais. Com relação ao impacto ambiental das fibras, constatou-se que a produção da matéria-prima poliamida apresenta maior impacto em todos os quesitos analisados: emissão de CO₂ (140 KgCO₂eq), gasto energético na sua produção (2.300 MJ), acidificação do ar (0,208 KgSO₂eq), eutrofização da água (0,036 KgPO₄eq) e custo financeiro (US\$ 58,50 em 2015). Já a produção da matéria-prima do poliéster apresentou emissão de 46 KgCO₂eq, gasto energético de 1.000 MJ, acidificação do ar de 0,089 KgSO₂eq, eutrofização da água de 0,012 KgPO₄eq e custo financeiro de US\$ 26,50 em 2015. O algodão, por sua vez, é a fibra com maior impacto relacionado à saúde humana, à qualidade do ecossistema e dos recursos naturais por utilizar fertilizantes, inseticidas, herbicidas e outros químicos para controle de doenças em sua produção.

Palavras-chave: Têxtil; Fibras; Resíduos Sólidos; Impactos Ambientais; Reuso; Reciclagem; Logística Reversa.

ABSTRACT

ZONATTI, W. F. **Generation of solid waste from brazilian textile and apparel industry: materials and processes for reuse and recycling**. 2016. 250 p. Thesis (PhD in Sustainability) - School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2016. Corrected version.

Brazil is one of the largest producers of textiles and clothing manufacturer sectors, with major producer of fibers, yarns, woven fabrics and knitted. Although these sectors are highly profitable, the textile production chain generates considerable environmental impacts. Particularly the final portion of the chain is problematic: tons of textile waste are discarded every day in the major textile and clothing manufacturer poles of the country. This accumulation of waste is big problem for government and private agencies that manage urban waste. One way to mitigate this situation is the textile recycling. This study aimed to carry out the state of the art information and publications on textile recycling, and analyze and quantitatively compare the environmental impacts of raw material constituents of textile fibers most used in Brazil. To this were done: i) analysis of literature and ii) collecting information with machinery manufacturers, enterprises and domestic industries that perform textile recycling. The environmental impact of polyester and polyamide fibers through SolidWorks® Sustainability software was also evaluated. From the literature and information obtained in technical visits, there was the field of textile recycling, in addition to being relatively recent in Brazil is strategic for companies with core competitiveness, since the reprocessing of discarded materials reduces process costs in the manufacture of new products. Also, the reuse and/or reverse logistics waste contributes significantly to reducing environmental impacts. With regard to the environmental impact of the fiber, it was found that the production of raw polyamide has greater impact in all aspects analyzed: CO₂ (140 KgCO₂eq), energy expenditure in production (2.300 MJ), acidification of air (0.208 KgSO₂eq), water eutrophication (0.036 KgPO₄eq) and financial cost (US\$ 58.50 in 2015). The production of the raw material of polyester presented emission 46 KgCO₂eq, energy expenditure of 1,000 MJ, acidification of air 0.089 KgSO₂eq, water eutrophication 0.012 KgPO₄eq and financial cost of US\$ 26.50 in 2015. Cotton is the fiber with greater impact related to human health, ecosystem quality and natural resources by using fertilizers, insecticides, herbicides and other chemicals for disease control in production.

Keywords: Textile; Fibers; Solid Waste; Environmental Impacts; Reuse; Recycling; Reverse Logistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Tripple Bottom Line</i> ou Tripé da Sustentabilidade.....	23
Figura 3 – Controle Final de Tubo.....	25
Figura 3 – Metodologia da Produção mais Limpa (P+L).....	26
Figura 4 – Exemplo de encaixe digitalizado.....	30
Figura 5 – Operador de enfesto realizando o corte dos moldes com várias camadas de tecido sobrepostas.....	31
Figura 6 – Exemplo de um levantamento de entradas e saídas de processos e os resíduos correspondentes a cada processo para ACV do tecido Jersey de malha 100% algodão.....	36
Figura 7 – Gerenciamento da cadeia de suprimentos direta x reversa.....	45
Figura 8 – Canais reversos de revalorização.....	48
Figura 9 – Letreiro na entrada do bairro do Bom Retiro.....	59
Figura 10 – Principal rua do bairro do Bom Retiro: a José Paulino.....	60
Figura 11 – Fluxograma atual do destino dado aos refugos têxteis no bairro do Bom Retiro.....	75
Figura 12 – Fluxograma do destino dado aos refugos têxteis no bairro do Bom Retiro após a implantação do Projeto Retalho Fashion.....	77
Figura 13 – Trabalho artesanal com o reuso de têxteis.....	79
Figura 14 – Tipos de reciclagem têxtil conforme o processo.....	85
Figura 15 – Máquina <i>Minitrim</i> abridora de orelas da empresa Laroche.....	87
Figura 16 – Máquina <i>Starcut 500</i> cortadeira rotativa da empresa Laroche.....	88
Figura 17 – Máquina desfibradeira <i>Cadette</i> da empresa Laroche e detalhe ampliado dos pinos metálicos que realizam a desfibragem dos resíduos têxteis.....	89
Figura 18 – Máquina <i>Jumbo</i> da empresa Laroche.....	89
Figura 19 – Fluxograma para desfibragem de resíduos têxteis: fase anterior a uma possível nova fiação.....	90
Figura 20 – Exemplos de materiais compósitos.....	92
Figura 21 – Metodologia para análise das amostras têxteis no MEV.....	122
Figura 22 – Brindes produzidos a partir de uniformes descartados.....	140
Figura 23 – Exemplos de desfibrados têxteis.....	146
Figura 24 – Amostras de resíduos têxteis cedidos pela “Empresa X”.....	150
Figura 25 – Elementos encontrados na amostra de resíduos têxteis separados manualmente.....	151
Figura 26 – Exemplos de amostras de resíduos têxteis separadas manualmente contendo fios e paetês metálicos e metalizados.....	151
Figura 27 – Amostras dos enfestos separados manualmente.....	153
Figura 28 – Diferentes tipos de papel (papel kraft, seda, sulfite utilizado na impressão dos moldes, etc) misturados aos resíduos têxteis e separados manualmente.....	153
Figura 29 – Amostras de resíduos têxteis com composição e/ou cores distintas separadas manualmente.....	154
Figura 30 – Máquina picotadeira de aparas grandes e detalhe ampliado.....	159
Figura 31 – Poliamida picotada, aglutinada e seca na cor branca e preta (mistura de cores).....	160
Figura 32 – Detalhe do silo misturador processando as aparas de poliamida e podendo aplicar aditivos diversos.....	160
Figura 33 – Diferentes tipos de aditivos.....	161
Figura 34 – Material têxtil aglutinado inserido no silo, etapa que antecede sua fundição.....	162
Figura 35 – Poliamida sendo fundida, etapa que antecede a produção dos filamentos e dos chips.....	162

Figura 36 – Chips de poliamida já prontos.....	163
Figura 37 – Detalhe dos dentes metálicos da trituradora de materiais altamente resistentes.....	163
Figura 38 – Embalagens de polipropileno e detalhes do material triturado.....	164
Figura 39 – Aparas têxteis enfardadas.....	166
Figura 40 – Produtos da indústria automobilística feitos com matéria-prima reciclada.....	167
Figura 41 – Análise morfológica das amostras têxteis.....	172
Figura 42 – Materiais particulados.....	173
Figura 43 – Representação gráfica da comparação entre os impactos ambientais para a produção de 1 kg das matérias-primas constituintes das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET) determinados através do <i>SolidWorks® Sustainability</i>	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de aplicação de Produção Mais limpa na indústria têxtil.....	27
Tabela 2 – Evolução do desenvolvimento tecnológico em indústrias têxteis.....	28
Tabela 3 – Comparação dos resultados e variáveis de estudos que realizaram a ACV para uma calça jeans.....	38
Tabela 4 – Potencial de aquecimento global (GWP) dos principais gases de efeito estufa.....	42
Tabela 5 – Pegada de Carbono estimada de alguns artigos têxteis.....	43
Tabela 6 – Inovações das indústrias têxteis em relação à diminuição das emissões de CO ₂	44
Tabela 7 – Consumo interno de vestuário e participação das importações de vestuário no mercado nacional.....	54
Tabela 8 – Polos têxteis no Estado de São Paulo.....	55
Tabela 9 – Evolução quanto à adequação das instalações de destinação final dos resíduos sólidos urbanos dos municípios do Estado de São Paulo.....	63
Tabela 10 – Evolução quanto aos índices que reproduzem as condições de disposição dos resíduos sólidos urbanos dos municípios do Estado de São Paulo.....	63
Tabela 11 – Proposta de emenda à Constituição (PEC) e Projetos de Leis (PL) que envolvem a PNRS e o setor têxtil direta ou indiretamente.....	71
Tabela 12 – Medidas que visam a reutilização de resíduos têxteis dentro do processo produtivo através da P+L.....	78
Tabela 13 – Concentrações usuais de elementos-traço encontrados em corantes (em µg/g).....	108
Tabela 14 – Liberação absoluta e participação relativa (%) das fontes na emissão de PCDF/PCDF no produto, em 2008.....	112
Tabela 15 – Limites para elementos-traço em têxteis sugerido por diferentes padrões ecológicos.....	114
Tabela 16 – Tipos de resíduos sólidos recolhidos no bairro do Bom Retiro (Kg)....	128
Tabela 17 – Tipos de resíduos sólidos recolhidos no bairro do Bom Retiro (%).....	128
Tabela 18 – Composição dos resíduos têxteis da amostragem recolhida no bairro do Bom Retiro (%).....	129
Tabela 19 – Produção Brasileira de produtos acabados (ton/ano) e respectivos desperdícios (%).....	133
Tabela 20 – Elementos químicos encontrados nos materiais particulados presentes nas amostras através das análises experimentais em MEV.....	173
Tabela 21 – Comparação entre os impactos ambientais para a produção de 1 kg das matérias-primas constituintes das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET) determinados através do <i>SolidWorks® Sustainability</i>	179
Tabela 22 – Impactos ambientais associados às fibras têxteis.....	181
Tabela 23 – Energia primária não renovável e emissões de CO ₂ , NO _x , particulados totais e SO ₂ para a produção de 1 kg de fibra de algodão produzida na Índia.....	182
Tabela 24 – Energia primária não renovável e emissões de CO ₂ , NO _x , particulados totais e SO ₂ para a produção de 1 kg de fibra de algodão produzida na China.....	183
Tabela 25 – Índice de referência das fibras têxteis em relação aos impactos ambientais.....	187

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Roteiro de entrevista com representante da empresa Laroche – Sr. Cardoso.....	216
APÊNDICE 2 – Roteiro de entrevista com representantes da “Empresa X” e do Grupo Wolf.....	217
APÊNDICE 3 – Microscopias feitas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).....	218
APÊNDICE 4 – Utilização do <i>SolidWorks® Sustainability</i> para análise de impacto ambiental das matérias-primas da poliamida 6 e do poliéster (PET).....	219

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Linha de produção dos maquinários de desfibramento de resíduos têxteis.....	220
ANEXO 2 – Patentes brasileiras de reciclagem química de têxteis.....	225

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2,3,7,8-TCDD – 2,3,7,8-Tetraclorodibenzeno-p-diozina
AACD – Associação de Assistência à Criança Deficiente
ABAL – Associação Brasileira do Alumínio
ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
ABQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV – Avaliação do Ciclo de Vida
ADEME – Agence De L'environnement et de la Maîtrise de L'énergie
AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica
AMLURB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
CDL – Certificado de Dispensa de Licença
CDL – Câmara dos Dirigentes Lojistas do Bom Retiro
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CLM – Council of Logistics Management
CNI – Confederação Nacional da Indústria
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COOPA-ROCA – Cooperativa de Trabalho Artesanal e de Costura da Rocinha Ltda.
CRT – Council for Textile Recycling
EFM – Ecological Footprint Method
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A
EPG – European Product Guarantee
FECOP – Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição
FEHIDRO – Fundo Estadual de Recursos Hídricos
FIERGS - Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul
FOB – Free on board
FSC – Fluido supercrítico
GEE – Gases de Efeito Estufa
GTT - Grupo de Trabalho Temático
GWP – Global Warming Potential
HCB – Hexaclorobenzeno
HMDA – Hexametilenodiamina
HPA's – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICV – Inventários de Ciclo de Vida
ICMS – Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial
INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry
LOGA – Logística Ambiental de São Paulo S/A
MMA – Ministério do Meio Ambiente
M.S.T. – Markenzeichen Schadstoffgeprüfter Textilien
NAS – National Academy of Sciences

NIP – Plano de Implementação Nacional
NRC – *National Research Council*
OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG – Organização Não Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
OXFAM – *Oxford Committee for Famine Relief*
P2 – Prevenção da Poluição
P+L – Produção Mais Limpa
PCB – Bifenilos Policlorados
PCDD – Dibenzo-p-dioxinas policloradas
PCDF – Policlorodibenzofuranos
P-cloranil –Tetracloro-p-benzoquinona
PEC – Proposta de emenda à Constituição
PET – Politereftalato de etileno
pH – Potencial Hidrogeniônico
PIB – Produto Interno Bruto
PL – Projeto de Lei
PNAPRI – Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais de Portugal
PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010)
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo
POP's – Poluentes Orgânicos Persistentes
SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SINDFIATEC – Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Fiação e Tecelagem de Campinas e Região
SINDITÊXTIL-SP – Sindicato das Indústrias de Fiação e Tecelagem do Estado de São Paulo
STAR – Sistema de tratamento de águas residuais
T.G.S. – Teoria Geral de Sistemas
TRA – *Textile Recycling Association*
TRSD –Taxa de Resíduos Sólidos Domiciliares
UNCTAD – *United Nations Conference on Trade and Development*
UNEP – United Nations Environment Programme
UNIBES – União Brasileiro-Israelita do Bem-Estar Social
WWF – *World Wide Fund for Nature*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	19
2.1. Objetivo geral	19
2.2. Objetivos específicos	19
3. JUSTIFICATIVA	20
4. REVISAO BIBLIOGRÁFICA	21
4.1. O surgimento da Sustentabilidade	21
4.2. Instrumentos de Gerenciamento Ambiental	23
4.2.1. Prevenção da Poluição (P2)	24
4.2.2. Produção Mais Limpa (P+L)	26
4.2.3. Avaliação do Ciclo de Vida de Têxteis	31
4.2.4. Pegadas Ecológica, Hídrica e de Carbono	39
4.2.5. Logística Direta e Logística Reversa	35
4.3. Dados do setor têxtil brasileiro	50
4.4. Estado de São Paulo e a produção têxtil	55
4.5. Cidade de São Paulo e o polo confeccionista do bairro do Bom Retiro	57
4.6. Resíduos sólidos no Brasil	60
4.6.1. Resíduos urbanos	62
4.6.2. Resíduos industriais	64
4.7. Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS	66
4.7.1. Outros projetos de lei que envolvem a PNRS e o setor têxtil	70
4.8. Projeto Retalho Fashion: plano de gerenciamento de resíduos têxteis no Bairro do Bom Retiro como ferramenta aplicada à Logística Reversa	73
4.9. Tecnologias para reuso e reciclagem de têxteis	77
4.9.1. Reuso	77
4.9.2. Reciclagem	81
4.10. Tipos de reciclagem têxtil	85
4.10.1. Reciclagem Mecânica	86
4.10.2. Reciclagem Química	93
4.10.3. Mix de Tecnologias	95
4.10.4. Reciclagem Térmica	97
4.11. Reuso e reciclagem têxtil em alguns outros países	100
4.12. Segurança química e biológica dos resíduos têxteis	105
4.12.1. Elementos contaminantes em têxteis	106
5. METODOLOGIA	116
5.1. Visitas técnicas e entrevistas	117
5.1.1. Visita técnica à <i>Startup</i> Retalhar	118
5.1.2. Visita técnica à indústria de reciclagem têxtil de pequeno porte situada no Estado de São Paulo	118
5.1.2.1. Análise dos resíduos têxteis obtidos na “Empresa X”	118
5.1.3. Visita técnica à indústria de reciclagem têxtil de médio porte Grupo Wolf	119
5.2. Análise de contaminantes presentes em amostras de resíduos têxteis: MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura com EDS acoplado	119
5.2.1. Metodologia para análise de têxteis no MEV	121
5.3. Utilização do <i>SolidWorks® Sustainability</i> para análise de impacto ambiental das matérias-primas das fibras de poliamida 6 e de poliéster (PET)	122
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
6.1. Produção industrial, geração de resíduos e a reciclagem têxtil	125
6.2. Obtenção de dados sobre os processos de reciclagem têxtil	132
6.3. Visita técnica à Empresa Retalhar	138
6.4. Visita técnica à “Empresa X”	142

6.4.1. Matéria-prima.....	142
6.4.2. Volume de matéria prima processada e seu valor comercial.....	143
6.4.3. Maquinários para reciclagem mecânica.....	124
6.4.4. Processos de desfibragem.....	145
6.4.5. Aplicações das principais matérias-primas recicladas.....	126
6.4.6. Resíduos dos resíduos.....	147
6.4.7. Falta de incentivos fiscais para a reciclagem têxtil.....	147
6.5. Análise manual das amostras têxteis e observação das diferentes problemáticas encontradas.....	150
6.6. Visita técnica à empresa Grupo Wolf.....	155
6.6.1. Matéria-prima.....	156
6.6.2. Volume de matéria-prima processada e seu valor comercial.....	157
6.6.3. Maquinários para reciclagem mecânica.....	158
6.6.4. Aplicações das principais matérias-primas recicladas.....	165
6.7. Segurança química e biológica em têxteis.....	167
6.7.1. Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em amostras têxteis.....	169
6.8. Análise dos impactos ambientais da fibra de algodão e das matérias-primas das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET) através do <i>SolidWorks® Sustainability</i>	176
6.9. Considerações finais.....	188
7. CONCLUSÕES.....	191
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	194
APÊNDICES.....	216
ANEXOS.....	220

1. INTRODUÇÃO

A história da manufatura têxtil reflete a evolução dos primórdios da humanidade até a era industrial (MOGAHZY, 2009). O Brasil, notadamente, se configura como um dos maiores produtores mundiais do setor têxtil e do vestuário. É um importante produtor da fibra de algodão, de fios, de tecido plano e de malha, além de estimular o PIB do país gerando milhões de empregos diretos e indiretos no referido setor (IEMI, 2015, IEMI, 2014; NEULS, 2012; ABIT, 2011; MELLO et al, 2007; FINKLER et al., 2005).

Contudo, tal atividade produz diversos problemas ambientais, como por exemplo, a geração de resíduos sólidos oriundos dos processos industriais, confeccionistas e também do pós-consumo. Segundo o SINDITÊXTIL-SP – Sindicato das Indústrias de Fiação e Tecelagem do Estado de São Paulo (2012), são produzidas 175 mil toneladas de aparas têxteis por ano advindas somente dos cortes dos enfeitos das confecções no Brasil.

Em relação ao descarte de peças confeccionadas, estima-se que mais de 150 milhões não têm destinação definida e acabam estocadas ou destruídas. Em média, as coleções têm vendas de 50% a 75%, quando exposta no varejo e as sobras vão para liquidação ou bazar. O que não é vendido é doado, moído, depositado em aterros ou incinerado (FOLHA DE SÃO PAULO, 2012; CASTRO; AMATO-NETO, 2012).

À luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010), que visa o correto gerenciamento dos resíduos sólidos, a reciclagem dos têxteis descartados pode ser considerada como importante ferramenta de preservação ambiental e abundante fonte de matéria-prima para diversos setores industriais. Apesar da consciência dos órgãos governamentais sobre a necessidade da reciclagem, muito ainda falta para que essa prática seja implantada na cadeia produtiva têxtil. No Brasil, estamos apenas começando a dar importância a esse assunto.

A presente tese é um estudo que visou, principalmente, descrever o estado da arte das publicações e informações sobre a reciclagem têxtil e

analisar impacto ambiental das fibras têxteis mais utilizadas no Brasil. Assim, este trabalho, em sua revisão bibliográfica, é dividido em quatro grandes itens:

- i) Sustentabilidade: aborda o surgimento da Sustentabilidade como área autônoma de conhecimento e pesquisa;
- ii) Instrumentos de Gerenciamento Ambiental: são abordados conceitos que tratam do gerenciamento de resíduos sólidos, como a Logística Reversa, entre outros, como a Prevenção à Poluição (P2), Produção Mais Limpa (P+L), Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), todos aplicáveis ao setor têxtil e confeccionista;
- iii) Indústria têxtil e de confecção: aborda o contexto econômico atual do referido setor no Brasil, principalmente do Estado e da cidade de São Paulo;
- iv) Tecnologias para reuso e reciclagem têxtil: aborda alguns processos artesanais envolvidos no reuso de materiais têxteis e também os quatro diferentes tipos de reciclagem específicos para essa matéria-prima.

Posteriormente à revisão bibliográfica são apresentados, no item “Resultados e Discussão”, os dados obtidos por meio de visitas técnicas à empresas e de entrevistas com fabricante de maquinários de reciclagem. Também serão discutidas as análises: i) do impacto ambiental das fibras poliamida 6 e de poliéster (PET) e ii) dos contaminantes presentes em amostras de tecido.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Reunir informações sobre as tecnologias de reuso e reciclagem têxtil e analisar quantitativamente os impactos ambientais das matérias-primas constituintes das fibras têxteis mais utilizadas no Brasil.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- i) Realizar levantamento de dados econômicos, de produção e de volumes de descarte dos setores têxtil e confeccionista no Brasil, em especial no Estado e na cidade de São Paulo;
- ii) Reunir informações técnicas por meio de entrevistas com representantes de empresas fabricantes de maquinários de reciclagem têxtil e visitas técnicas às indústrias e empresas vinculadas à atividade de reuso e de reciclagem têxtil;
- iii) Constatar problemáticas relacionadas às atividades de reuso e de reciclagem têxtil no Brasil, bem como questões relativas à legislação nestes setores;
- iv) Analisar, por meio de programa *SolidWorks® Sustainability*, os impactos ambientais das matérias-primas constituintes das fibras têxteis mais utilizadas no Brasil, poliamida e poliéster, comparando-as com os dados de impacto ambiental da fibra de algodão obtidos em literatura científica.

3. JUSTIFICATIVA

O Brasil se configura como um dos maiores produtores mundiais do setor têxtil e também do vestuário. Apesar de ser relevante para o PIB do país, o referido segmento causa problemas de ordem ambiental por conta do significativo volume de resíduos sólidos avindos dos processos industriais, confeccionistas e também pelo descarte pós-consumo de artigos do vestuário. O bairro do Bom Retiro, em São Paulo, é o maior polo confeccionista da América Latina, por exemplo.

À luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei Federal 12.305 de 02 de agosto de 2010 – que visa, entre outras providências, o correto gerenciamento dos resíduos sólidos, a reciclagem dos têxteis descartados configura-se como uma importante ferramenta de preservação ambiental, bem como caracteriza-se como uma abundante fonte de matérias-primas para o próprio setor e para outros diversos fins. Em adição, não existe legislação ambiental específica para o setor que regulamente níveis de contaminantes químicos e biológicos para os têxteis.

Para entender o cenário de reciclagem têxtil no Brasil, foram realizadas pesquisas de campo, através de visitas técnicas e entrevistas com representantes de empresas recicladoras e fabricante de maquinários de reciclagem. Além disso, foram analisados quantitativamente os impactos ambientais das matérias-primas que constituem as fibras têxteis mais utilizadas no país, poliamida e poliéster, comparando-as com os dados de impacto ambiental da fibra de algodão obtidos em revisão bibliográfica.

Na presente tese, foi relevante elencar informações e dados sobre a área de reuso e reciclagem têxtil no Brasil – corriqueiramente dispersas e de difícil acesso, posto que não foram encontrados em literatura científica dados sobre o referido tema. Deste modo, o presente estudo visa contribuir academicamente para esta área do conhecimento e para futuras pesquisas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. O surgimento da Sustentabilidade

A *National Academy of Sciences (NAS)* ou Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos observou a crescente demanda no que tange a sustentabilidade, como: bolsas de estudo, disciplinas, artigos, congressos, escolas e institutos, além dos *journals*. Deste modo, em 2007, publicou um editorial intitulado *Sustainability Science: A room of its own*. Neste editorial, a PNAS realizou uma análise onde observou o aumento de quase 20% ao ano de artigos relacionados à Sustentabilidade, advindos de áreas como ciências sociais, medicina e engenharia (PNAS, 2007).

Assim, a PNAS aprovou uma sessão de estudos em Sustentabilidade, consolidando essa área do conhecimento como uma ciência autônoma, não precisando mais ser empregada como uma vertente de outras ciências (como a biologia, química, sociologia, entre outras). Hoje, o campo desenvolveu uma agenda de pesquisa do núcleo com um crescente fluxo de resultados e também um crescente número de universidades comprometidas em ensinar seus métodos e resultados. Assim como as ciências agrícolas e ciências da saúde, **a ciência da Sustentabilidade é um campo definido pelos problemas que aborda e não por disciplinas que emprega** (PNAS, 2007), **baseando-se na interdisciplinaridade** (MELO NETO; STACCIARINI, 2011; SILVA, 2000, STOKES, 2008).

O conceito de Sustentabilidade, primeiramente concebido como Desenvolvimento Sustentável, começou a ser elaborado em 1973, um ano depois da Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente ou Conferência de Estocolmo – um grande marco ambiental, mas sua projeção mundial só ocorreu em 1987 (PEREIRA, 2011; DIAS, 1992). Ela compreende as complexas dinâmicas que surgem da relação homem-meio ambiente (PNAS, 2007) e se baseia também no processo político-participativo que integra sustentabilidades econômica, cultural, além das sustentabilidades coletivas e individuais, para o alcance e a manutenção da qualidade de vida,

seja nos momentos de presença de recursos, ou quando há períodos de escassez, cujas perspectivas são a cooperação e a solidariedade entre os povos e as gerações (KATES et al, 2001).

Assim, faz-se resgatar e construir um conjunto de ações e reflexões que propicie atitudes compromissadas com outro paradigma de sociedade e organização social, apontado para a importância do sentido de pertencimento, participação e responsabilidade (YOUNG; HAMSHIRE, 2000).

Além disso, a Sustentabilidade procura facilitar o que a *National Research Council - NRC* ou Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos chama de “transição para a Sustentabilidade”, através das seguintes indagações (PNAS, 2007):

- i) Como podem as interações entre “homem x meio-ambiente” serem melhor incorporadas em modelos emergentes que integrem a capacidade da Terra e o desenvolvimento sustentável?
- ii) Como são as tendências, a longo prazo, em relação às interações homem-natureza?
- iii) Quais os fatores que determinam os limites de resiliência e as fontes de vulnerabilidade?
- iv) Quais incentivos são mais eficazes para melhorar a capacidade social em buscar formas de vida e de produção mais sustentáveis?
- v) Como pode a ciência e a tecnologia serem melhores aproveitadas afim de promover a sustentabilidade?

Mais recentemente, delineados pela Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizado em 2002 em Joanesburgo, na África do Sul, também são objetivos da Sustentabilidade (PNAS, 2007; UNITED NATIONS, 2014):

- i) Promover melhoria no acesso à água potável e em quantidade suficiente;
- ii) Avançar nos estudos sobre energia limpa e fabricação de produtos sustentáveis;

- iii) Melhorar a produção agrícola e a segurança alimentar; orientar as rápidas urbanizações; estudar o uso mais eficaz dos recursos naturais para diminuir a pobreza;
- iv) Estudar sobre mudanças climáticas; estudar sobre a conservação do ecossistema e a conservação da biodiversidade.

Deste modo, os cientistas que procuram promover a transição para a Sustentabilidade devem se engajar em pesquisas de ponta e em pesquisas que vão desde os sistemas complexos culturais à ecologia política (PNAS, 2007) e, diferentemente das pesquisas puras ou aplicadas, a Sustentabilidade é a pesquisa básica inspirada pelo uso, uma vez que o uso desta ciência resulta numa aplicação real no que tange a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos em diversas esferas (STOKES, 2008) (**Figura 1**).

Figura 1 – *Tripple Bottom Line* ou Tripé da Sustentabilidade

Fonte: (Adaptado de PNAS, 2007)

4.2. Instrumentos de Gerenciamento Ambiental

Gestão Ambiental é um sistema de administração empresarial que dá ênfase na Sustentabilidade. Desta forma, a gestão ambiental visa o uso de práticas e métodos administrativos que reduziram ao máximo o impacto ambiental das atividades econômicas nos recursos da natureza (BITAR; ORTEGA, 1998).

Já os Instrumentos de Gerenciamento Ambiental, também denominados de Instrumentos de Gestão Ambiental, são entendidos como "a sistematização de procedimentos técnicos e administrativos para assegurar a melhoria e o aprimoramento contínuo do desempenho ambiental de um empreendimento ou de uma área a ser protegida e, em decorrência, obter o reconhecimento de conformidade das medidas e práticas adotadas" (BITAR; ORTEGA, 1998).

A preocupação efetiva com o meio ambiente, no âmbito global, até a década de 1970, restringia-se ao mero cumprimento das normas de poluição determinadas pelos órgãos reguladores. Os complexos industriais limitavam-se ao cumprimento destas e à precaução quanto aos acidentes locais, numa postura reativa. Durante tempos, a incompatibilidade das atividades econômicas com políticas de proteção ambiental foi um aspecto destacado. Partindo desta visão tradicional de empresa como instituição apenas econômica, a responsabilidade ficava restrita à maximização dos lucros, utilizando-se a estratégia da minimização dos custos (VIRTUOSO, 2004).

Contudo, com a consolidação da bioética global, no final da década de 1980, surge uma nova realidade socioambiental, redundando na mudança comportamental de postura do mundo empresarial. Ficou para trás a velha forma de perceber o ambiente e de reação aos seus problemas; gradativamente, começa-se a encarar a nova postura de responsabilidade ambiental como algo imprescindível à sobrevivência, em que a instituição empresarial passa a assumir um comprometimento sócio-político. Neste contexto, muitos conceitos utilizados pelas empresas nas décadas passadas, de 1960 e 1970, foram reformulados, originando novas regulamentações e legislações emanadas do poder público (VIRTUOSO, 2004).

4.2.1. Prevenção da Poluição (P2)

Entre as décadas de 1950 e 60, o foco dos estudos ambientais estava na disposição das matérias primas e/ou insumos. Foi o início do desenvolvimento de padrões de qualidade e de emissão de poluentes. Havia a diluição de resíduos e emissões nas águas e no ar e a uma inexistência quase

total de responsabilidade empresarial. Nas décadas de 1970 e 80, o foco estava no tratamento dos resíduos. Foi o início do sistema de licenciamento e impacto ambiental, e a aplicação do Tratamento de Final de Tubo (**Figura 2**) era a saída mais utilizada pelas empresas. Deste modo, sua responsabilidade era isolada, não havendo uma atitude pró-ativa, mas sim reativa (ALMEIDA; GIANNETTI, 2009).

Figura 2 – Controle Final de Tubo

Fonte: (MATTOSINHO et al, 2008)

Inicialmente, o Tratamento de Final de Tubo visava tratar os resíduos gerados pela indústria sem haver, de fato, uma preocupação em otimizar os processos industriais como um todo (redução do consumo de energia, do consumo de água, entre outros, por exemplo) e, assim, minimizar o resultado final do impacto ambiental (ALMEIDA; GIANNETTI, 2009).

No entanto, da década de 1990 em diante, o foco está na Prevenção da Poluição, uma vez que há instrumentos econômicos e códigos voluntários de conduta, além de uma atitude pró-ativa em solucionar problemas ambientais por meio do emprego de tecnologias limpas no sistema produtivo e utilização da Análise do Ciclo de Vida (CETESB, 2002).

Os Programas de Prevenção à Poluição constituem uma abordagem de Gerenciamento Ambiental que prioriza a redução dos resíduos na fonte como forma de preservar os recursos naturais e reduzir o desperdício de materiais,

água e energia, em contraposição à abordagem tradicional, que se apoia nas tecnologias de controle e tratamento de resíduos (ALMEIDA; GIANNETTI, 2009). Deste modo, a Prevenção da Poluição (P2) é uma estratégia de redução de poluição chave em muitos países, podendo relacionar-se, por exemplo, com mudanças processuais, mudanças de entrada e saída de materiais e equipamentos, alterações de produtos, análise custo-benefício e fatores relacionados, entre outros (HARRINGTON, 2012).

4.2.2. Produção Mais Limpa (P+L)

A Produção Mais Limpa (P+L) é a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo (ALMEIDA; GIANNETTI, 2009) (**Figura 3**).

Figura 3 – Metodologia da Produção mais Limpa (P+L)

Fonte: (ALVES; OLIVEIRA, 2007)

Dessa forma, a P+L contribui para ampliar a Sustentabilidade dos sistemas naturais, tanto pela redução da necessidade de insumos para um mesmo nível de produção, quanto pela redução da poluição resultante do processo de produção, distribuição e consumo (LUMI, 2009). Na **Tabela 1** apresenta-se um exemplo da metodologia da P+L utilizada numa indústria têxtil.

Tabela 1 – Exemplo de aplicação de Produção Mais limpa na indústria têxtil

Empresa	Problema	Medidas Implantadas	Resultados
Cermatex – Indústria de Tecidos Ltda.	Elevada carga orgânica no efluente gerado no processo de engomagem.	Substituição do amido natural bruto por amido solúvel.	Redução de 50% na carga orgânica do efluente gerado.
		Instalação de tanques de armazenagem de goma para recozimento.	Diminuição no consumo de amidos.
		Reestudo geral das formulações de gomos.	Redução de 10% no consumo de água e de energia no processo de beneficiamentp. Redução de 1,5% no custo final do produto.

Fonte: (Adaptado de ALMEIDA; GIANNETTI, 2009)

Ao longo da cadeia têxtil existem diversas operações que geram resíduos, desde o descaroçamento do algodão até restos de fios e tecidos nas confecções, variando estes rejeitos quanto à característica e a quantidade. Em especial, merecem destaque os resíduos perigosos oriundos de embalagem ou mesmo do uso de produtos químicos, como por exemplo, a perda de pasta na estamparia, a geração de lodos biológicos de tratamento, entre outros. No que se refere ao lodo biológico é importante salientar que este possui poder calorífico e poderá ser utilizado com substituto de combustível em caldeiras de biomassa, sendo outro exemplo da aplicação da P+L na indústria têxtil (SINDITÊXTIL-SP, 2009).

Assim, as indústrias têxteis e de confecção que buscam gerar menos resíduos por meio do aprimoramento de seus processos produtivos tornam-se mais eficientes e competitivas quando utilizam a P+L como exemplo de gestão ambiental. Dentre as principais razões para a implementação da ferramenta de P+L no setor têxtil destacam-se a redução dos custos da produção, melhora na eficiência do processo e na qualidade do produto, contribuindo para a inovação industrial e a competitividade, decrescendo assim seus custos com riscos e prêmios de seguros; melhora no conceito público da empresa produzindo benefícios sociais, econômicos e ambientais (DEBASTIANI; MACHADO, 2012).

Na **Tabela 2** é possível conferir a evolução do desenvolvimento tecnológico das indústrias têxteis, através das décadas, quanto ao uso de produtos químicos nos processos com vistas à P+L:

Tabela 2 – Evolução do desenvolvimento tecnológico em indústrias têxteis

Década	Foco	Principais tecnologias aplicadas
1980	Redução do impacto ambiental das indústrias têxteis com foco no tratamento primário de efluentes líquidos.	Processos simultâneos e de alto esgotamento. Início do uso de enzimas para remoção de amido (usado para engomar os fios).
1990	P+L com foco no tratamento secundário de efluentes líquidos.	Eliminação de produtos restritos; redução de nitrogênio e enxofre.
2000	Aumento da eficiência produtiva.	Processos compactos; redução de água e consumo de energia.
2010	Foco na sustentabilidade.	Otimização das tecnologias já desenvolvidas; redução de riscos e melhoria do ambiente de trabalho.

Fonte: (Adaptado de AMARAL; EQUIPE TÉCNICA MK QUÍMICA DO BRASIL LTDA., 2013)

Fora do processo produtivo das indústrias e confecções, os retalhos de tecidos de algodão, como a tricoline ou a chita, também podem ser utilizados em trabalhos artesanais para confeccionar bolsas, toalhas, colchas, tapetes, cortinas, entre outros, em um único tom, multicolorido ou estampado, por exemplo. É possível misturar tecidos, desde que não tenham elastano na composição, por dificultar a costura (junção) de materiais com diferentes níveis de elasticidade. Os materiais escorregadios, como o cetim, ou muito finos, como o voal de seda, não são recomendados para o trabalho com retalhos, pois são difíceis de manusear. Para o forro, tecidos resistentes como o denim ou outro tipo de sarja são opções viáveis (SINDITÊXTIL-SP, 2009).

Contudo, a P+L dentro do setor têxtil é um desafio, pois o Ciclo de Vida destes produtos são curtos e o consumismo representa um obstáculo na busca pelo Desenvolvimento Sustentável. Deste modo, atitudes relativamente simples poderiam colaborar para que este objetivo fosse atingido. A redução de resíduos pode ser alcançada a partir de melhorias nos processos fabris, sendo que os impactos ambientais devem ser considerados em todas as etapas de desenvolvimento de novos produtos, da origem da matéria-prima até o descarte pelo consumidor final. Por exemplo, o conhecimento prévio das larguras dos rolos de tecidos, com detalhes estratégicos de modelagem para obter melhor aproveitamento no encaixe, correto descanso dos tecidos para evitar encolhimentos e deformidades na mesa de corte, definição da grade de tamanhos e a combinação adequada de referências e de tamanhos em um mesmo plano de encaixe, a partir da observação da engenharia dos produtos, são ações que podem garantir um melhor aproveitamento da matéria-prima (DEBASTIANI; MACHADO, 2012).

Segundo Audaces (2015a), para evitar o desperdício de tecido, os tipos de encaixe são importantes no processo de confecção; ao saber o tipo de encaixe que será utilizado, é possível escolher o melhor método e, assim, prever o tempo e a quantidade de tecido necessários para o processo completo. Deste modo, encaixe é a disposição dos moldes lado a lado sobre o enfiado do tecido, colocados o mais próximo possível, sobre essa superfície. O número de camadas pode em alguns casos ser superior a uma centena e, após

o encaixe, todas serão cortadas ao mesmo tempo por máquina de lâmina serra vertical.

O encaixe deve ser estudado previamente para evitar desperdícios, sendo que esse estudo pode ocorrer através de moldes miniaturizados (geralmente 1:5 para peças maiores e 1:3 para as menores) ou por programas computacionais específicos para essa finalidade (AUDACES, 2015b) (**Figura 4**).

Figura 4 – Exemplo de encaixe digitalizado

Fonte: (PROTÊXTIL, 2015)

Após o corte, os interstícios restantes entre os moldes constituirão as aparas ou resíduos têxteis oriundos desse processo precedente à confecção (RIBEIRO; ANDRADE FILHO, 1987), umas das problemáticas abordadas nessa tese, uma vez que estes resíduos do corte constituem um volume significativo – apenas no bairro paulistano do Bom Retiro, em São Paulo, são produzidas, diariamente, aproximadamente 16 toneladas, segundo a concessionária LOGA – Logística Ambiental (2011), que faz a coleta dos resíduos sólidos em parte da cidade de São Paulo.

Já o enfesto é caracterizado pela disposição do tecido em camadas sobrepostas, de acordo com uma programação pré-estabelecida. Para enfestar o tecido, o operador de enfesto coloca, sobre a mesa de corte, uma folha de papel ligeiramente maior que o risco marcador. Sobre essa folha, fará as

marcas correspondentes ao ponto inicial e final do risco, bem como aos pontos onde o tecido poderá ser emendado por sobreposição, evitando desperdícios. Em seguida, prenderá as extremidades das folhas de tecido, colocando os grampos com as barras nos pontos marcados e iniciará o enfesto (RIBEIRO; ANDRADE FILHO, 1987) (**Figura 5**).

Figura 5 – Operador de enfesto realizando o corte dos moldes com várias camadas de tecido sobrepostas

Fonte: (AUDACES, 2015b)

4.2.3. Avaliação do Ciclo de Vida de Têxteis

Entre os vários instrumentos aplicáveis às indústrias – inclusive as do setor de têxtil e confeccionista, a Avaliação ou Análise do Ciclo de Vida torna-se uma ferramenta indispensável para a avaliação dos impactos ambientais causados pelos produtos do setor (ZONATTI, 2013).

Vários autores (JENSEN, 1997; CHEHEBE, 1998; GRAEDEL, 1998; LIMA, 2007) descrevem a ACV como sendo um instrumento de avaliação do impacto ambiental associado a um produto ou processo, cuja abrangência compreende etapas que vão desde a retirada das matérias-primas elementares da natureza que entram no sistema produtivo (“berço”) à disposição do produto final após uso (“túmulo”), tratando-se de uma técnica de apoio ao gerenciamento ambiental e de desenvolvimento sustentável. A Política

Nacional dos Resíduos Sólidos caracteriza a Avaliação do Ciclo de Vida como sendo o “estudo das consequências dos impactos ambientais causados à saúde humana e à qualidade ambiental, decorrentes do ciclo de vida do produto” (BRASIL, 2014).

A Avaliação do Ciclo de Vida estuda o desempenho ambiental de um produto durante sua manufatura, passando por todas as etapas que são potencialmente impactantes ao meio ambiente, compreendendo também as interações necessárias para a produção do bem, assim como seu papel na sociedade durante e após o seu consumo. Todo produto tem uma “vida” que começa com o seu planejamento e com a extração dos recursos naturais que vão possibilitar a sua existência. A sua produção e o seu uso/consumo são as fases seguintes, e, finalmente, o produto passa pelas atividades do fim de sua “vida” (coleta/separação, reuso, reciclagem, disposição dos resíduos) (LIMA, 2007).

A ACV se baseia nas normas ISO 14.040, ISO 14.041, ISO 14.042 e ISO 14.043 da série ISO 14.000 – Gestão Ambiental, que foi desenvolvida como resposta à demanda mundial por uma Gestão Ambiental mais confiável, onde o meio ambiente foi introduzido como uma variável importante na estratégia dos negócios (ACV, 2014).

A série ISO 14.000 foi estruturada em duas grandes áreas (ACV, 2014):

- i) Foco nas organizações empresariais: esta área tem por objetivo orientar a implementação de uma Gestão Ambiental verificável, com qualidade e consistência, para reduzir os riscos nas suas atividades e facilitar o comércio internacional. Esta área foi dividida em três subcomitês: Sistemas de Gerenciamento Ambiental, Auditorias Ambientais e Avaliação de Performance Ambiental;
- ii) Foco nos produtos e serviços: esta área tem por objetivo construir uma base comum e racional aos vários esquemas, privados, nacionais e regionais de avaliações de produtos. Esta área foi dividida em dois subcomitês: Rotulagem Ambiental e Análise de Ciclo de Vida.

Assim, a Avaliação de Ciclo de Vida permitiria, por exemplo, que fosse feita uma comparação de desempenho de diferentes produtos com uma mesma função social no ambiente. Para o setor têxtil, a utilização da ACV é útil para que se tenha a comprovação, por exemplo, de qual tipo de fibra ou peça de vestuário desempenha uma melhor função ao processo que se destina, bem como verificar o potencial reciclável das mesmas (ZONATTI, 2013).

As etapas necessárias para desenvolver um estudo completo sobre o Ciclo de Vida de um produto são (CHEHEBE, 1998; LIMA, 2007):

- i) Princípios e Estrutura (ISO 14.040), esta norma especifica a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de Avaliação do Ciclo de Vida, não incluindo as técnicas de avaliação em detalhes;
- ii) Definições do escopo e análise de inventário (ISO 14.041), que devem ser claramente definida e consistente com a aplicação pretendida. A sua definição deve incluir, de forma clara, os propósitos pretendidos e conter todos os aspectos considerados relevantes para direcionar as ações que deverão ser realizadas; corresponde também à fase de coleta e quantificação de todas as variáveis (matéria-prima, energia, transporte, emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos etc.) relacionadas com a análise de vida de um produto ou processo. A condução do inventário é um processo iterativo. A sequência de eventos envolve a checagem de procedimentos de forma a assegurar que os requisitos de qualidade estabelecidos na primeira fase sejam obedecidos;
- iii) Avaliação de impacto (ISO 14.042), que representa o entendimento e a avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário. Utilizam-se procedimentos de cálculo e da coleta de dados, incluindo as regras para alocação de produtos e o tratamento dispensado à energia;
- iv) Interpretação dos dados (ISO 14.043), que compreendem os elementos necessários a uma correta análise por parte do leitor dos resultados obtidos na fase de análise do inventário.

A série ISO 14.000 também tem como finalidade a promoção da Rotulagem Ambiental, que tem como objetivo buscar a melhoria da qualidade ambiental de produtos e processos mediante a mobilização de forças de mercado pela conscientização de consumidores e produtores (CORREA, 1998).

Existem 3 tipos de rotulagem (PREUSSLER et. al, 2007):

- i) Rotulagem Tipo I – ISO 14.024 - Programa Selo Verde: Estabelece os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, incluindo a seleção, critérios ambientais e características funcionais dos produtos, e para avaliar e demonstrar sua conformidade. Também estabelece os procedimentos de certificação para a concessão do rótulo;
- ii) Rotulagem Tipo II – ISO 14.021 - Auto declarações ambientais: Especifica os requisitos para auto declarações ambientais, incluindo textos, símbolos e gráficos, no que se refere aos produtos, bem como fornece qualificações para seu uso. Descreve uma metodologia de avaliação e verificação geral para auto declarações ambientais e métodos específicos de avaliação e verificação para as declarações selecionadas nesta Norma;
- iii) Rotulagem Tipo III – ISO 14.025 - Inclui a Avaliação do Ciclo de Vida: Ainda está sendo elaborada no âmbito da ISO. Tem alto grau de complexidade devido à inclusão da ferramenta ACV. A incorporação deste tipo de rotulagem pelo mercado ainda é tímida.

No contexto do estudo desenvolvido, A ACV de têxteis permitiria comparar diferentes produtos da área e podendo apontar se a reciclagem é viável ou se apresenta um benefício ambiental real. As fibras têxteis recicladas, por exemplo, devem apresentar funcionalidade semelhante em um mesmo contexto para que houvesse uma compensação real na substituição destes materiais. A perda de funcionalidade pode exigir medidas compensatórias para igualar essas fibras, podendo aumentar o impacto ambiental delas (ZONATTI, 2013).

Contudo, há poucos estudos realizados na área. Alguns trabalhos mais recentes (DÄHLOOF, 2004; ADEME, 2006; ARDUIN; PACCA, 2010), além de quantificar, também correlacionaram, através da aplicação de diferentes métodos na etapa de avaliação do impacto do Ciclo de Vida, o consumo e as emissões dos processos a diferentes categorias de impacto, podendo, assim, serem classificados como estudos de ACV.

Um dos trabalhos mais recentes de Santos e Fernandes (2012) utilizou como estudo de caso um tecido de malha, Jersey 100% algodão produzindo na China, também conhecido por meia-malha cardada e beneficiada, com largura de 0,90 m e rendimento de 3,36 m/Kg, o que representa uma gramatura de 330 g/m². O uso deste material é em sua maior parte destinado à confecção de artigos do vestuário como camisetas e peças íntimas, mas também podem ser aplicados na produção de artigos como roupas de cama, entre outras, pois as malhas, devido à flexibilidade de sua estrutura construtiva, possuem ótimo conforto.

Para coleta e tabulação dos dados do produto, os autores Santos e Fernandes (2012) adotaram como ferramenta o programa SimaPro 7.3.2 (*Pré - Product Ecology Consultants*, Holanda) com a utilização da base de dados de inventário *Ecoinvent v.2*. Esta base foi 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.

Para a realização da análise de impacto foi adotada o *Eco-indicator 99*, pois apresenta as contribuições percentuais dos materiais e processos para impactos gerados, tanto para saúde da população quanto ao meio ambiente. Assim, o SimaPro pode ser utilizado como uma ferramenta gerencial, pois com a inserção de alguns dados há a geração de outros para análise. É um programa com base matemática e estatística que permite a realização da Análise do Ciclo de Vida de produtos, atualmente sendo a ferramenta mais utilizada em nível mundial (SANTOS; FERNANDES, 2012).

A **Figura 6** ilustra as entradas e saídas de processo e os resíduos correspondentes, bem como define os limites do sistema de produto.

Figura 6 – Exemplo de um levantamento de entradas e saídas de processos e os resíduos correspondentes a cada processo para ACV do tecido Jersey de malha 100% algodão

Fonte: (Adaptado de SANTOS; FERNANDES, 2012)

Para este estudo, concluiu-se que os maiores impactos gerados foi durante o processamento do material têxtil, incluindo a utilização de fertilizantes e agrotóxicos para a obtenção das fibras de algodão, bem como a utilização de energia nos processos industriais. Desta forma, repensar as fontes de energia utilizada nos processos produtivos, bem como também reduzir a quantidade de processos envolvidos na produção têxtil, é uma alternativa para poupar o meio ambiente. As fibras de algodão também apresentam relevante impacto ao meio ambiente, mesmo que sua degradação seja rápida. O uso de fertilizantes e grandes extensões territoriais para sua obtenção causam efeitos indesejáveis (SANTOS; FERNANDES, 2012), uma vez que o algodão é responsável por 24% do consumo de inseticidas e 11% do de pesticidas no mundo (EMBRAPA, 2014).

Em vários aspectos, como a saúde humana, qualidade do ecossistema e recurso, a produção do fio de algodão possui o maior impacto. Alternativas para reutilização de fibras de algodão e seu reprocessamento seria uma maneira de reduzir os impactos gerados no plantio, pois eliminaria esta fase do processo. Outras maneiras de ampliar o Ciclo de Vida do Produto também possuem relevância, porém, é importante que os esforços estejam dirigidos para as áreas de maior impacto, que são as da geração de energia e a de obtenção de fibras (SANTOS; FERNANDES, 2012).

De acordo com os estudos de Arduin e Pacca (2010), os impactos mais avaliados foram, respectivamente, consumo de energia, aquecimento global, acidificação, eutrofização, ecotoxicidade e formação de ozônio troposférico.

Os resultados dos estudos sobre ACV em têxteis, contudo, não foram totalmente eficientes, pois a unidade funcional varia bastante no que tange a composição dos artigos têxteis, bem como nos estudos foi delimitada como fronteira do sistema de produto apenas algumas etapas do ciclo de vida, por exemplo (ARDUIN; PACCA, 2010). Isso se deve ao fato de que, segundo Byoungho (2004), a indústria têxtil representa um dos mais diversos e complicados processos de manufatura de todo o sistema de produção. De um modo geral, é possível distinguir dois principais processos: mecânica (fiação e tecelagem) e química (lavagem, tingimento e acabamento).

Dähloof (2004), Alwood et al. (2006), ADEME (2006) e Levi Strauss & Co. (2009), entre outros, utilizaram as fibras de algodão e poliéster em seus estudos, notoriamente as mais consumidas mundialmente, ora separadas, ora juntas no mesmo artigo de vestuário. Deste modo, os itens avaliados são notoriamente compostos por matérias-primas diferentes, acarretando na dificuldade da análise dos resultados. Ao comparar resultados e variáveis utilizadas em estudos sobre ACV, há a necessidade de se reportar claramente quais foram consideradas e elas devem se equiparar (ARDUIN; PACCA, 2010).

ADEME (2006) definiu como unidade funcional uma calça jeans que foi utilizada uma vez por semana durante 4 anos e lavada cerca de 70 vezes antes de ser descartada. *Levi Strauss & Co.* (2009) considerou como unidade funcional uma calça jeans *Levi's 501®* utilizada uma vez por semana durante 2

anos, ou seja, usada cerca de 104 vezes e depois descartada. Ainda comparando-se o potencial de aquecimento global de todo o Ciclo de Vida da calça jeans avaliada no estudo da ADEME (2006), que corresponde a 9,2 Kg CO₂eq, os resultados continuam notoriamente distintos (ARDUIN; PACCA, 2010) (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Comparação dos resultados e variáveis de estudos que realizaram a ACV para uma calça jeans

Estudo	Unidade	Potencial de Aquecimento
	Funcional	Global
ADEME, 2006	Calça jeans utilizada 1 dia	44g CO ₂ ^{eq}
LEVI STRAUSS & Co. 2009	Calça jeans utilizada uma vez por semana em 2 anos	32,5Kg CO ₂ ^{eq}

Fonte: (Adaptado de ARDUIN e PACCA, 2010)

Outras variáveis que influenciaram nos resultados dos estudos avaliados foram a periodicidade e o procedimento de manutenção dos produtos têxteis (lavagem, secagem e passadoria) realizados na fase de uso. Um estudo comparativo entre uma camiseta 100% algodão produzida na Índia e uma jaqueta 100% poliéster produzida na China, ambas consumidas na Alemanha, mostrou que a camiseta teve seu maior impacto ambiental na fase de uso na Alemanha, representando 70% do consumo de energia e emissão de CO₂, enquanto que os maiores impactos da jaqueta ocorreram na fase de produção na China (ARDUIN; PACCA, 2010).

Assim, observando também o escopo geográfico, há de se considerar os diferentes modos de conservação do artigo têxtil, como produtos químicos empregados em sua limpeza, a temperatura de lavagem, os procedimentos de secagem e de passadoria, todos eles influenciando fortemente na análise final dos resultados da ACV (ARDUIN; PACCA, 2010). Contudo, de um modo geral, os estudos de Wiedmann e Minx (2007) apontam que os têxteis e os artigos de vestuário são responsáveis por cerca de 4% da pegada de carbono secundário de um indivíduo no mundo desenvolvido.

4.2.4. Pegadas Ecológica, Hídrica e de Carbono

Por conta dos crescentes problemas ambientais oriundos da industrialização, surgiu o *Ecological Footprint Method* – *EFM*, também conhecido como Pegada Ecológica, como um indicador alternativo para o estudo da Sustentabilidade. Mathis Wackernagel e Willian Rees, professores ecologistas, apresentaram a ferramenta em 1996 ao lançarem o livro *Our Ecological Footprint*, no qual descrevem a metodologia e os resultados que o indicador pode revelar sobre um dos pilares do desenvolvimento sustentável, a dimensão ambiental. Os autores comentam sobre as vantagens e limitações da ferramenta e rebatem algumas críticas de economistas e outros pesquisadores (FIRMINO et al, 2009). Esta foi a primeira ferramenta da “Família das Pegadas” que, juntamente com a Pegada Hídrica e a Pegada de Carbono, formam a tríade de indicadores que se complementam (WWF, 2014),

Segundo a *WWF – World Wide Fund for Nature* (2014) e a *Water Footprint Network* (2014), a Pegada Hídrica ou *Water Footprint*, criada pelo professor da Universidade de Twente na Holanda, Arjen Y. Hoekstra, é um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas, também, seu uso indireto, podendo ser considerada como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, vis-à-vis ao conceito tradicional e restrito de captação de água.

A Pegada Hídrica de um produto é o volume de água utilizado para produzi-lo, medida ao longo de toda cadeia produtiva, e se caracterizando como um indicador multidimensional, que mostra os volumes de consumo de água por fonte e os volumes de poluição pelo tipo de poluição. Assim, todos as componentes de uma pegada hídrica total são especificadas geográfica e temporalmente (HOEKSTRA; MEKONNEN, 2012).

A Pegada Hídrica também pode ser dividida em (HOEKSTRA et al, 2011):

- i) Pegada Hídrica Azul: refere-se ao consumo de água azul (superficial e subterrânea) ao longo da cadeia produtiva. ‘Consumo’ refere-se à perda de água (superficial ou subterrânea)

disponível em uma bacia hidrográfica. A perda ocorre quando a água evapora, retorna a outra bacia ou ao mar ou é incorporada em um produto;

- ii) Pegada Hídrica Verde: refere-se ao consumo de água verde (água de chuva, desde que não escoe);
- iii) Pegada Hídrica Cinza: refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água existentes.

Já a Pegada de Carbono ou *Carbon Footprint* para produtos se refere à massa de Gases de Efeito Estufa – GEE emitida devido à produção, uso e descarte de um produto. Assim, estudos sobre Pegada de Carbono de produtos contabilizam as emissões provenientes de um conjunto de processos relacionados ao Ciclo de Vida de um produto (PANDEY et al., 2011).

Um dos efeitos causadores das mudanças climáticas é a emissão de Gases de Efeito Estufa, tanto natural quanto antrópica, que incluem o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonetos (HFC), os perfluorcarbonetos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). Estes gases absorvem e emitem radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, pela atmosfera e pelas nuvens. Cada gás de efeito estufa se diferencia pela sua capacidade de absorver calor na atmosfera (FERMAN, 2011).

Deste modo, segundo o 4º Relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC* ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o aquecimento global é fato consumado, com base nas observações e registros do aumento das temperaturas médias globais do ar e dos oceanos, do derretimento de gelo em montanhas e calotas polares, e através de medições da elevação nos níveis médios dos oceanos (IPCC-WGI, 2007; FERMAN, 2011).

Os termos “aquecimento global” e “efeito estufa” não são equivalentes. O efeito estufa refere-se ao processo natural no qual a presença de certos gases na atmosfera faz com que parte da energia solar irradiada à Terra não seja dissipada para o espaço, permitindo a existência de um equilíbrio da temperatura na superfície do planeta (FERMAN, 2011). Já o aquecimento global refere-se ao aumento estacionário (estocástico), a longo prazo, neste equilíbrio de temperatura resultado de um processo de acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, que está em curso desde a Revolução Industrial (URIA, 1996).

Observa-se, assim, que a economia global está ficando mais intensiva em carbono, como mostra a versão 2012 do relatório *State of Green Business*, publicado pela *GreenBiz*, empresa americana de consultoria e informação especializada em responsabilidade ambiental corporativa. Em 2010, segundo o estudo, as emissões globais de gás carbônico aumentaram 5,8% em relação a 2009, enquanto que o PIB mundial cresceu 5,1%. Foi a primeira vez que o crescimento percentual das emissões ultrapassou o da economia global, desde que esses dados começaram a ser calculados. Nos Estados Unidos, por exemplo, após vários anos de queda, as emissões de CO₂ relacionadas à energia aumentaram 4% em 2010 (NEULS, 2012).

Além da intensidade carbônica da economia global, o relatório apresenta 20 indicadores que medem como a economia e as empresas americanas estão se saindo em relação ao desafio de reduzirem seu impacto sobre o planeta; embora indicadores importantes como a transparência de informações estejam melhorando, vários estagnaram ou retrocederam: os investimentos em tecnologia limpa e eficiência energética diminuíram, enquanto aumentaram o uso de embalagens, as emissões tóxicas e a utilização de químicos tóxicos na fabricação de produtos (NEULS, 2012).

Em relação à Pegada de Carbono, podem-se apontar três principais protocolos que orientam estudos quanto à quantificação e comunicação de produtos aos consumidores: o PAS 2050 (BSI, 2011), a Norma para Contabilização e Comunicação da Pegada de Carbono de Produtos (WRI; WBCSD, 2011) e a ISO 14067 (ISO, 2012).

Uma análise comparativa desses protocolos com relação a importantes critérios oportuna a identificação de semelhanças e diferenças entre os protocolos. Sobre as semelhanças entre esses protocolos, observam-se as seguintes: i) eles requerem o uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para o cálculo da Pegada de Carbono; ii) o resultado da Pegada é expresso em termos de massa de CO₂-equivalente (CO₂-eq) e relativo a uma unidade funcional de referência; iii) o cálculo das emissões de GEE deve considerar os métodos indicados pelo *IPCC* (2006), incluindo as emissões decorrentes de mudanças no uso da terra; iv) há consideração das fontes de incerteza nos resultados. As principais diferenças se referem: i) ao escopo da avaliação, ou seja, processos que precisam ser contemplados quanto às emissões de GEE; ii) à consideração e comunicação das emissões de CO₂ provenientes de fontes biogênicas e remoções de carbono no solo; iii) ao tipo de alocação dos dados quando um processo resulta em mais de um produto (EMBRAPA, 2013).

O resultado da Pegada de Carbono é expresso em kg ou t de CO₂-eq por unidade funcional para o período de 1 ano. A medida t CO₂-eq é calculada considerando o Potencial de Aquecimento Global ou *Global Warming Potential* – *GWP* de cada GEE emitido em um estudo de Pegada de Carbono. A cada gás foi atribuído um potencial de aquecimento global que, ao ser multiplicado pela massa de gás liberado, permite sua expressão dos resultados em termos de CO₂-eq. Dessa forma, tem-se uma relação estabelecida de cada GEE com o gás CO₂, ao qual foi atribuído potencial igual a um (*GWP*=1) (EMBRAPA, 2013) (**Tabela 4**).

Tabela 4 – Potencial de aquecimento global (*GWP*) dos principais gases de efeito estufa

GEE	GWP (20 anos)	GWP (100 anos)	GWP (500 anos)
CO ₂	1	1	1
CH ₄	72	25	7.6
N ₂ O	310	298	153

Fonte: (Adaptado de *IPCC*, 2007)

Segundo Arduin (2013), os primeiros estudos sobre ACV de têxteis realizados no início de 1990 são classificados como ICV – Inventários de Ciclo

de Vida, pois não contemplam o consumo e as emissões como fator correlacionado às categorias de impacto. Já os estudos do final dos anos 1990 em diante, além de quantificar, também correlacionam o consumo e as emissões dos processos a diferentes categorias de impactos através da aplicação de diferentes métodos na etapa de avaliação do impacto do Ciclo de Vida, sendo então classificadas como estudos de ACV. Além disso, ainda de acordo com Arduin (2013), esses estudos não são de acesso livre ou são publicados parcialmente, dificultando a avaliação crítica dos resultados obtidos.

Contudo, mesmo com a existência de poucos estudos sobre ACV de artigos têxteis e suas respectivas Pegadas de Carbono, dados sobre as emissões de CO₂ relacionados à produção de alguns bens podem ser obtidos através de diferentes estudos e órgãos de pesquisa, a saber (**Tabela 5**):

Tabela 5 – Pegada de Carbono estimada de alguns artigos têxteis

Produto	Composição	CO ₂ -eq liberado
Par de chinelos	Plástico	44 Kg
Par de tênis	Vários tipos de plástico	13,6 Kg
Par de botas	Couro	121 Kg
Vestido de verão	61% algodão orgânico, 30% poliéster reciclado, 9% elastano	14 Kg
Blazer	Poliéster e poliamida	30 Kg
Jeans da Levi's	100% algodão	33, 2 Kg
Camiseta	100% algodão não-orgânico	4 Kg

Fonte: (Adaptado de ECOFX, 2015)

A Câmara de Comércio da cidade de Prato, na Itália – reconhecido e maior polo industrial têxtil do país, especializado no processamento de lã, instituiu o selo *Cardato Regenerated CO₂ neutral*, que certificará as empresas em relação à eliminação da Pegada de Carbono do processo de produção e que utilizarem matérias-primas recicladas. Os critérios obrigatórios para o produto têxtil receber o selo verde é: o mesmo deve ser produzido na cidade de Prato e feito de, pelo menos, 70% de material reciclado. A Câmara de Comércio de Prato se baseia no princípio de que a utilização de materiais

recicláveis tem um impacto muito limitado ao meio ambiente porque equilibra as emissões de CO₂ em todas as fases de produção. Deste modo, as emissões de carbono são calculadas e, em seguida, compensadas por meio da compra de créditos verdes. Todas as fases de produção, obrigatoriamente, devem ser em Prato, por isso, não há outras emissões com o transporte de materiais (por caminhões, por exemplo) (CAMARA DI COMMERCIO PRATO, 2014).

No Brasil, algumas indústrias têxteis vem modernizando suas linhas de produção a fim de diminuir a emissão de GEE oriundas de seus processos. A Tavex Brasil S.A. e a Vicunha Têxtil S.A. são exemplos, contudo, tais dados fornecidos pelas empresas não se referem direta e especificamente aos artigos de vestuário, mas a alguns de seus processos industriais (**Tabela 6**):

Tabela 6 – Inovações das indústrias têxteis em relação à diminuição das emissões de CO₂

Empresa	Inovação	Resultado
Tavex Brasil S.A.	Projeto de neutralização de resíduos industriais aproveitando o dióxido de carbono proveniente de suas caldeiras.	Eliminação do uso de ácido sulfúrico no tratamento dos efluentes e uma redução anual de 4,5% de emissões de CO ₂ das caldeiras.
Vicunha Têxtil S.A.	Substituição do diesel por casca de castanha de caju e bagaço de cana nas caldeiras.	Redução das emissões mensais do gás CO ₂ em 10 mil toneladas.

Fonte: (Adaptado de NEULS, 2012)

Boa parte dos US\$ 2 bilhões que o setor têxtil nacional investe anualmente em suas indústrias é voltada a melhorias para reduzir a Pegada Ambiental da produção, como projetos de reuso de efluentes e compra de equipamentos mais eficientes no uso de água, gás e energia. Mas não se encontrou quem fez a conta do desempenho do setor com essas medidas. Não há dados setoriais sobre o volume de emissões de Gases de Efeito Estufa (NEULS, 2012), nem referentes aos processos industriais (de fiação, tecelagem ou beneficiamento, por exemplo), nem referentes aos artigos de vestuário já confeccionados (como camisetas, calças, blusas, entre outros, por exemplo).

4.2.5. Logística Direta e Logística Reversa

O termo Logística é usualmente definido como o gerenciamento dos fluxos de distribuição direta dos produtos, do produtor ao consumidor. Segundo Bowersox e Closs (2001), Logística Direta é o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo e armazenagem de mercadorias, serviços e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender as necessidades dos clientes (MATOS, 2009; DE BRITO, 2003; GULTINAN; NWOKOYE, 1974).

As diversas definições e citações de Logística Reversa revelam que o conceito ainda está em elaboração, face às novas possibilidades de negócios relacionadas com o crescente interesse empresarial, além daqueles em pesquisas, desde a década de 1970 (MATOS, 2009; DE BRITO, 2003; GULTINAN; NWOKOYE, 1974). Contudo, baseando-se na definição de Logística Direta, a Reversa representa, por analogia, o fluxo contrário, ou seja, do consumidor ao produtor. Em um sentido mais geral, significa todas as operações relacionadas com a reutilização de produtos e materiais (MATOS, 2009; DE BRITO, 2003; GULTINAN; NWOKOYE, 1974) (**Figura 7**).

Figura 7 – Gerenciamento da cadeia de suprimentos direta x reversa

Fonte: (GUARNIERI et al, 2006 adaptado de ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999)

Já o Ministério do Meio Ambiente (2014a) define o termo como um "instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação". Para Stock (1998) é "uma perspectiva de logística de negócios, [...] refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura [...]".

O termo reciclagem é sistematicamente relacionado com canais e fluxos reversos em citações na literatura desde 1970 por meio dos autores Guiltinan e Nwokoye (1974). O *Council of Logistics Management – CLM*, citado por Leite (2003, p. 15), definiu Logística Reversa como um "amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento da redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens". Os conceitos anteriores indicam que a Logística Reversa, no início, era um termo relacionado às atividades de reciclagem e redução de consumo de recursos na fonte e disposição final (MATOS, 2009).

Atualmente, a Logística Reversa divide-se em pós-venda e pós-consumo (LEITE, 2003, p. 33):

- i) Logística Reversa do pós-venda: é a área de atuação que se ocupa do planejamento, operacionalização e controle do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, com ou sem uso, os quais por diferentes motivos retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta que se constituem de uma parte dos canais reversos pelos quais fluem esses produtos. O objetivo estratégico de retorno de pós-venda é agregar valor ao produto logístico devolvido pelo fluxo de retorno entre os diversos elos da cadeia de distribuição direta, conforme o objetivo ou motivo de retorno estabelecido. O objetivo econômico visa recapturar o valor financeiro do bem de pós-venda pela revenda no mercado primário, venda no mercado

secundário, ganho econômico por meio do desmanche, remanufatura, reciclagem industrial ou disposição final, sendo a agilidade logística de revalorização essencial e o tempo, fator negativo na recuperação de valor. O objetivo da competitividade, por sua vez, possibilita a diferenciação frente a seus concorrentes quanto à qualidade do produto, funcionalidade do modelo, recursos adicionais, redução no excesso de mercadorias retornadas entre outros, que com o tempo passam a ser imperceptíveis ao cliente. Ainda segundo o autor, alguns dos motivos da logística reversa do pós-venda são: razões comerciais, erro nos processamentos de pedidos, defeitos, falhas, substituição de componentes, qualidade, garantia, avaria, produto sem embalagem ou com embalagem danificada ou não identificada corretamente, aumento de competitividade no mercado pela diferenciação de serviços, recuperação de valor econômico dos produtos, obediência à legislação, dentre outros;

- ii) Logística Reversa do pós-consumo: após o término de sua vida útil os bens transformam-se em produtos de pós-consumo e podem ser enviados a destinos finais tradicionais, como a incineração ou aterros sanitários, considerados meios seguros de “estocagem” e eliminação, ou retornar ao ciclo produtivo por meio de canais de “desmanche”, “reciclagem” ou “reuso” em uma extensão de sua vida útil. São consideradas três grandes categorias de bens produzidos: os bens descartáveis que são bens que apresentam duração de vida útil média de algumas semanas; bens semiduráveis que são os bens que apresentam duração de vida útil de alguns meses; e, finalmente, bens duráveis, representados por bens que apresentam duração de vida útil média variando de alguns anos a algumas décadas.

A **Figura 8** complementa a explicação do processo Logístico Reverso, demonstrando os canais reversos de revalorização dos resíduos de pós-consumo e pós-venda (GUARNIERI et al, 2006):

Figura 8 – Canais reversos de revalorização

Fonte: (GUARNIERI et al, 2006 adaptado de ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1999)

Como pode ser observado na **Figura 7**, a Logística Reversa se utiliza das mesmas atividades da Logística Direta. Para tanto, conforme demonstra a **Figura 8**, os resíduos devem ser coletados embalados e expedidos, para posteriormente serem destinados aos canais reversos de revalorização, tais como: retorno ao fornecedor, revenda, recondicionamento, reciclagem e em último caso descarte, possibilitando seu retorno ao ciclo produtivo e/ou de negócios como materiais secundários (GUARNIERI et al, 2006).

Leite (2003) afirma que o equilíbrio entre os fluxos reversos depende dos 4 indicadores de eficiência que garantem sua existência por meio de interesses empresariais ou de negócio:

- i) Remuneração em todos os canais reversos: a remuneração adequada ou satisfatória deve atender os interesses econômicos de todos os agentes envolvidos na logística reversa. A lucratividade envolvida na cadeia reversa deve, além de prover os interesses econômicos de todos os agentes envolvidos, custear os gastos agregados no processo industrial a que o material reciclado foi submetido, permitindo assim um preço de venda proporcional;
- ii) Qualidade dos materiais recicláveis: a matéria-prima secundária, oriunda dos canais reversos deve possuir qualidade adequada para produção de novos produtos, tendo em vista essa matéria-

prima poder ser procedente da coleta do lixo urbano ou aterro sanitário. Para o retorno ao ciclo produtivo, os produtos com conteúdo reciclado devem ser economicamente aceitáveis e que possam gerar rendimentos industriais. Para isso a disponibilidade de matéria-prima secundária com qualidade é necessária, no que se diz em relação quantidade produzida e vendida, e consequentemente sua utilização no mercado industrial;

- iii) Escala econômica de atividade: este indicador vem atrelado a quantidade de material bruto comprado em relação à quantidade de reciclado produzido em um determinado período de tempo, buscando com isso garantia de existência e permanência no mercado de reciclados, em escala econômica e empresarial. Nessas condições, na indústria são identificados períodos denominados sazonais, ou seja, períodos no ano em que o fornecimento de matéria-prima bruta é defasado por algum fator econômico ou ambiental, o que provavelmente interferirá na quantidade a ser produzida de matéria-prima secundária para a venda, onde a maior dificuldade nas cadeias reversas está na obtenção desta constância;
- iv) Mercado para os produtos remanufaturados e reciclados: o autor define “remanufaturado” como bens reaproveitados, restituídos ao ciclo de negócios por meio do mercado primário ou secundário e “reciclados” como bens produzidos a partir de materiais constituintes de outros já descartados, retornando ao ciclo produtivo. A existência de mercado para o consumo de produtos reaproveitados é fundamental para a sustentabilidade de qualquer cadeia de suprimento, direta ou reversa. No caso da cadeia reversa, é necessário que haja mercado para os produtos remanufaturados ou reciclados ou com conteúdo de reciclado na sua composição. Em relação aos remanufaturados, a aceitação estaria voltada à qualidade, atualidade tecnológica e ao envolvimento dos fabricantes originais, o que neste último caso se torna presente em campanhas de retorno dos produtos já em desuso. Já no que se refere aos reciclados, essa aceitação vem

condicionada à qualidade e à necessidade da aceitação desses produtos provindos do reaproveitamento, sem preconceitos, porém por intermédio de garantias de certificações de órgãos correspondentes para a sua aceitação.

Deste modo, é possível, através das soluções que a Logística Reversa oferece no gerenciamento dos resíduos sólidos, baseados nos 4 indicadores de eficiência, fechar o ciclo da cadeia de suprimentos, gerando lucratividade através da redução de custos e consolidação de uma imagem institucional positiva e ambientalmente responsável perante o mercado consumidor, além da oportunização de novos nichos de negócios que geram novos empregos e renda (GUARNIERI, 2006).

Enfatize-se, contudo, que até o presente momento, em nível federal, existem apenas leis que impõem a Logística Reversa das embalagens de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989) e de óleo lubrificante usado ou contaminado (Lei nº 9.974, de 6 de junho de 2000). Em 5 de maio de 2011, no âmbito do Comitê Orientador de Logística Reversa do Ministério do Meio Ambiente, foram criados cinco Grupos de Trabalho Temáticos – GTTs para definir a forma de implantação dos sistemas de Logística Reversa das seguintes cadeias produtivas: i) embalagens plásticas de óleos lubrificantes; ii) embalagens de lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; iii) embalagens em geral para eletroeletrônicos e medicamentos, por exemplo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014b).

4.3. Dados do setor têxtil brasileiro

Além de ser um grande produtor de bens e de serviços em setores como o agrícola, o de mineração e o de petróleo (MATTOS, 2006), o Brasil também é um importante produtor mundial de artigos têxteis – o 5º maior produtor mundial, com uma produção aproximada de 1,8 milhões de toneladas de artigos confeccionados (IEMI, 2014) e também o 5º maior produtor mundial de algodão (ABIT, 2011), uma das fibras naturais mais consumidas no mundo

(BASRA; MALIK, 1989), com a qual são feitas 60% das peças de vestuário confeccionadas no país (MELLO et al, 2007; ABIT, 2011). O país ocupa a 7ª posição na produção de fios e tecidos planos e a 3ª na produção de tecidos de malha (FINKLER et al., 2005), além de gerar 8 milhões de empregos diretos e indiretos (NEULS, 2012).

Atualmente, a cadeia produtiva têxtil e de confecção é constituída tradicionalmente por grandes setores industriais: a indústria química provedora de fibras fabricadas pelo homem (usualmente chamada fibras manufaturadas ou fibras químicas) e insumos para tinturaria e acabamento; a indústria agropecuária fornecedora de fibras naturais, tanto vegetais como animais e a indústria têxtil, que usualmente inclui a fiação, malharia e tecelagem, transformando as matérias-primas em tecidos para a indústria de confecção, que por sua vez os transforma em vestimenta para serem oferecidas ao consumidor final por diferentes canais de comercialização (SILVA, 2009a).

O Chile, o Brasil e o México são os mercados emergentes mais promissores da América Latina. Um número crescente de varejistas de vestuário está explorando de forma agressiva a entrada nos mercados destes países, buscando uma expansão de seus negócios. O Brasil é o maior mercado de vestuário da América do Sul, seguido pelo México; contudo, os altos impostos sobre bens importados é o maior desafio para os fabricantes que exploram o Brasil como destino de exportação para o sua produção de vestuário (TECHNOPAK, 2014).

Segundo o IEMI (2014), especializado em pesquisas e análises do setor têxtil e de vestuário, em 2013 a cadeia têxtil e de confecção produziu cerca de US\$ 58,2 bilhões, que equivale à 5,7% do valor total da produção da indústria brasileira de transformação, aí excluídas as atividades de extração mineral e construção civil, as quais complementam o setor secundário da economia brasileira. Para o ano de 2014, segundo o relatório setorial do IEMI (2015), o percentual da produção da indústria têxtil e confeccionista representou 5,6% do total produzido nesse ano, representando um leve declínio.

No período analisado, de 2009 a 2013, o número de empresas em atividade na cadeia têxtil cresceu 8,9%, porém, referente ao ano de 2012,

houve queda de 0,2%. O segmento de confecções para a linha lar foi o que mais cresceu no período de 2009 a 2013, com alta de 11,5%. Por outro lado, o segmento de meias e acessórios recuou 10,9%. Já na confecção de vestuário, o crescimento foi de 11%, enquanto as malharias apresentaram queda de 5,9%, e as tecelagens, de 4,5% (IEMI, 2014).

Em relação aos empregos, em 2013 eles somaram 1,6 milhão de postos de trabalho ou o equivalente a 16,4% do total de trabalhadores alocados na produção industrial nesse referido ano, demonstrando ser um segmento de forte impacto social por empregar um contingente imenso de mulheres e de profissionais com menor qualificação, e impacto econômico, uma vez que seus polos produtivos se estendem por quase a totalidade do território nacional (IEMI, 2014).

No ano de 2014, o percentual de trabalhadores alocados nesse setor se manteve (IEMI, 2015). Quando analisado o número médio de empregados por empresa, observa-se que no período de 2009 a 2013 houve um declínio, tanto no setor têxtil quanto no de confeccionados, o que significa, entre outras considerações, um maior nível de automação e modernização do setor (IEMI, 2014).

Ainda sobre o pessoal ocupado na cadeia têxtil, houve queda de 3,6% no setor têxtil e de 2,7% nos confeccionados, entre 2009 e 2013. Os segmentos de confecções para a linha lar e as malharias tiveram as maiores quedas – de 12,4% e de 10,6%, respectivamente. Quando se analisa o número médio de empregados por empresa, observa-se que no período de 2009 a 2013 houve um declínio, tanto no setor têxtil quanto no de confeccionados, o que significa, entre outras considerações, um maior nível de automação e modernização do setor (IEMI, 2014).

O Sudeste é a principal região produtora de têxteis no país, pois concentra os maiores mercados consumidores e sedia os principais centros de distribuição de atacado e varejo do Brasil (SINDIFIATEC, 2013; IEMI, 2014). Porém, entre 2009 e 2013, o Sudeste perdeu parcelas importantes de suas participações para as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país (IEMI, 2014).

Os investimentos totais realizados na cadeia têxtil em 2013, em modernização e/ou ampliação da capacidade produtiva (máquinas, instalações, treinamento, entre outros), estimados pelo IEMI, chegaram a US\$ 2,3 bilhões, o que representa queda de apenas 3,5% sobre os valores de 2012. Porém, houve crescimento de investimentos de 79,3% no período de 2009 a 2013, o que representa, em média, uma alta de 15,7% ao ano. Em 2013, todos os segmentos de manufaturas têxteis apresentaram queda em seus investimentos quando comparados a 2012. Apenas os confeccionados tiveram crescimento de 0,5% (IEMI, 2014).

Em máquinas e equipamentos, os investimentos de 2013 atingiram mais de US\$ 1,1 bilhão, o que representa uma queda de 4,9% em relação aos valores de 2012, porém um crescimento de 33,3% no período de 2009 a 2013. O segmento de malharia foi o que apresentou a maior queda, tanto nos investimentos totais (-23,3%) quanto naqueles aplicados em máquinas e equipamentos (-25,7%) (IEMI, 2014).

Recentemente, o Brasil se tornou um país importador líquido de produtos têxteis e confeccionados – ou seja, as importações excedam as exportações. A balança comercial da cadeia têxtil vem, ano a ano, ampliando seu déficit, tendo chegado a US\$ 4,5 bilhões em 2013. Em 2009, o déficit era de US\$ 1,6 milhão. Em quatro anos houve um crescimento de 181%, ou seja, uma média de 29% ao ano (IEMI, 2014).

Quando consideradas apenas as manufaturas têxteis e os produtos confeccionados (vestuário, linha lar e artigos técnico-industriais), a participação no déficit foi de 46% e 54%, respectivamente, ou seja, ambos os segmentos contribuíram com pesos muito próximos para o déficit na balança do setor. No segmento de filamentos, o déficit chegou a US\$ 799 milhões em 2013 ante US\$ 520 milhões em 2009, com crescimento de 62%. Já no segmento de fibras, houve superávit de US\$ 1 bilhão em 2013 ante US\$ 642 milhões em 2009, com destaque para as exportações das fibras de algodão (IEMI, 2014).

De modo geral, mesmo com o pífio desempenho de 2014, o consumo interno de peças de vestuário teve um aumento de 0,1% em relação ao ano de 2013, bem como houve o aumento dos artigos importados no mercado nacional

– principalmente vindos da Ásia, passando de 12,1% em 2013 para 14% em 2014. A projeção é que em 2020 aproximadamente 20% do vestuário que circulará no Brasil seja importado (IEMI, 2014) (**Tabela 7**).

Tabela 7 – Consumo interno de vestuário e participação das importações de vestuário no mercado nacional

Consumo Interno de vestuário			Participação das importações de vestuário		
Ano	Em bilhões de peças	Em bilhões de R\$	Ano	Importação (milhões de peças)	Participação dos importados
2009	6,2	73,3	2009	273	4,4%
2010	6,8	84,3	2010	405	6%
2011	6,9	91,0	2011	640	9,3%
2012	6,8	92,9	2012	748	10,9%
2013	7,0	99,8	2013	844	12,1%
2014*	7,1	102,9	2014*	1.001	14%
			2020*	-	20%

*estimativas

Fonte: (IEMI, 2014)

Brasil e Argentina sempre ocuparam posições de liderança na América Latina em relação à produção têxtil e de confeccionados. No entanto, a indústria têxtil desses países não foi orientada para a exportação. Em 2011, o Brasil importou 6 bilhões de dólares em artigos têxteis, um terço oriundo da China. Foi um valor muito superior ao US\$ 1,42 bilhões exportados pela indústria têxtil brasileira (NEULS, 2012). Já as exportações especificamente de vestuário foram de apenas US\$ 154 milhões em 2012, enquanto que as da Argentina foram de US\$ 106 milhões (TECHNOPAK, 2014).

A indústria têxtil do Brasil começou a perder competitividade em relação às dos países asiáticos, uma vez que o alto custo da energia e do transporte/logística, e a falta de financiamento impedem o crescimento do setor. A valorização da moeda nacional frente ao dólar também tem contribuído para o declínio da competitividade em relação à exportação de produtos brasileiros, fazendo com que a maioria dos segmentos da indústria têxtil nacional tivessem resultados insatisfatórios economicamente nos levantamentos mais recentes (TECHNOPAK, 2014).

4.4. Estado de São Paulo e a produção têxtil

O Estado de São Paulo ainda é o principal produtor e empregador do setor no Brasil com completa integração de toda cadeia têxtil, como demonstra os dados do IEMI (2014).

As empresas instaladas no Estado (**Tabela 8**) representam 29% do total nacional e empregaram cerca de 30% do pessoal ocupado na cadeia têxtil brasileira em 2010 – mais de 500 mil pessoas, do total de, aproximadamente, 1,6 milhão de trabalhadores que atuavam no setor têxtil e de confecção no país (SINDIFIATEC, 2013; SP DESIGN, 2013; IEMI, 2014).

Tabela 8 – Polos têxteis no Estado de São Paulo

Polos têxteis	Características produtivas
Região de Americana	Cadeia têxtil integrada, desde fibras até confecção, mais voltada para a linha artificial e sintética, envolvendo os municípios de Americana, Sta. Bárbara d'Oeste, Nova Odessa, Sumaré e Hortolândia.
Tietê/Cerquilha	Confecção em geral – predominância de moda infanto-juvenil e jeans.
Sorocaba/Itapetininga	Confecção em geral – predominância de jeans e indústrias voltadas às fabricas de confecção para brinquedos.
Cidade de São Paulo (Zonas leste e Sul)	Confecções e principalmente a exploração do uso da marca.
Região de Amparo, Itatiba e Jundiaí	Cadeia têxtil integrada mais voltada a algodão e moda praia.
Região das Águas	Cadeia têxtil voltada à malharia retilínea envolvendo os municípios de Lindóia, Serra Negra e Socorro.
Região de São José do Rio Preto	Cadeia têxtil voltada à moda infantil.
Gália e Bastos	Produção de seda incluindo as indústrias têxteis.

Fonte: (Adaptado de SINDITÊXTIL-SP, 2009)

Em 2010, o setor alcançou quase R\$ 100 bilhões em vendas, sendo as regiões da Grande São Paulo, Americana, Araraquara e Campinas os principais polos produtores (SINDIFIATEC, 2013; SP DESIGN, 2013),

Segundo o levantamento, a produção nacional de têxteis cresceu 8,3% entre 2008 e 2010. Neste período, a produção têxtil do Estado de São Paulo cresceu 7,4%. Já a produção nacional de confeccionados no mesmo período ficou em 6,5% contra 7,2% do Estado de São Paulo (SINDIFIATEC, 2013; SP DESIGN, 2013). Observa-se que, atualmente, ocorreu pouco crescimento, havendo a estagnação e declínio de alguns setores da cadeia produtiva têxtil em praticamente todo território nacional (IEMI, 2014).

O polo de Americana e região apresentam a mais completa integração entre os elos produtivos no segmento de têxtil, com aproximadamente 656 empresas instaladas, que representam 2,1% do total nacional. O pessoal ocupado na região representou aproximadamente 3% do total da cadeia têxtil brasileira em 2010. As 333 indústrias confeccionistas equivalem a 51% do total de empresas da cadeia têxtil da região, onde foram investimentos R\$ 158 milhões em equipamentos, que representam cerca de 8,8% do valor investido pela cadeia têxtil nacional em 2010 (SINDIFIATEC, 2013).

A média da produção local ficou em 299 mil toneladas, ou seja, 13,6% da produção brasileira. Enquanto isso, a produção de confeccionados chegou a 87 milhões de peças (3% do Estado e 1% do nacional), representando R\$ 5,2 bilhões em vendas ou o equivalente a 5,2% do valor nacional em 2010 (SINDIFIATEC, 2013).

A indústria do vestuário representa 39% do total das empresas do polo e região, enquanto as tecelagens respondem por 28%. A mão-de-obra registrada cresceu 4,8% entre 2008 e 2010, sendo 3,2% no segmento têxtil e 6,9% na confecção. A pesquisa do SINDIATEC – Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias de Fiação e Tecelagem de Campinas e Região revela, ainda, que a tecelagem emprega 40% da mão de obra empregada pelo setor na região ao passo que o setor de vestuário emprega 23% (SINDIFIATEC, 2013).

Atualmente, segundo o relatório setorial do IEMI (2104), para 2013 foi estimado um crescimento de apenas 2,7% em valores na produção da cadeia têxtil nacional e uma queda de 2,1% na produção sobre toneladas de têxteis. Já os indicadores setoriais do vestuário apontam um crescimento da produção de 4% em valores e uma queda de 0,8% em volume de peças. Isso se deve ao baixo crescimento econômico do PIB do Brasil, entre 1 e 2%, que vem afetando todo o setor produtivo, inclusive o do Estado de São Paulo.

Em linhas gerais, o Estado de São Paulo, o maior parque fabril do país, vem perdendo espaço na produção da indústria brasileira. Apesar de responder por 29,8% de tudo o que é produzido pelo setor, a participação do estado perdeu peso na composição do PIB industrial brasileiro. Em uma década - de 2002 a 2012, a participação da indústria paulista no PIB industrial recuou 7,9%. Por outro lado, aumentou a participação no PIB dos outros três estados do Sudeste, e de outros localizados nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Também são essas regiões que estão contratando mais trabalhadores (CNI, 2014b).

4.5. Cidade de São Paulo e o polo confeccionista do bairro do Bom Retiro

Segundo a EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A, órgão vinculado à Secretaria Estadual da Casa Civil e formalmente constituído em 1975 para cuidar do planejamento da Grande São Paulo, a região Metropolitana de São Paulo – composta por 38 municípios que circundam a capital, é o maior polo de riqueza nacional. Seu Produto Interno Bruto – PIB atingiu, em 2008, aproximadamente R\$ 572 bilhões, o que corresponde a cerca de 18,9% do total brasileiro (EMPLASA, 2015).

A metrópole, com aproximadamente 11 milhões de habitantes (CIDADE DE SÃO PAULO, 2015), detém a centralização do comando do grande capital privado: em São Paulo estão as sedes brasileiras dos mais importantes complexos industriais, comerciais e principalmente financeiros, que controlam as atividades econômicas no país (EMPLASA, 2015). Atualmente, é a cidade

mais populosa do Brasil e do Hemisfério Sul, a 7ª do mundo e a 14ª mais globalizada do planeta, além de possuir a 5ª maior bolsa de valores do mundo – em valor de mercado, e produzir 28% da ciência nacional (SÃO PAULO TURISMO S/A, 2014).

Especificamente sobre a região do Bom Retiro, localizada entre os rios Tietê e Tamanduateí, a mesma era formada por algumas chácaras e sítios conhecida como "Chácara do Bom Retiro", que nomeou o bairro no século XIX. Estas propriedades eram usadas como retiros de fim de semana pela população abastada da cidade, como a família Souza Aranha do Marquês de Três Rios, hoje nome de uma das ruas centrais do bairro (BANCO DE DADOS FOLHA, 2014).

O bairro, essencialmente operário no início do século XX, abrigava sobretudo italianos. Grande parte de suas ruas era constituída de casas simples ou cortiços, alguns pequenos estabelecimentos de serviço especializado, como sapatarias, e pontos de encontro entre a população (MARUM; GOMES, 2005),

A partir dos anos 1920, muitos judeus começaram a chegar ao bairro. Vindos sobretudo da Rússia, Lituânia e Polônia, passaram a exercer aqui o comércio. No entanto, vieram a se instalar em grande número no bairro já no final dos anos 1930, em decorrência da II Guerra Mundial (BANCO DE DADOS FOLHA, 2014).

Em 1940, a maioria dos moradores do bairro já era de origem judaica, mas os novos imigrantes que não tinham ofício iam trabalhar nas oficinas de confecção têxtil montadas durante a década de 1920 por judeus que já tinham experiência no ramo. Outros, trabalhavam a prestação como mascates, isto é, algum comerciante lhes dava uma quantidade de tecido que deveria ser vendida de casa em casa e paga posteriormente (BANCO DE DADOS FOLHA, 2014).

Em meados de 1960 houve a vinda dos sul-coreanos ao Brasil. Estes imigrantes passaram a comprar as principais lojas do bairro; neste período, os judeus começaram a migrar para bairros de caráter mais residencial. Isto aconteceu sobretudo porque as mais novas gerações de origem judaica constituíam-se de profissionais liberais que não quiseram continuar com os negócios da família (BANCO DE DADOS FOLHA, 2014).

Atualmente, o bairro é um dos maiores polos comerciais de vestuário da cidade, onde se concentra grande quantidade de confecções, aproximadamente 1.200 oficialmente constituídas (CNI; ABIT, 2012) (**Figura 9**).

Figura 9 – Letreiro na entrada do bairro do Bom Retiro

Fonte:

(GEOGRAPHIECULT, 2015)

Em 2000, o distrito do Bom Retiro contribuía com 3,64% dos empregos industriais da cidade, estando em 5º lugar nessa atividade (EMPLASA, 2012), contabilizando, aproximadamente, 50 mil postos de trabalho e correspondendo à 25% da produção de vestuário do país (YÁZIGI, 2006).

O faturamento do bairro do Bom Retiro atinge, aproximadamente, 6 bilhões ao ano, sendo seus os clientes atacadistas originários de todo o Brasil, América Latina e África – aproximadamente 70 mil compradores por dia. A Rua das Graças ostenta lojas de tecidos de ponta a ponta, entremeada de outras que vendem vários tipos de maquinários para costura. A Rua José Paulino (**Figura 10**) é uma sucessão de confecções de moda feminina (YÁZIGI, 2006).

Figura 10 – Principal rua do bairro do Bom Retiro: a José Paulino

Fonte: (GEOGRAPHIECULT, 2015)

Sua área de influência abrange todo o Brasil: também sacoleiras e outros negociantes da economia informal aí se abastecem para sustentar comércio em outras regiões do país. Outras ruas paralelas e perpendiculares às citadas estão repletos desses comércios, além de várias fabriquetas que coexistem com estes (YÁZIGI, 2006).

Deste modo, o bairro do Bom Retiro, juntamente com o bairro do Brás, representam importantes polos têxteis na cidade de São Paulo e grandes geradores de riqueza e empregos diretos (YÁZIGI, 2006; EMPLASA, 2012).

4.6. Resíduos sólidos no Brasil

A pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE indicou um crescimento total na taxa de geração de resíduos sólidos no Brasil de 6,8% desde o ano de 2009, não havendo um crescimento populacional proporcional no mesmo ritmo, o que levou à conclusão que houve um aumento da geração de resíduos sólidos urbano *per capita* no país (ABRELPE, 2011).

Segundo o último relatório da ABRELPE (2014), a geração total de resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2013 foi de 76.387.200 toneladas (aproximadamente 210.000 toneladas diárias), o que representa um aumento de 4,1% se comparado com o ano de 2012, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 3,7%. Assim como os resíduos sólidos urbanos, a geração de resíduos derivados de construções e de resíduos de serviços de saúde também aumentaram. As principais destinações dos resíduos são, em ordem decrescente de quantidade: aterros sanitários, aterros controlados e lixões (ABRELPE, 2011).

Especificamente sobre os têxteis, o Brasil produz 175 mil toneladas de resíduos da indústria de confecção ao ano; são retalhos de calças, camisas e meias que poderiam ser reaproveitados por outras indústrias. No entanto, mais de 90% dos restos de tecido são descartados incorretamente (SINDITÊXTIL-SP, 2012).

Já o recolhimento de resíduos sólidos também apresentou um aumento no país, indicando uma melhora na cobertura desse serviço, por conta dos investimentos no período entre 2009 e 2010 (ABRELPE, 2011).

A destinação dos resíduos ainda segue, principalmente, caminhos como a incineração (31,8%), o aterro sanitário (27,5%) e o lixão (15,4%). Não há dados amplos e precisos sobre reciclagem e reutilização do lixo recolhido no Brasil (ABRELPE, 2011).

Segundo a Lei Federal 12.305 de 12 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2014), resíduo sólido é definido como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Já os rejeitos, segundo o *site* do Planalto (BRASIL, 2014):

[...] se caracterizam por serem “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

4.6.1. Resíduos urbanos

No Estado de São Paulo são produzidos cerca de 28 mil toneladas diárias de resíduos sólidos domiciliares ou, como sugere a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a denominação mais correta seria “resíduos sólidos urbanos” (CETESB, 2014). A região sudeste contribui com 53,1% dos resíduos sólidos totais coletados no país, sendo também a região mais populosa do país (ABRELPE, 2011).

Por meio do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares, publicado desde 1997 e atualizado anualmente, a CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, vinculada ao Governo do Estado de São Paulo e à Secretaria do Meio Ambiente, promove o acompanhamento da situação de operação de cada aterro nos 645 municípios do Estado, embora tais resíduos sejam de responsabilidade dos poderes públicos municipais (CETESB, 2014).

Os últimos levantamentos demonstram que houve uma significativa melhora das condições de disposição final dos resíduos, como resultado das ações da CETESB nas áreas de controle da poluição e orientação técnica dos municípios, bem como devido ao aporte de recursos no âmbito do Programa de Aterros em Valas, do FECOP (Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição) e do FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos). Em 2011, o PECOP tramitou pedidos de financiamentos para 99 municípios do Estado, com a liberação de recursos da ordem de 15 milhões de reais (CETESB, 2014).

O número de municípios que dispõem os resíduos urbanos de forma adequada passou de 492 em 2011 para 613 em 2013. Em termos percentuais,

verifica-se que em 2011, 23,7% encontravam-se em situação inadequada, enquanto que em 2013 este percentual baixou para 4,5% (CETESB, 2014) (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9 – Evolução quanto à adequação das instalações de destinação final dos resíduos sólidos urbanos dos municípios do Estado de São Paulo

Ano	2011		2012		2013	
Enquadramento	nº municípios	%	nº municípios	%	nº municípios	%
Inadequado	153	23,7	54	8,4	29	4,5
Adequado	492	76,3	590	91,6	613	95,5
Total	645	100,0	644 (*)	100,0	642 (**)	100,0

(*) não foi considerado o município de Bananal que dispõe em outro Estado

(**) não foram considerados os municípios de Bananal, Igarapava e Ituverava que dispõem em outros Estados

Fonte: (CETESB, 2014)

Tabela 10 – Evolução quanto aos índices que reproduzem as condições de disposição dos resíduos sólidos urbanos dos municípios do Estado de São Paulo

Ano	2011		2012		2013	
Enquadramento	Lixo (t/dia)	%	Lixo (t/dia)	%	Lixo (t/dia)	%
Inadequado	4.018,0	15,3	761,3	2,9	855,7	2,1
Adequado	22.231,0	84,7	25.665,0	97,1	39.009,0	97,9
Total	26.249,0	100,0	26.426,3	100,0	39.864,7	100,0

Fonte: (CETESB, 2014)

A metodologia utilizada pela CETESB para esses resultados se basearam no método tradicional utilizado desde 1997, que não abarcava itens como a análise de vida útil do aterro ou a análise de ocorrências de queima de resíduos a céu aberto, por exemplo; para os resultados obtidos a partir de 2012, foram anexados ao Inventário novos critérios de pontuação e classificação dos locais de destinação, incorporando o conhecimento e experiência adquiridos ao longo dos anos pela Companhia, introduzindo alguns outros itens importantes do ponto de vista técnico e ambiental, tais (CETESB, 2014):

- i) Adequabilidade do monitoramento geotécnico do aterro;
- ii) Ocorrência de episódio de queima de resíduos a céu aberto;
- iii) Análise da vida útil do aterro e
- iv) Ocorrência de restrições legais ao uso do solo.

Especificamente na cidade de São Paulo, por meio de contrato, as empresas prestadoras de serviços de limpeza urbana coletam até 200 litros de resíduos sólidos por gerador (domicílio, loja ou fabricante), sendo que esta coleta ocorre pela disposição dos mesmos no exterior do local, os quais são posteriormente recolhidos pelos funcionários da empresa. Esta forma de coleta pode gerar incidentes, como o espalhamento destes resíduos nas calçadas por diversos motivos, como utilização de embalagens inadequadas para dispor os rejeitos, ação de animais de rua, intempéries climáticas, entre outros, bem como pela ação de moradores de rua ou pessoas que possam vir a se interessar pelo valor de mercado de parte desse material (LOGA, 2011), esse último caso ocorre no bairro do Bom Retiro, notório polo confeccionista paulistano.

As prestadoras também são obrigadas a recolher até 50 kg por dia/domicílio de resíduos de construção civil, desde que devidamente acondicionados. Assim, são diariamente coletadas entre 5,5 e 6 mil toneladas de resíduos, somente pela concessionária LOGA – Logística Ambiental. Não propriamente na região de São Paulo, mas no que diz respeito à destinação, atualmente no Brasil, 42,5% dos resíduos domiciliares coletados são destinados de forma inadequada (LOGA, 2014).

Os resíduos sólidos ainda podem ter diferentes classificações, como os de varrição das ruas, recicláveis e de serviços de saúde. Das aproximadas 142 mil toneladas de lixo coletadas pela LOGA mensalmente, apenas cerca de 1,5 mil toneladas são encaminhadas às cooperativas cadastradas na Prefeitura Municipal de São Paulo. Deste modo, a empresa opera coletando, diariamente, cerca de 6 mil toneladas de resíduos provenientes de 1,3 milhões de domicílios, hospitais, clínicas e similares, atendendo 7 milhões de munícipes - incluída a alta população flutuante na região (LOGA, 2014).

4.6.2. Resíduos industriais

Segundo o Inventário de 1996, em São Paulo são gerados, por ano, mais de 500 mil toneladas de resíduos sólidos perigosos, cerca de 20 milhões

de toneladas de resíduos sólidos não-inertes e não-perigosos e acima de 1 milhão de toneladas de resíduos inertes. Os estudos revelam, ainda, que 53% dos resíduos perigosos são tratados, 31% são armazenados e os 16% restantes são depositados no solo (CETESB, 2014).

Segundo a norma ABNT NBR 10.004:2004 – Classificação de Resíduos Sólidos, os mesmos podem ser classificados em 2 grandes classes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015):

- i) Resíduos Perigosos (Classe I): são aqueles que por suas características podem apresentar riscos para a sociedade ou para o meio ambiente. São considerados perigosos também os que apresentem uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade. Na norma estão definidos os critérios que devem ser observados em ensaios de laboratório para a determinação destes itens. Os resíduos que recebem esta classificação requerem cuidados especiais de destinação. Neste contexto, são exemplos de resíduos sólidos provenientes da indústria de confecção: os solventes utilizados em limpeza de peças, lâmpadas, óleo lubrificante usado ou contaminado e pano de estopa usado ou contaminado com óleo lubrificante (SENAI, 2007);
- ii) Resíduos Não-Perigosos (Classe II): não apresentam nenhuma das características acima, podem ainda ser classificados em dois subtipos:
 - Classe II-A – não inertes: são aqueles que não se enquadram no item anterior, Classe I, nem no próximo item, Classe II-B. Geralmente apresenta alguma dessas características: biodegradabilidade, combustibilidade e solubilidade em água. São exemplos de resíduos sólidos provenientes do setor de confecção têxtil: resíduos de retalhos e aparas de tecido, fios, linhas, plásticos, papel e papelão (SENAI, 2007);

Classe II-B – inertes: quando submetidos ao contato com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, com exceção da cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo da norma. Resíduos de vidro e sobras de botões se enquadram como exemplo desse tipo de resíduo no setor têxtil (SENAI, 2007).

4.7. Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS

Segundo a CNI (2014a), para gerar confiança nos empreendedores e investidores, é fundamental garantir eficácia, objetividade e clareza na regulamentação das leis ambientais e na divisão de competências entre os entes federados. Novos investimentos e a manutenção dos já existentes exigem normas estáveis e de fácil compreensão e aplicação. Assim, criar condições favoráveis para o desenvolvimento sustentável do país deve ser o foco dos aperfeiçoamentos nos marcos regulatórios em meio ambiente. Em que pese a necessidade de adequar tais marcos regulatórios às especificidades regionais, respeitando a autonomia federativa, é fundamental que não sejam criadas distorções que afetem a equidade e criem desequilíbrios quanto à competitividade.

De acordo com CNI (2014a), legislação e regulamentação adequadas pressupõem:

- i) Diplomas legais eficientes que confirmem segurança jurídica aos investimentos produtivos e empreendimentos industriais;
- ii) Utilização de parâmetros econômicos na elaboração das normas ambientais;
- iii) Estímulo aos investimentos produtivos sustentáveis, como estratégia de incremento da competitividade da indústria;
- iv) Estímulo ao uso eficiente dos recursos naturais, à adoção de sistemas de gestão ambiental nos processos industriais e à pesquisa

e desenvolvimento de tecnologias, mediante incentivos econômico-financeiros, tributários e outros;

- v) Representação qualificada do setor industrial e dos demais segmentos da sociedade nos fóruns normativos de meio ambiente e de recursos hídricos.

As leis sobre resíduos sólidos começaram a serem propostas no Brasil nos anos 1990, referentes sobre a destinação do que é gerado pelas atividades humanas. Em 1991, o projeto de lei 203 percorreu sobre os resíduos derivados dos serviços de saúde, e em 1999 foi lançada a resolução Conama 259/1999 das Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos, realizado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente. O relatório foi aprovado em 2006, sendo finalizado e enviado à Casa Civil em 2007 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014b).

Em 2001, a Câmara dos Deputados criou a Comissão Especial de Política Nacional de Resíduos Sólidos, apreciando a o projeto de lei 203/1991, para instituir uma política global, mas foi extinta antes de cumprir seus objetivos. Ainda nesse ano, houve uma organização político-social dos catadores de materiais recicláveis. No ano de 2003, a discussão de resíduos sólidos também incluiu o tema de responsabilização dos geradores de resíduos sólidos, assim como a regulamentação da profissão de catador. O então Presidente Luís Inácio Lula da Silva, nesse ano, criou um grupo de trabalho que resultou no Programa Resíduos Sólidos Urbanos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014b).

O ano de 2004 foi marcado pelo intercâmbio interministerial sobre os resíduos sólidos urbanos e o Conama realizou um seminário para formulação de nova proposta de lei, em substituição à resolução Conama 259/1999. No ano de 2005, confluíram os trabalhos realizados até então no anteprojeto de lei de “Política Nacional de Resíduos Sólidos”, também com participações da sociedade civil e de grupos empresariais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014b).

No dia 06 de agosto de 2009, foi publicado o Decreto nº 54.645 de 05 de agosto de 2009 que regulamentou a Política de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo no governo do José Serra, sendo tal política anteriormente instituída pela Lei nº 12.300 de 16 de março de 2006 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2012; ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015).

O Decreto nº 56.645 de 05 de agosto de 2009 teve como destaque a determinação da responsabilidade dos fabricantes, distribuidores ou importadores de produtos que, por suas características, geravam resíduos sólidos de significativo impacto ambiental, mesmo após o consumo desses produtos, pelo atendimento das exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais e de saúde, especialmente para fins de eliminação, recolhimento, tratamento e disposição final, bem como para a mitigação dos efeitos nocivos que causem ao meio ambiente ou à saúde pública (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2012).

Em 2010, foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, fazendo com que o país tivesse como regular as questões relativas aos resíduos sólidos. O lixo passa a ser separado entre: i) resíduos, que tem potencial de vir a ser reutilizado, através do reaproveitamento ou reciclagem; e ii) rejeitos, dos quais não se consegue mais reaproveitar ou reciclar. Seu conteúdo compreende desde conceituações sobre os resíduos sólidos, os instrumentos de interferência legal, sua gestão, responsabilidades da sociedade e outros temas que permitem a intervenção na questão de resíduos sólidos (BRASIL, 2014).

O Ministério do Meio Ambiente apontou como objetivo desta lei federal 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. Isto deverá ser 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 destes resíduos através 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 já que, muitas vezes, a questão dos resíduos sólidos é tratada em conjunto pelos municípios (BRASIL, 2014).

Ainda é importante, para a realização do que propõe a PNRS, planos claros e objetivos para gerenciar os resíduos sólidos, assim como levantar e declarar o quanto é gerado, visando também a responsabilização compartilhada pelos produtos, incentivo às cooperativas, fiscalização ambiental e desenvolvimento de conhecimento técnico-científico proveniente de todos os setores da sociedade (BRASIL, 2014).

Deste modo, em linhas gerais, além da Logística Reversa, a PNRS visa também (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014b):

- i) A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: definido como um "conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei";
- ii) O acordo setorial: definido como um "ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto."

Assim, a responsabilidade pós-consumo tem a virtude de introduzir o valor dos materiais posteriores ao consumo no cerne das preocupações dos fabricantes e, a partir daí, na ação dos demais protagonistas da gestão desses

materiais. Imprimir racionalidade econômica ao tratamento dos resíduos é um dos mais importantes atributos do princípio do “Poluidor-Pagador” aplicado à Logística Reversa. É uma das condições básicas para a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos, contido tanto em trabalhos das Nações Unidas como na PNRS. Trata-se, em última análise, de criar mais valor por unidade de recurso usada na produção, por meio da recuperação e da regeneração de produtos e materiais ao final de cada Ciclo de Vida (ABRAMOVAY et al, 2014).

4.7.1. Outros projetos de lei que envolvem a PNRS e o setor têxtil

A Constituição Federal de 1988 mudou o sistema de competências ambientais. A competência para legislar e proteger o meio ambiente foi dada à União, Estados, Distrito Federal e Municípios. O licenciamento é um dos instrumentos de Gestão Ambiental estabelecido pela Lei Federal n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981, também conhecida como Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Em 1997, a Resolução nº 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, definiu as competências da União, Estados e Municípios e determinou que o licenciamento deveria ser feito em um único nível de competência (SENAI, 2007).

As atividades de confecção de peças e acessórios do vestuário, roupas profissionais, peças interiores, fabricação de artefatos têxteis a partir de tecidos para vestuário estão dispensadas do licenciamento. Neste caso, o interessado pode comparecer ao órgão ambiental e solicitar o Certificado de Dispensa de Licença - CDL. Entretanto, a Indústria de Confecção que fabrica tecido e artigos de malha, como a fabricação de meias, tecidos de malha e outros artigos do vestuário que contenham materiais além de tecido, é considerada fonte poluidora e requer o Licenciamento Ambiental (SENAI, 2007). No âmbito do Estado de São Paulo, o respectivo Licenciamento Ambiental deve ser requerido junto à CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2015).

Em relação à legislação que ainda não foi aprovada, a CNI – Confederação Nacional da Indústria (2014), através da “Agenda Legislativa da Indústria”, lançada anualmente, se posiciona os projetos de lei elaborados e propostos por senadores e deputados federais, que envolvem o setor industrial direta ou indiretamente, em diferentes esferas, como a econômica, legislação trabalhista e meio ambiente.

Na **Tabela 11** é possível conferir quais são estes projetos de lei que envolvem especificamente a PNRS e qual a posição da CNI sobre cada um deles:

Tabela 11 – Proposta de emenda à Constituição (PEC) e Projetos de Leis (PL) que envolvem a PNRS e o setor têxtil direta ou indiretamente

Lei	Autor	Foco	Posição da CNI
PEC 1/2012	Senador Paulo Bauer (PSDB/SC)	Altera o art. 150, VI, da Constituição Federal, para instituir imunidade de impostos incidentes sobre produtos elaborados com material reciclado ou reaproveitado.	Convergente com ressalvas, pois há dificuldade de comprovar se a matéria prima é 100% reciclada ou reaproveitada.
PL 2732/2011	Deputado Arnaldo Jardim (PPS/SP)	Estabelece diretrizes para a prevenção da contaminação do solo, cria a Contribuição de Intervenção do Domínio sobre Substâncias Perigosas e o Fundo Nacional para a Descontaminação de Áreas Órfãs Contaminadas e altera art. 8º da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, transformando a CIDE e o Fundo em instrumentos da PNRS.	Divergente com ressalvas, pois haverá mais um tributo incidindo sobre os produtos industriais, além da definição de avaliação de risco proposta na Lei amplia demasiadamente o universo da análise, tornando-se inviável.
PL 3409/2012	Deputado Junji Abe (PSD/SP)	Torna obrigatória a informação, impressa nos rótulos de artigos de consumo	Divergente, pois a matéria não deve ser disciplinada por lei, uma

Continuação da Tabela 11

		industrializados comercializados no Brasil da forma de descarte ou retorno da embalagem e do produto após o consumo.	vez que é objeto de acordo setorial previsto na PNRS.
PL 4337/2012	Deputado Valdir Colatto (PMDB/SC)	Altera a PNRS para dispor sobre o tratamento ou a destinação de resíduos sólidos e a disposição final de rejeitos, estabelecendo exclusivamente que a unidade da federação em que se localize a unidade geradora de resíduos tem responsabilidade sobre os resíduos.	Divergente, pois o projeto inviabiliza a Logística Reversa proposta pela PNRS, além de prejudicar acordos setoriais estabelecidos, como o segmento dos pneus, óleos lubrificantes e latas de alumínio.
PL 5646/2013	Deputado César Halum (PSD/TO)	Institui incentivo tributário relativo ao Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), com vistas à desoneração (em 50%) de máquinas e equipamentos destinados ao processamento de resíduos sólidos.	Convergente com ressalvas, pois grande parte do maquinário produzido no Brasil já goza de IPI zero; contudo, na cadeia de reciclagem, alguns segmentos dependem de maquinário importado sem similar produzido no Brasil. Desta forma, o projeto merece apoio com a ressalva de excluir do benefício maquinários e acessórios importados que possuam similar no Brasil.
PL 6552/2013	Deputado Adrian Mussi Ramos (PMDB/RJ)	Revoga o § 1º do art. 9º da PNRS, excluindo a previsão da possibilidade	Divergente, pois a recuperação energética é um dos

Continuação da Tabela 11

de aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos.	principais instrumentos no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos não- recicláveis atualmente adotados pelos países desenvolvidos.
---	--

Fonte: (Adaptado de CNI, 2014)

Especificamente para o setor têxtil, há o Projeto de Lei Estadual 657/2013 do deputado estadual Chico Sardelli (PV), coordenador da Frente Parlamentar em Defesa da Indústria Têxtil do Estado de São Paulo. Neste PL, os fabricantes têxteis que utilizarem materiais reciclados em sua produção terão incentivos fiscais. De acordo com o Projeto, o fabricante que promover saída de produtos têxteis produzidos a partir do uso de resíduos têxteis em geral, retalhos de tecidos recicláveis ou materiais derivados da moagem ou trituração de resíduos plásticos recicláveis, inclusive garrafas PET (poliéster), poderá promover crédito presumido da importância equivalente a 80% do valor do ICMS incidente sobre a respectiva operação de saída interna. O benefício é previsto ser efetuado sem prejuízo dos demais créditos previstos na legislação (SINDITÊXTIL-SP, 2014).

4.8. Projeto Retalho Fashion: plano de gerenciamento de resíduos têxteis no Bairro do Bom Retiro como ferramenta aplicada à Logística Reversa

O SINDITÊXTIL-SP – Sindicato das Indústrias de Fiação e Tecelagem do Estado de São Paulo, a ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção, a escola SENAI “Francisco Matarazzo”, a CDL – Câmara dos Dirigentes Lojistas do Bairro do Bom Retiro e a Prefeitura da Cidade de São Paulo estão, em parceria, realizando uma proposta de plano de gerenciamento no que tange o descarte e a destinação dos resíduos têxteis advindos das

confeções do bairro do Bom Retiro (SINDITÊXTIL-SP, 2013), que se configura como um grande problema ambiental na região (LOGA, 2011).

Assim, o Projeto Retalho Fashion visa desenvolver um plano de gerenciamento de resíduos sólidos por meio da organização e promoção da coleta de resíduos têxteis provenientes das confeções instaladas no bairro Bom Retiro, buscando a preservação ambiental e a geração de renda com ocupação qualificada, criando condições socialmente justas de trabalho para os trabalhadores que dependem deste meio para subsistência e restabelecendo as condições socioambientais e de limpeza da área envolvida (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

Em 24 de abril de 2014, o SINDITÊXTIL-SP assinou o Protocolo de Intenções de Implantação do Projeto Retalho Fashion com a Prefeitura de São Paulo por meio das Secretarias de Serviços, do Verde e do Meio Ambiente, de Desenvolvimento, Trabalho e Empreendedorismo, e da AMLURB – Autoridade Municipal de Limpeza Urbana, demonstrando um avanço no que cerne a destinação das aparas têxteis oriundas do Bom Retiro e também nas regiões do Brás e Mooca (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2014).

O Projeto Retalho Fashion se configura também como um instrumento de Planejamento Ambiental na região do Bom Retiro. Santos (2004) define Planejamento Ambiental como a planificação de ações com vistas a recuperar, preservar, controlar e conservar o meio ambiente de determinada região, incluindo parques, unidades de conservação, cidades, regiões, entre outros.

O Projeto Retalho Fashion está fundamentado em quatro pilares (CNI; ABIT, 2012a):

- i) Responsabilidade ambiental;
- ii) Responsabilidade social;
- iii) Agregação de valor para a indústria têxtil e de confecção;
- iv) Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Segundo uma pesquisa realizada pela CNI – Confederação Nacional das Indústrias e a ABIT (2012), o fluxograma atual dos resíduos têxteis do bairro do Bom Retiro é o seguinte (**Figura 11**):

Figura 11 – Fluxograma atual do destino dado aos resíduos têxteis no bairro do Bom Retiro

Fonte: (CNI; ABIT, 2012)

Além disso, em 2012 no Brasil, 9.829.928 Kg Liq de retalhos e trapos têxteis compostos de seda, lã, algodão, fibras artificiais e sintéticas foram importados, o que equivale a US\$ 11.421.644 (*FOB – Free on Board*). Isso demonstra a existência de uma grande demanda por retalhos têxteis para reciclagem e para diversos fins, como: produção de mantas (tecidos constituídos pelo emaranhado irregular ou não das fibras/fios) e de revestimentos, produção de compósitos, enchimentos para artigos de pelúcia, produção de fios e barbantes, entre outros (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

Atualmente, a coleta de resíduos têxteis no bairro Bom Retiro é realizada de forma quase desorganizada e sem preocupação com a preservação ambiental. Os grandes geradores de resíduos, que correspondem a 60% das empresas da região, devem, conforme estabelecido na Lei Municipal 13.478 de 30 de dezembro de 2002 (a qual instituiu a Taxa de Resíduos Sólidos Domiciliares - TRSD, destinada a custear os serviços divisíveis de coleta, transporte, tratamento e destinação final de resíduos sólidos domiciliares),

contratar empresas especializadas em coleta de lixo para destinar esses resíduos (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

O SINDITÊXTIL-SP (2013) constatou que as empresas que realizam a coleta de resíduos nesta região encaminham os resíduos têxteis para aterros sanitários. Os outros estabelecimentos que são classificadas como pequenos geradores, ou seja, produzem menos de 200 Kg/dia de resíduo, descartam os resíduos têxteis na rua para a coleta pública. Porém, antes desta ocorrer, os catadores que atuam na região abrem os sacos de lixo, selecionam os resíduos têxteis que possuem maior valor no mercado (conforme matéria-prima e tamanho) e espalham o restante do lixo/resíduos nas vias públicas, gerando poluição, entupimento de galerias, enchentes e outros impactos ambientais e sociais.

Após a coleta dos resíduos, os catadores encaminham os resíduos têxteis selecionados aos galpões que separam conforme matéria-prima (composição), cor e tamanho, e vendem esse material para empresas têxteis recicladoras (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

Com a implantação do Projeto Retalho Fashion pretende-se formalizar o trabalho dos catadores – um dos focos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, e encaminhar os resíduos coletados, tanto por eles como pelas empresas responsáveis pela coleta dos resíduos dos grandes geradores, para uma cooperativa que ficará responsável por gerenciar os trabalhadores, separar os resíduos e preparar a matéria-prima para ser vendida às empresas recicladoras, evitando que toneladas de resíduos têxteis sejam descartadas em aterros sanitários ou nas ruas, bem como, os impactos sociais e ambientais decorrentes desse descarte irregular (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

Com o Projeto Retalho Fashion, prevê-se que a destinação dos refugos têxteis do bairro seja o seguinte (**Figura 12**):

Figura 12 – Fluxograma do destino dado aos refugos têxteis no bairro do Bom Retiro após a implantação do Projeto Retalho Fashion

Fonte: (CNI; ABIT, 2012)

Atualmente, o Projeto Retalho Fashion encontra-se na 2ª Etapa de execução, onde ocorre o levantamento da infraestrutura mínima necessária para sua consolidação, como a cotação e aluguel de espaço físico, cotação e compra de máquinas como empilhadeiras, prensas e balança industrial, entre outros (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

4.9. Tecnologias para reuso e reciclagem de têxteis

4.9.1. Reuso

Na produção industrial, os resíduos dos processos, como os retraços têxteis, geralmente são descartados, transformando-se em lixo e causando impacto ambiental (LAGO et al, 2010); contudo, é possível reutilizar os resíduos de matéria prima dentro do processo produtivo das indústrias, de um modo cíclico, utilizando a ferramenta da P+L (SINDITÊXTIL-SP, 2009) (**Tabela 12**).

Tabela 12 – Medidas que visam a reutilização de resíduos têxteis dentro do processo produtivo através da P+L

<u>Implementação</u>	<u>Benefícios ambientais:</u>
<p>O reaproveitamento dentro ou fora do processo produtivo e/ou comercialização de resíduos sólidos gerados, exemplo:</p> <p>1 – No processo de Fiação cardado se tem um desperdício de até 15%, dos quais a metade certamente poderá ser reaproveitada;</p> <p>2 – No processo de fiação penteada pode ocorrer uma perda de 30% de material, dos quais mais de 20% pode ser reaproveitado;</p> <p>3 – Utilização do lodo biológico gerado no STAR (Sistema de Tratamento de Água Residual) como combustível em caldeiras de biomassa.</p>	<p>- Redução na quantidade de resíduos gerados;</p> <p>- Redução no consumo de recursos naturais;</p> <p>- Redução do volume de lodo biológico e demais resíduos não-perigosos gerados na planta industrial;</p> <p>- Redução no consumo de combustíveis.</p> <p><u>Aspectos econômicos:</u></p> <p>- Redução no consumo de combustível;</p> <p>- Redução nos custos de destinação final de lodos biológicos e demais resíduos não-perigosos gerados.</p>

Fonte: (Adaptado de SINDITÊXTIL-SP, 2009)

Fora do processo produtivo das indústrias, os resíduos têxteis podem ser usados como matéria-prima para uso artesanal em diversos segmentos. Para Kazazian (2005), aproveitar estes resíduos descartados é uma das proposições do eco-design ou design sustentável, que – ao analisar o Ciclo de Vida do Produto, agrega função aos mesmos, tornando-se insumo de uma nova produção, reduzindo os impactos ao meio ambiente.

Quando se utilizam retalhos para fazer artesanato como o fuxico ou o patchwork (**Figura 13**), que são trabalhos manuais feitos de pedaços de tecidos emendados, diz-se que houve a reutilização do material (ZONATTI, 2013).

Figura 13 – Trabalho artesanal com o reuso de têxteis: **(a)** sofá Primavera da marca Ronconi (Brasil) assinado pelo designer brasileiro Pedro Franco, com acabamento de fuxicos feitos à mão por artesãs de Curitiba/PR; e **(b)** sofá feito com pedaços de diferentes tecidos através da técnica do patchwork

Fontes: (BRASIL FASHION NEWS, 2014; COSTURE BEM, 2014)

O artesanato considera as quatro dimensões proposta pela Sustentabilidade: i) a social, ao gerar trabalho e renda a pessoas desfavorecidas economicamente; ii) a ambiental, ao possibilitar a utilização de resíduos descartados precocemente e de materiais menos nocivos; iii) a econômica, por ser voltado para fins de comercialização com base na identificação de uma demanda; e iv) a cultural, ao respeitar a individualidade do artesão e das características locais da comunidade a qual pertence e preservar a cultura local (SILVA, 2009b).

Geralmente, tais técnicas artesanais são desenvolvidas e disseminadas por meio de cooperativas e ONG's - organizações não-governamentais ligadas ao setor têxtil e de moda (ZONATTI, 2013). Cooperativa define-se por ser um grupo de pessoas com um mesmo objetivo, que trabalham juntas e repartem a riqueza adquirida, onde valores de igualdade, democracia e fraternidade são pontos fortes na formação deste coletivo. Geralmente, observa-se a existência de cooperativas de catadores de vários tipos de resíduos, onde trabalhadores informais são responsáveis por 90% da matéria-prima que alimenta a indústria da reciclagem no país (IPT-SEBRAE, 2003).

No ano de 2003, a Prefeitura de São Paulo firmou um acordo com a ABIT para a criação de 600 postos de trabalho no projeto de uma cooperativa

intitulada “Tecendo Novos Caminhos – Formação e Inclusão Social: Cooperativa de Resíduos Têxteis” (ABIT, 2012). Entre os objetivos ambientais, pretendia-se reciclar e reutilizar o resíduo têxtil descartado nas regiões do Brás, Bom Retiro, Mooca, Pari, Belém e Sé. Contudo, não foram encontrados mais dados sobre o andamento e/ou conclusão deste projeto.

No Rio de Janeiro, a COOPA-ROCA – Cooperativa de Trabalho Artesanal e de Costura da Rocinha Ltda., é uma cooperativa que capacita, coordena e gerencia o trabalho de mulheres moradoras da comunidade da Rocinha, as quais produzem peças artesanais focadas no mercado da moda e do *design* (COOPA-ROCA, 2012).

As ONG’s são espécies de “empresas” do terceiro setor, sem fins lucrativos, e que desenvolvem ações sociais principalmente onde o Estado não consegue chegar, a fim de melhorar a qualidade de vida de determinada comunidade ou grupo de indivíduos (IPT-SEBRAE, 2003). Como exemplo, a ONG “Impacto Social”, juntamente com a Escola Têxtil Fundamas, ambas localizadas em Joinville – SC, uniram-se em 2011 para transformar *banners*, que seriam descartados, em aventais de proteção. Esses aventais foram doados a três Associações de Separadores de Lixo da região, a Recipar, a Cooperanti e a da comunidade Rio do Ferro (PORTAL JOINVILLE, 2012).

No segmento filantrópico de doação, recolhimento e separação de roupas, observa-se que há poucos projetos grandes que estimulam a doação e reutilização dos artigos de vestuário – a maioria são projetos pequenos em nível comunitário. Alguns exemplos filantrópicos de maior impacto/abrangência regional são os da Casa Hope e o Bazar Unibes - União Brasileiro-Israelita do Bem-Estar Social, situados na capital paulistana. Em ambos os casos, é aceito praticamente todo tipo de material para doação, como eletrodomésticos, móveis e artigos de decoração, além de peças de vestuário. As instituições possuem caminhões que retiraram as doações, dependendo do tamanho e do volume delas (ZONATTI, 2013). Além destes, há ainda a AACD – Associação de Assistência à Criança Deficiente e Casas André Luiz.

Uma pesquisa realizada no Reino Unido afirma que se cada pessoa reutilizasse uma peça do vestuário – o suéter de lã, ao invés de comprar uma

peça nova todo inverno, seria poupada uma média de 371 milhões de galões de água, aproximadamente 1.400 milhões de litros (WASTE ON LINE, 2014).

No sul do país existe o Banco de Vestuários, que é parte integrante do Projeto dos Bancos Sociais, coordenado pela Fundação Gaúcha dos Bancos Sociais da FIERGS - Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul e seu presidente. Para a administração do Banco, o presidente conta com Conselheiros do segmento empresarial, mais Conselheiros da Sociedade Civil, que possam oferecer sua contribuição ao Banco, tais como: Associações *Rotary* ou *Lions*, por exemplo, universidades, escolas, agências de publicidade, imprensa, logística, sindicatos, federações, etc. (BANCOS SOCIAIS, 2014). Também não foram encontrados, em pesquisas bibliográficas, dados mais aprofundados sobre o funcionamento do Banco de Vestuários.

4.9.2. Reciclagem

A Teoria Geral de Sistemas, também conhecida pela sigla T.G.S., surgiu com os trabalhos do biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy, publicados entre 1950 e 1968. A T.G.S. não busca solucionar problemas ou tentar soluções práticas, mas sim produzir teorias e formulações conceituais que possam criar condições de aplicação na realidade empírica, tendo como um dos pressupostos a tendência de integrar as ciências naturais com as sociais. Deste modo, a T.G.S. fornece um quadro teórico útil para a compreensão dos processos de reciclagem têxtil. Assim, a teoria permite a compreensão do comportamento individual em um contexto social e fatores situacionais. Por exemplo, ao invés de simplesmente reconhecer a importância de fatores ambientais, a T.G.S. deixa claro que muitos fatores, como a economia, as restrições legais e políticas, o avanço tecnológico, as perspectivas culturais, o ambiente competitivo e a infraestrutura devem ser consideradas também por conta de uma visão holística (OLSEN; HASLETT, 2002). O pensamento sistêmico ajuda a explicar as conexões, as interdependências, os processos e a integração do sistema de reciclagem de produtos têxteis. Neste caso específico, os fatores ambientais, tais como as políticas locais dos resíduos

sólidos, a existência de lojas de caridade e as atitudes locais em relação à Sustentabilidade influenciam na possibilidade de reciclagem deste tipo de material (HAWLEY, 2006).

Primeiramente, dentro da indústria têxtil, atitudes devem ser tomadas para a não-geração de resíduos. Os cuidados devem iniciar na escolha das matérias-primas até o descarte dos produtos pelo consumidor, com foco na minimização ou, se possível, na eliminação da geração de resíduos, que é a forma mais efetiva para combater a degradação do meio ambiente (LEITE, 2003).

Assim, a orientação básica aplicada nas medidas de P+L para os resíduos é praticar sempre os denominados “3R’s”, de forma cíclica ou periódica, nesta ordem (SINDITÊXTIL-SP, 2009):

- i) Reduzir a geração de resíduos (nos processos produtivos e operações auxiliares);
- ii) Reusar os resíduos “inevitáveis” (aproveitá-los, sem quaisquer tratamentos);
- iii) Reciclar os resíduos “inevitáveis” (aproveitá-los após quaisquer tratamentos necessários dentro do processo ou mesmo fora do processo produtivo).

Para os 2º e 3º passos, deve-se procurar esgotar primeiro as possibilidades de aproveitamento interno, nas próprias atividades da unidade produtiva; somente depois, procurar alternativas de aproveitamento externo, em instalações de terceiros. Os resíduos que restarem dos “3R’s”, devem ser segregados, coletados, acondicionados e destinados adequadamente, de acordo com normas técnicas e com a legislação ambiental (SINDITÊXTIL-SP, 2009). Assim, a reciclagem e a destinação correta dos materiais devem ser as opções de segundo e terceiro níveis, quando não for possível eliminar os resíduos na fonte (DEBASTIANI; MACHADO, 2012).

Assim, ao considerar o caso da indústria têxtil e de vestuário, a reciclagem contribui de forma significativa, em um sentido mais amplo, no que diz respeito à responsabilidade social inserida numa cultura contemporânea.

Através da reciclagem, as empresas podem obter lucros maiores porque evitam custos associados com a disposição dos resíduos em aterros, enquanto que, simultaneamente, a reciclagem contribui para o lucro associado ao ambientalismo e para a geração de empregos aos indivíduos marginalmente empregáveis (HAWLEY, 2006).

Tipicamente, as tecnologias de reciclagem são divididas em abordagens primárias, secundárias, terciárias e quaternárias. A abordagem primária envolve a reciclagem de um produto em sua forma original; reciclagem secundária envolve o processamento de fusão de um produto de plástico para um novo produto, que possui um nível mais baixo de propriedades físicas, mecânicas e/ou químicas; reciclagem terciária envolve processos como a pirólise e a hidrólise, que convertem os resíduos plásticos em produtos químicos de base e em combustíveis; já a reciclagem quaternária refere-se a queima dos resíduos sólidos e utilização do calor gerado. Todas essas 4 abordagens existentes são aplicáveis para a reciclagem de fibras têxteis (HAWLEY, 2006).

Deste modo, desde o surgimento da atividade da reciclagem têxtil na cidade de Prato na Itália, em meados do século XIX com a recuperação dos resíduos de lã (CAMARA DI COMMERCIO PRATO, 2014), a mesma é caracterizada como a prática ou a técnica na qual os resíduos e sobras dos processos industriais, confeccionistas ou ainda oriundos do descarte de artigos confeccionados podem ser reprocessados, com a necessidade de tratamento para alterar as suas características físico-químicas ou não, podendo ser divididas em (SINDITÊXTIL-SP, 2009):

- i) Reciclagem dentro do processo: permite o reaproveitamento do resíduo como insumo no processo que causou a sua geração. Como exemplo, há a empresa espanhola Masias – *Maquinaria S.A.*, que fabrica maquinários voltados à reciclagem têxtil dentro do próprio processo industrial. Ela fornece linhas de produção para a Karsten S.A., indústria brasileira do setor de cama, mesa e banho com sede em Blumenau/SC, que reprocessa seus produtos com defeito – edredons, por exemplo, reutilizando esta

matéria-prima como insumo para a fabricação de outros novos produtos;

- ii) Reciclagem fora do processo: permite o reaproveitamento do resíduo como insumo em um processo diferente daquele que causou a sua geração. Como exemplo, há a empresa francesa Laroche S.A. e a espanhola Margasa – *Proyectos e Ingeniería Textil S.A.*

Por exemplo, a aquisição de 250 g de algodão em uma camiseta implica na utilização de 1,7 Kg de combustíveis fósseis, geração de 450 g de refugos em aterros sanitários e na emissão de 4 Kg de CO₂ na atmosfera. Logo, a reciclagem das fibras proporcionam benefícios ambientais e econômicos. A recuperação desses materiais têxteis (ALWOOD et al, 2006):

- i) Reduz a necessidade de espaço em aterro. Os têxteis apresentam problemas especiais no aterro sanitário como as fibras sintéticas, que demoram muito para se decompor – mais de 30 anos no caso da poliamida e mais de 100 anos no do poliéster (CNI; ABIT, 2012), enquanto que as peças de lã e algodão se decompõem e produzem metano, que contribui para o aquecimento global;
- ii) Reduz a pressão sobre os recursos naturais, uma vez que a maior parte dos resíduos é constituído por materiais poliméricos sintéticos e naturais, tais como algodão, poliéster, poliamida e polipropileno. A principal fonte de matéria-prima para polímeros sintéticos é o petróleo. Mesmo para polímeros naturais renováveis, como o algodão, a produção exige energia e produtos químicos que são baseados em recursos não-renováveis (HAWLEY, 2006);
- iii) Produz resultados satisfatórios no controle da poluição e na economia de energia;
- iv) Gera menor gasto com matérias-primas.

Contudo, a reciclagem do vestuário ou qualquer outro item têxtil não é simples. A sua complexidade começa na logística dos estágios implícitos nesse processo, como (BROEGA; CARVALHO; MORAES; 2011):

- i) Coleta e transporte;
- ii) Identificação das matérias-primas e separação dos componentes;
- iii) Desfibragem;
- iv) Lavagem ou limpeza;
- v) Pré-produção de matérias-primas secundárias.

Quase todos os países que desenvolvem políticas de reciclagem têxtil ou até mesmo de reutilização integram esses procedimentos, tanto em nível estatal quanto em nível privado, acarretando custos de mão-de-obra e respectiva transformação (BROEGA; CARVALHO; MORAES; 2011).

4.10. Tipos de reciclagem têxtil

A reciclagem têxtil pode ser classificada dependendo das matérias-primas a serem reprocessadas, acarretando no uso de diferentes linhas de produção e processos específicos para obtenção dos produtos finais. Elas podem ser divididas em: i) reciclagem mecânica; ii) reciclagem química; iii) reciclagem térmica; e iv) *mix* de tecnologias (GROUPE CTT e ITS, 2014) (**Figura 14**).

Figura 14 – Tipos de reciclagem têxtil conforme o processo

Fonte: (Adaptado de GROUPE CTT e ITS, 2014)

Para o reaproveitamento de resíduos têxteis, recomenda-se inicialmente aplicar os procedimentos da ABNT NBR 10004:2004 – Classificação dos resíduos sólidos, para verificação da classificação como “perigosos” e “não perigosos” (SINDITÊXTIL-SP, 2009).

Assim, os consumidores devem estar cientes de que quase 100% dos têxteis são recicláveis e que existem numerosos e diversos mercados para os produtos de fibras recicladas (GULICH, 2006). Os retalhos de tecidos descartados podem ser facilmente reaproveitados para a produção de novos artigos. No entanto, para que o reuso destas matérias seja viável à indústria, é necessária a implantação de incentivos, especialmente de ordem tributária (SINDITÊXTIL-SP, 2014).

4.10.1. Reciclagem Mecânica

Tanto as fibras virgens quanto as recicladas podem passar, posteriormente, pelos mesmos processos mecânicos de fiação, diferenciando-se em um aspecto: os resíduos têxteis, podendo ser previamente separados por composição e cor (ou não, dependendo do produto final que se deseja obter), necessitam passar por um maquinário específico que os destrinche, uma vez que já estão consolidadas na forma de artigos, tecidos ou aparas (ZONATTI, 2013).

Em âmbito internacional, existe a empresa francesa Laroche S. A. com mais de 100 anos de existência e pioneira na fabricação de maquinários de reciclagem têxtil. Além desta, há também as espanholas Margasa – *Proyectos e Ingeniería Textil S.A.*, que atua no mercado global de reciclagem têxtil há mais de 40 anos, e a Masias – *Maquinaria S.A.*, que atua há aproximadamente 20 anos. Existem ainda outras empresas fabricantes de linhas de reciclagem têxtil situadas na Alemanha, Estados Unidos, Japão, Itália, Turquia, entre outros países.

Tomando como exemplo a linha de produção da Laroche S. A., o processo inicia-se utilizando os abridores de ourelas, exemplificado pelas

máquinas *Minitrim* ou *Minitrim HSP* (**Figura 15**), que trabalham a uma velocidade de alimentação de até 40 m/min e de até 450 m/min, respectivamente, ou ainda a *Supertrim*, que trabalha numa velocidade de alimentação de até 50 m/min, caso os pedaços de tecidos sejam ainda muito grandes (LAROCHE, 2014). Ourelas são caracterizadas pelas bordas exteriores laterais do tecido. Geralmente, são produzidas com uma estrutura diferente do restante do tecido de modo a suportarem a tração e estiramento de toda a peça do tecido recém produzido no tear (RIBEIRO; ANDRADE FILHO, 1987).

Figura 15 – Máquina *Minitrim* abridora de ourelas da empresa Laroche

Fonte: (LAROCHE, 2014)

Numa segunda etapa, o material processado (retalhos) em tamanhos menores passam por uma cortadeira rotativa exemplificada pela *Starcut 500* (**Figura 16**), que realiza uma uniformização aproximada do tamanho do material. Depois de uniformizados, os retalhos picotados vão para um depósito dentro da linha de produção, para depois serem desfibrados (LAROCHE, 2014).

Figura 16 – Máquina *Starcut 500* cortadeira rotativa da empresa Laroche

Fonte: (LAROCHE, 2014)

Há várias linhas de produção para desfibragem, sendo a *Cadette* a mais simples da empresa Laroche, com uma cortadeira rotativa e desfibradeira de 6 cilindros (LAROCHE, 2014).

Em cada cilindro da *Cadette* há um número de pinos (agulhas), que realizam o destroçamento e a desfibragem do material têxtil, sendo que os cilindros posteriores possuem sempre mais pinos (e mais finos) que os cilindros anteriores, que possuem sempre menos pinos (e mais grossos). A *Cadette* serve para todos os tipos de resíduos, como os tecidos planos, tecidos de malha, peças confeccionadas e não tecidos. Esta linha de produção é usada para, posteriormente, serem feitos produtos mais simples com o resultado final do processo, como as mantas utilizadas para isolamento acústico, por exemplo (LAROCHE, 2014) (**Figura 17**).

Figura 17 – Máquina desfibreadora *Cadette* da empresa Laroche e detalhe ampliado dos pinos metálicos que realizam a desfibragem dos resíduos têxteis

Fonte: (LAROCHÉ, 2014)

A linha de produção *Exel* é composta para 2 cortadeiras e desfibreadora com 6 cilindros, fazendo um melhor acabamento no produto final em relação à *Cadette*. A linha mais sofisticada da empresa Laroche é a *Jumbo* (**Figura 18**), que possui 2 cortadeiras, 4 cilindros e mais 2 cilindros de linhas combinadas, sendo a mais eficaz no acabamento do produto final (LAROCHÉ, 2014).

Figura 18 – Máquina *Jumbo* da empresa Laroche

Fonte: (LAROCHÉ, 2014)

Após a desfibragem, o material obtido segue para o enfardamento, estocagem e expedição. O fluxograma de desfibragem de resíduos têxteis é o seguinte (**Figura 19**):

Figura 19 – Fluxograma para desfibragem de resíduos têxteis: fase anterior a uma possível nova fiação

Fonte: (ZONATTI, 2013)

Após a reciclagem (desfibragem) da fibra têxtil – como resíduo industrial, de confecção ou pós-consumo, pode haver o processo de fiação deste material. A fiação tem seu principal objetivo em transformar a matéria-prima, fibras ou polímeros sintéticos, em fios e filamentos (ZONATTI, 2013), enfatizando que há uma diferenciação de processos/maquinários entre a fiação de fibras naturais e/ou cortadas e a fiação de fibras químicas e artificiais.

Depois que as fibras sintéticas entraram no mercado no século XX, a reciclagem têxtil tornou-se mais complexa por duas razões distintas (HAWLEY, 2006):

- i) As fibras sintéticas são mais resistentes, tornando-se difíceis de serem trituradas e desfibradas;
- ii) As misturas de fibras tornou mais complexo o processo de separação dos componentes do resíduo, uma vez que cada grupo de fibras têxteis (natural, artificial e sintética) possui características físico-químicas bastante distintas entre si. No entanto, a indústria da reciclagem deve procurar maneiras de lidar com tudo o que a indústria têxtil e da moda tem gerado (GROUPE CTT e ITS, 2014).

Por conta da variedade de matérias-primas dos resíduos – muitas vezes misturados (LOGA, 2011), é importante que se tenha especificada a composição dos mesmos pois, caso a mistura dos resíduos de fibras naturais/artificiais e de fibras sintéticas entre com uma proporção errada no maquinário de desfibragem, pode acarretar na fundição das fibras plásticas pela alta temperatura provocada pelo atrito nos processos mecânicos, comprometendo o processo (o plástico fundente se adere aos pinos e outras partes do maquinário) e/ou a qualidade do produto final, ou ainda podendo acarretar a combustão do material dentro dos maquinários (KLEIN, 1993; GULICH, 2006b; GROUPE CTT e ITS, 2014).

Os resíduos têxteis retornam à condição de fibras com comprimento aproximadamente 20% menor em relação à fibra original virgem utilizada no primeiro processo de industrialização por conta dos processos de corte e desfibragem da reciclagem. Dependendo da utilização final da fibra, o processo de reciclagem deverá ser mais ou menos intenso; portanto, produzirá uma fibra de maior ou menor qualidade final, o que determinará o processamento dos resíduos, podendo o resultado final também ser muito próximo ao primeiro processo de manufatura da fibra (GULICH, 2006b).

Há fibras recicladas que poderão ser usadas sem a mistura com as fibras virgens ou ainda em diversas misturas, dependendo do produto final as quais se destinam. Deve-se também observar a questão da cor da fibra reciclada, pois poderá ser uma cor indefinida ou sofrer processos químicos de descoloração, alveijamento e/ou tingimento (GULICH, 2006b).

Baseado nesse sistema de reaproveitamento de resíduos ou de confeccionados, há de se salientar a importância desses processos de geração de matéria-prima para um setor específico, o da fabricação de fios mais grossos destinados à produção de produtos menos nobres (SINDITÊXTIL-SP, 2009) ou ainda para setores como o automotivo, o da construção civil, de higiene pessoal e o de não tecidos (LAROCHE, 2014).

Os têxteis usados na indústria automotiva, por exemplo, são muitas vezes compósitos, possuindo características funcionais a um custo viável. Estes compósitos pré-moldados são utilizados no interior dos veículos como acabamento e/ou desempenhando funções de isolamento acústico, entre outras. Muitos destes compósitos de alta qualidade podem conter uma variedade de mistura de fibras recicladas unidas por meio de resina fenólica, também passível de ser separada posteriormente das fibras e reciclada (GULICH, 2006a) (**Figura 20 – a**). Compósitos, segundo Carvalho (2005), são aqueles materiais que possuem pelo menos dois componentes ou duas fases, com propriedades físicas e químicas nitidamente distintas em sua composição. Separadamente, os constituintes do compósito mantêm suas características, porém quando misturados, formam um composto com propriedades impossíveis de se obter com apenas um deles. Neste caso, as propriedades dos compósitos podem ser consideradas como uma combinação entre as propriedades da matriz, das fibras e das interfaces entre as fibras e matriz (**Figura 20 – b**).

(a) **(b)**

Figura 20 – Exemplos de materiais compósitos: **(a)** compósito utilizado para acabamento interno dos automóveis e **(b)** compósito reforçado com fibra de sisal

Fonte: (MERCADO LIVRE, 2015; UFRJ/COPPE, 2015)

Especificamente para a reciclagem de fibras 100% sintéticas, como a poliamida, o poliéster, o polipropileno, entre outros, a reciclagem mecânica inicia-se com o picotagem dos materiais têxteis, da mesma forma que ocorreria com qualquer outro tipo de material têxtil natural ou artificial. Contudo, posteriormente, há o envolvimento de um processo térmico, onde ocorre a fusão (derretimento) do material a ser processado e a extrusão para produção dos filamentos reciclados. Caso haja mistura de diferentes fibras sintéticas no mesmo resíduo, o processo inicia-se fundindo o material – levando em consideração que cada fibra possui um ponto de fusão diferenciado (o do poliéster é de 260°C, o da poliamida 6 é de 220°C e o da poliamida 6.6 é de 250°C, por exemplo), havendo assim a separação dos componentes em fases distintas e sua consolidação como grânulos plásticos, que serão posteriormente extrudados para a formação, separadamente, de novos filamentos (GROUPE CTT e ITS, 2014).

4.10.2. Reciclagem Química

A reciclagem química das fibras artificiais puras ocorre com a degradação da celulose através da hidrólise enzimática ou hidrólise ácida, transformando-a em glucose e sacarídeos; no caso do polipropileno puro, há sua dissolução em xileno e posterior filtração e limpeza; depois, ocorre a precipitação na forma de acetona, filtração, transformação da acetona em grânulos e a fiação do material novamente (GROUPE CTT e ITS, 2014).

Tratando-se do poliéster e da poliamida, o processo inicia-se com a despolimerização do material, transformando-o em monômeros; após esta etapa, ocorre uma nova polimerização e utilização da matéria prima na forma de pasta para ser extrudada e fiada novamente. Existem alguns processos patenteados de reciclagem química do poliéster, como: processos TBI e OXID, processo *Renew*, processo Repete, processo de Broccatelli, processo *Eastman Chemical*, processo Teijin, processo DuPont e o processo dos fluídos supercríticos e dissolução do PET (politereftalato de etileno). Em relação aos processos patenteados de reciclagem química da poliamida, existem os

seguintes: processos DSM, processo BASF, processo Bayer e processo dos fluídos supercríticos e vapor superaquecido (todos utilizados para a poliamida 6); processo *Klättermusen* e processo de glicólise (para a poliamida 6.6). Caso o poliéster e a poliamida estejam misturadas, há conhecimento apenas do processo de reciclagem patenteado pela DuPont (GROUPE CTT e ITS, 2014).

No Brasil, a H3 Polímeros – Logística Reversa patenteou (**APÊNDICE 2**) um processo de reciclagem da poliamida 6 e 6.6 originários das sobras e descartes das linhas de roupas íntimas femininas, *fitness*, praia e banho, sendo a primeira empresa brasileira a obter uma patente na área de Logística Reversa pronta a atender a Política Nacional de Resíduos Sólidos, de acordo com as informações disponibilizadas pela mesma. Com investimentos acima dos 7 milhões de reais, a empresa instalou, em 2012, uma planta de reciclagem na cidade de Bom Jesus dos Perdões, Estado de São Paulo, com capacidade de processamento diário na ordem de 33 toneladas, totalizando 2 mil ao ano. Segundo informações da empresa, o processo inicia-se com a triagem do material, processo de descontaminação (também patenteado), moagem, compactação, secagem e produção dos grânulos plásticos e outros compostos como resultado final. Esta matéria prima posteriormente serve como base para a produção de novos filamentos, podendo ainda ser utilizada na injeção de peças técnicas ou em elementos de mobiliário e decoração (H3 POLÍMEROS, 2014).

Caso haja a mistura entre o poliéster e o algodão, podem ocorrer 2 vias de reciclagem: degradação do poliéster por dissolução e posterior despolimerização, separando-o da celulose; ou pode ocorrer a degradação da celulose e posterior recuperação do poliéster. Há ainda um estudo experimental da fibra mista de poliéster com algodão onde há a compressão do material em alta temperatura e posterior modelagem, transformando essa “massa”, depois de sólida, em um compósito (onde a matriz é o poliéster e as fibras atuam como reforço) (GROUPE CTT e ITS, 2014).

4.10.3. Mix de Tecnologias

O *mix* de tecnologias é aplicado especificamente para a reciclagem de carpetes e de compósitos fibrosos; no primeiro caso, os processos mais comuns envolvem processos de reciclagem mecânica ou química e, no segundo caso, podem ser utilizados processos de reciclagem mecânica, química ou térmica (WANG, 2006; GROUPE CTT e ITS, 2014).

Toma-se como exemplo de reciclagem mecânica o processamento dos resíduos de carpete feitos de poliamida 6.6 (poliamida 6.6), mas que também possuem em sua composição revestimentos de polipropileno unidos com adesivos de látex – possuindo o CaCO_3 em sua composição, matérias-primas notadamente diferentes (WANG, 2006).

Em um processo desenvolvido pela DuPont, o carpete produzido com poliamida 6.6 é, primeiramente, picotado em um processo seco e tem, posteriormente em um processo úmido, seus componentes separados utilizando como método as diferenças de densidade entre as matérias-primas. Esta separação dos componentes do carpete ocorre através de um sistema de centrifugação, que emprega um tambor rotativo capaz de gerar uma aceleração centrífuga 1000-1500 vezes maior do que a aceleração da gravidade. Nesta etapa, um líquido com uma densidade de $1,15 \text{ g/cm}^3$ é usado para separar as fibras do poliamida e a do polipropileno do adesivo de látex. Este processo proporciona uma mistura de 50-70% de poliamida, 15-25% de polipropileno e 15-20% de látex, além de “sujidades”. Assim, duas correntes de produto são obtidos: um com 98% de poliamida puro e outras com 98% de polipropileno puro. Numa segunda fase, utilizando um líquido com uma densidade de $1,0 \text{ g/cm}^3$ (a água por exemplo), há uma maior separação do poliamida e do polipropileno (WANG, 2006).

Outro processo de separação dos componentes do carpete não necessita do corte do mesmo preliminarmente. Primeiramente, as fibras de poliamida dispostas em laçadas no lado direito do carpete são cortadas e abertas. O próximo passo é a descolagem, em que o carpete é bombardeado com uma combinação de ar e vapor para descolar a base adesiva de látex.

Depois, a base do carpete feita de polipropileno é exposta e, em seguida, as laçadas abertas de poliamida situadas na face do tecido são arrancadas por processo mecânico. Alega-se que o custo deste processo é baixo, produzindo um produto com 93-95% de fibras puras. Outros dispositivos utilizam jatos de água ou gelo seco. O gelo seco congela o material ligante – o látex, tornando-o frágil e fácil de quebrar, havendo a separação das matérias-primas, que são transportadas por um sistema. O gelo seco sublima sem deixar quaisquer resíduos líquidos, eliminando a operação de secagem do material e poupando energia, bem como evitando uma potencial poluição química. O poliamida reciclado destes processos pode ser misturado com poliamida virgem, na proporção de 1:3 para a fabricação de peças para automóveis (WANG, 2006).

Para a reciclagem química dos carpetes, ocorre a extração do poliamida de alto valor agregado dos resíduos por meio de solventes. Os solventes utilizados incluem álcoois alifáticos, alquilfenóis e ácido clorídrico. No processo, os resíduos do carpete são picados em pedaços que variam entre 0,5-20 cm² e misturados com um agente de extração, como o metanol. A proporção de peso de solvente para resíduos do carpete é, geralmente, de 1:4. O tempo de extração, de 60 minutos, verificou-se ser suficiente para dissolver o poliamida 6, a uma temperatura de 135-140°C e a uma pressão de 0,2-2 MPa. Após esta etapa, os sólidos são filtrados e a solução esfriada até e o poliamida 6 precipitar. O poliamida resultante tem pelo menos 90% da viscosidade relativa do poliamida presente nos resíduos do carpete, indicando que não ocorre degradação grave no processo de extração. Além disso, o rendimento de poliamida é alta, acima de 90% (WANG, 2006).

Os inconvenientes de extração por solvente são os produtos químicos envolvidos, temperaturas e pressões relativamente altas e tempo requerido. Em comparação, a utilização de ácido clorídrico como um solvente requer temperaturas mais baixas, entre 20 a 100°C e tempo de dissolução curto, entre 2-30 minutos. Com base em dados de viscosidade relativa, é observada que não ocorre a degradação do poliamida reciclado. No entanto, o solvente ácido clorídrico não é reciclável devido à sua reação com o carbonato de cálcio, também presente na composição dos resíduos do carpete (WANG, 2006).

Outra abordagem para componentes separados do carpete é usar um método de fluido supercrítico (FSC) em um processo de solubilidade. Os polímeros individuais do carpete podem ser extraídos sequencialmente usando um FSC como o CO₂, aumentando a temperatura e pressão. No entanto, as altas temperaturas, entre 170-210°C e pressões entre 500-1000 atm – aproximadamente de 50 a 100 Mpa, são necessários para dissolver os diferentes polímeros no solvente do FSC. Outro desenvolvimento permite a separação do poliamida 6.6 a partir de dois monômeros, o ácido adípico e o hexametilenodiamina (HMDA). A despolimerização posterior do poliamida 6,6 para recuperar o ácido adípico e o HMDA foi demonstrada em estudos, mas não ainda implementada em operação comercial (WANG, 2006).

No caso da reciclagem mecânica de compósitos, o mesmo se dá pelo corte e trituração dos resíduos, transformação dos componentes em pó e posterior manufatura deste material em um novo compósito. Para a reciclagem química, ocorre a despolimerização da matriz por solvólise, havendo a perda de propriedades mecânicas do material. No caso da reciclagem térmica de compósitos, que é mais cara, ocorre a pirólise através do processo de leito fluidizado. A vantagem é que não há a perda/redução do tamanho das fibras (GROUPE CTT e ITS, 2014).

4.10.4. Reciclagem Térmica

Especificamente no caso do algodão, o mesmo pode ser reciclado utilizando-se 2 vias possíveis: produção de energia por combustão e produção de biogás. No primeiro caso, utilizando-se uma mistura composta de 80% de aparas de fibras de algodão com 20% de resíduos de madeira, é obtido um excelente combustível para as caldeiras. Há também a possibilidade da produção do biogás utilizando este material, processo que se inicia com a picotagem do material e desfibragem; posteriormente, ocorre a hidrólise (reação de quebra da ligação química de uma determinada molécula, no caso a celulose, com a adição de uma molécula de água). Em outra etapa ocorre a filtragem deste material através de osmose reversa, processo de separação em

que um solvente é separado de um soluto de baixa massa molecular por uma membrana permeável ao solvente e impermeável ao soluto. Em seguida é promovida a fermentação para a produção de biogás (GROUPE CTT e ITS, 2014).

Embora os tecidos de algodão sejam, geralmente, reciclados por meio da desfibragem e sua posterior fiação ou ainda utilizados como reforço em compósitos, sua valorização térmica pode ser interessante para algumas indústrias que visam principalmente obter energia potencial por combustão, o qual constitui o 3º processo de reciclagem térmica (GROUPE CTT e ITS, 2014).

Contudo, tomando como exemplo o bairro do Bom Retiro, além dos resíduos 100% algodão, outros tipos de resíduos sólidos são misturados ao lixo das confecções, como fibras de poliéster, poliamida, papel ou mesmo matéria orgânica, tornando difícil o gerenciamento deste tipo de material (SINDITÊXTIL-SP, 2013). Assim, a opção mais viável é a co-incineração, com a vantagem que os tecidos de algodão são altamente calóricos, facilmente inflamáveis e podem, portando, serem misturados e homogeneizados com outros tipos de rejeitos (MOLTÓ et al, 2005).

Mueller et al. (2003) estudaram a co-combustão de fibras acrílicas, de algodão e de lã em um teste preliminar, observando e analisando os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPA's), dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos, bem como alguns elementos-traço no material inicial das cinzas formadas e no gás da combustão.

Alguns trabalhos sobre a análise de subprodutos orgânicos da pirólise – decomposição do material em altas temperaturas sem adição de oxigênio, relativos à combustão de celulose e algodão podem ser encontrados na literatura. Hajaligol et al. (1999) estudaram a formação de hidrocarbonetos aromáticos a partir da pirólise de hidratos de carbono de materiais têxteis expostos a condições de latente combustão. Schwenker et al. (1957) queimaram um tecido 100% algodão a 75-300°C e obtiveram uma mistura complexa de compostos orgânicos como ácidos, aldeídos, cetonas, água e levoglucosano em destilado aquoso. Abad et al. (2000) realizaram um balanço

de massa de dioxina em um incinerador de resíduos urbanos com diferentes tipos de materiais, como o têxtil, matéria orgânica, plástico, madeira e papel e observaram que as amostras têxteis apresentaram os maiores valores de dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos nas próprias amostras e também na sua combustão.

Também foram detectados dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos em roupas novas de algodão em diversos níveis. Há amplas evidências indicando que estes têxteis contaminados são, em grande parte, responsáveis pelas altas concentrações de dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos nos efluentes das máquinas de lavar (HORSTMANN et al., 1998). É sabido que a exposição da pele às dibenzo-p-dioxinas policloradas e aos dibenzofuranos podem representar um possível perigo para a saúde humana (KLASMEIER et al, 1999). Há poucos dados na literatura sobre esses elementos, mas sabe-se que eles estão presentes em corantes e pigmentos, como o “PChloranil”, que têm uma ampla aplicação no tingimento de algodão e elimina dioxinas como subproduto.

Molto et al. (2005) estudaram a viabilidade de reciclar os resíduos das fibras de algodão por meio da pirólise e da combustão, objetivando avaliar a formação de compostos poluentes orgânicos na atmosfera. Observaram que, entre os compostos orgânicos detectados, a pirólise correspondia a níveis mais altos, enquanto que a combustão do material representava níveis mais altos na produção de óxidos de carbono (CO e CO₂). O metano e o benzeno são liberados a uma temperatura de 950°C; já os compostos como o etileno, o estireno, tolueno e o benzofluoreno apresentam um fator máximo de emissão a 850°C na combustão.

Os HPA's (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos) mutagênicos, como o benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno e o benzo(a)pireno são liberados a uma temperatura de combustão de 950°C. A maioria dos processos feitos em laboratório foram realizados uma temperatura operacional entre 850-950°C, significando que algumas partes do gás combustível produzido podiam conter concentrações elevadas de subprodutos

tóxicos, devendo haver uma elevada mistura com ar para diminuição dos fatores de emissão de poluentes (MOLTÓ et al, 2005).

Em relação às dibenzo-p-dioxinas policloradas e aos dibenzofuranos, alguns testes foram repetidos para obtenção de resultados mais confiáveis. Todas as concentrações de dioxinas totais diminuem na combustão, exceto as tetradoxinas, que aumentaram. Contudo, apesar dos autores relatarem que são necessários mais estudos e que a comparação entre diferentes materiais em relação à emissão de poluentes orgânicos na atmosfera é algo complexo, o estudo concluiu que as octadoxinas e os octafuranos, subprodutos da combustão, tem elevada queda quando as fibras de algodão são decompostas no ar. Assim, os resultados sobre os poluentes produzidos pela combustão dos tecidos de algodão mostram que este material é desperdiçado em aterros sanitários e que poderia ser usado como biomassa para geração de energia (MOLTÓ et al, 2005).

4.11. Reuso e reciclagem têxtil em alguns outros países

A Alemanha possui a melhor gestão de resíduos e o melhor sistema de reuso e reciclagem têxtil do mundo. As ideias básicas que são implementados no país sobre o reuso e a reciclagem da matéria têxtil estão baseadas nos “3 R”: reduzir, reutilizar e reciclar. Outros conceitos também estão incluídos no gerenciamento dos resíduos têxteis, como: Logística Reversa, proteção ao meio ambiente e Sustentabilidade (MUHAMMAD, 2013).

Segundo dados do SOEX GROUP, maior indústria recicladora de têxteis do mundo, são reutilizados e/ou reciclados na Alemanha, aproximadamente, 2.721,554,422 Kg de têxteis ao ano. Este número corresponde ao material têxtil descartado no país juntamente com os resíduos importados de outros países da União Europeia. Deste modo, afirma-se que o porcentagem de reuso e reciclagem dos têxteis (resíduos industriais e/ou artigos de vestuário descartados pós-consumo) no referido país chega a 98%. Os diversos pontos de coleta de têxteis funcionam 24 horas por dia, 7 dias por semana. São coletados artigos como roupas, sapatos, acessórios, brinquedos, bem como

qualquer outro tipo de resíduo têxtil. Em alguns desses pontos, existem sistemas computadorizados que calculam, instantaneamente, a quantidade de roupas/têxteis doada pelo indivíduo e seu correspondente valor monetário; em seguida, o computador libera um voucher (cupom) com desconto mínimo de 10% sobre a compra de um novo artigo têxtil nas lojas varejistas participantes (MUHAMMAD, 2013).

Existem muitas empresas que trabalham na coleta de resíduos têxteis e também na reciclagem. Além do SOEX GROUP, há muitas pequenas empresas de médio porte que estão ligados a este grupo na Alemanha. Eles não trabalham apenas na Alemanha, mas também em outras partes do mundo, como nos Estados Unidos e Reino Unido, além de outros 9 países. Essas empresas, bem como o SOEX GROUP, realizam uma triagem de todo material recolhido: se o artigo têxtil estiver em bom estado de uso, é encaminhado para países subdesenvolvidos para serem reutilizados como “peças de segunda-mão”, por exemplo. Se o artigo estiver em más condições, mas ainda possuir valor agregado por conta do material, é reciclado; se não tiver nenhuma condição de uso e nem de reciclar, é incinerado. Desta forma, essas empresas da Alemanha estão liderando mundialmente as tecnologias de reuso e reciclagem de têxteis (MUHAMMAD, 2013).

No Reino Unido, observa-se que um conjunto significativo de pesquisas focadas à reutilização e a reciclagem de papel, vidro e plástico (DE COVERLY et al, 2003; JACKSON, 2003; HOLBROOK, 2005), mas a reciclagem de têxteis ainda é pouco estudada (DOMINA; KOCH, 1999; BIRTWISTLE; MOORE, 2006). Em relação aos têxteis, estima-se que mais de 1 milhão de toneladas são jogados fora a cada ano, sendo a maior parte destes provenientes de fontes domésticas. Os têxteis compõem cerca de 3% do peso total do lixo doméstico gerado por uma família anualmente e são denominados de resíduos pós-consumo (WASTE ONLINE, 2014).

Um estudo recente do *Environment Select Committee* ou Comitê Restrito de Meio Ambiente – criado para examinar as despesas, administração e política do Departamento de Meio Ambiente do Reino Unido e seus organismos públicos associados, revelou que a proporção de resíduos têxteis sendo

descartados nos pontos de coleta aumentou de 7% para 30% em relação ao seu peso nos últimos cinco anos (POULTER, 2008; SHIELDS, 2008), destacando o fato de que os consumidores estão descartando maiores volumes de resíduos têxteis do que antes (DEFRA, 2007; WASTE ONLINE, 2014).

Muitos dos artigos têxteis pós-consumo do Reino Unido são atualmente recolhidos por instituições de caridade, como o Exército da Salvação e a *Oxfam* - *Oxford Committee for Famine Relief* ou Comitê de Oxford de Combate à Fome. O doador tem a opção de colocar seus têxteis em bancos de coleta, levá-los às lojas de caridade ou tê-los recolhidos por uma organização. A Recyclatex, um programa gerido pela *Textile Recycling Association* - *TRA* ou Associação de Reciclagem Têxtil do Reino Unido em conjunto com as autarquias locais e instituições de caridade, oferece bancos de coleta de têxteis para uso público. O Exército de Salvação e Oxfam também usam um esquema de banco de coletas em conjunto com outros métodos, como, por exemplo, um serviço de recolhimento de têxteis porta-a-porta. Há cerca de 3 mil bancos de coleta de têxteis, mas que operam apenas com 25% de sua capacidade total. O Exército da Salvação é a maior operadora de bancos de coleta de têxteis no Reino Unido, com mais de 2 mil pontos em todo o país. Em média, cada um desses bancos recolhe cerca de 6 toneladas de têxteis por ano. Combinadas com as coletas porta-a-porta, as operações têxteis do Exército de Salvação recolhem cerca de 17 mil toneladas de roupas por ano (WASTE ONLINE, 2014).

As roupas são doadas a desabrigados, vendidas em lojas de caridade ou vendidas em países em desenvolvimento na África, no subcontinente indiano e em partes da Europa Oriental. Quase 70% dos itens colocados em bancos de coleta são reutilizados, como roupas, e todos os itens não reutilizáveis são vendidos às indústrias especializadas para serem reciclados e utilizados como matérias-primas para panos de limpeza, dentre outros (WASTE ONLINE, 2014).

As roupas descartadas pelas entidades assistenciais são enviadas para na cidade de Huddersfield (Inglaterra), uma entidade sem fins lucrativos com

mais de 35 anos de atuação e focada na gestão de resíduos, como a reciclagem têxtil, onde processa cerca de 100 toneladas de roupas por semana. As roupas descartadas, separadas pela entidade e que não serviram para doação, são vendidas como matéria-prima para a indústria de reciclagem de têxteis (WASTE SAVERS, 2014; WASTE ONLINE, 2014).

Em Portugal, segundo Silva (2009c), após um levantamento de dados publicados pelo Departamento de Agricultura dos EUA – Serviço de Estrangeiros (www.fas.usda.gov), o consumo aproximado de algodão correspondente à safra de 2009/2010 foi de 38.100 toneladas (175 mil fardos). Segundo o Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais de Portugal – PNAPRI, as atividades de abertura, limpeza, cardação e da fiação são responsáveis, respectivamente, por 1%, 9%, 1,5% e 0,3% de resíduos têxteis em relação à matéria-prima processada. As primeiras 3 atividades geram resíduos de fibras têxteis não-processadas, cascas e terra, enquanto que a última gera fibras têxteis processadas. Sendo a soma dessas percentagens, 11,8 % e aplicando ao valor anterior, a produção de resíduos para os anos de 2009/2010 em Portugal foi de aproximadamente de 4.496 ton. Para 2008/09, de acordo com a mesma fonte, a produção de resíduos foi de 4.753 toneladas para um total de 40.280 toneladas (185 mil fardos) de algodão processado, verificando um aumento na produção industrial e, conseqüentemente, nos resíduos gerados. Observa-se que há interesse, em Portugal, em quantificar e gerenciar este material abundante.

Em uma busca em *sites* da internet por empresas que atuam no setor de reuso e reciclagem de artigos têxteis em Portugal, encontrou-se algumas, como: Filtrex & Reciclagem situada em Sacavém; A. F. Sousa & Filhos, situada em Delães; Sasia – Reciclagem de Fibras Têxteis, situada em Ribeirão; CIRT – Comércio e Indústria de Recuperados Têxteis, situada em Mira de Aire. Segundo Portugal Têxtil (2015), a reciclagem de têxteis e vestuário deverá crescer no país por conta da nova legislação da União Europeia que, desde 2009, aponta os têxteis como uma “corrente de resíduos prioritária”, pois essa atividade traz benefícios ambientais e econômicos significativos.

Na Itália, a Câmara de Comércio da cidade de Prato, maior polo industrial têxtil do país, visa estimular a reciclagem de resíduos têxteis através da criação do selo *Cardato Regenerated CO₂ neutral*. Esse selo certificará as empresas em relação à eliminação da Pegada de Carbono dos seus processos de produção e que também utilizarem matérias-primas recicladas. Os critérios obrigatórios para o produto têxtil receber o selo verde é: o mesmo deve ser produzido na cidade de Prato e feito de, pelo menos, 70% de material reciclado. A Câmara de Comércio de Prato se baseia no princípio de que a utilização de materiais recicláveis tem um impacto muito limitado ao meio ambiente porque equilibra as emissões de CO₂ em todas as fases de produção (CAMARA DI COMMERCIO PRATO, 2014).

Já nos Estados Unidos, no estado de *Maryland*, existe uma organização não-governamental sem fins lucrativos, denominado *Council for Textile Recycling (CRT)* ou Conselho para a Reciclagem de Produtos Têxteis, que visa educar o público sobre a importância da reciclagem de têxteis em geral em seu *site*. Com o slogan “Wear. Donate. Recycle” (vestir, doar e reciclar), esse conselho pretende zerar os resíduos têxteis do pós-consumo nos EUA até 2037. Em média, as pessoas descartam, por ano, o equivalente a 70 libras (31,75 quilos) em artigos de vestuário, calçados e têxteis, que saem das suas casas e seguem diretamente para os aterros. Segundo estudos realizados pelo CRT, hoje, os resíduos têxteis ocupam cerca de 5% dos aterros do país. Apenas 15% dos resíduos gerados pela população têm sido reciclados, o que equivale a 3,8 bilhões de quilos reciclados por ano. Os 85% restantes de resíduos têxteis são descartados nos aterros. Isto significa que a maior parte dos 25 bilhões de quilos de roupas, têxteis e calçados que são produzidas anualmente nos Estados Unidos estão contaminando o meio ambiente (ECOFASHION MAG, 2012).

4.12. Segurança química e biológica dos resíduos têxteis

Segundo Broega et al. (2011), os passos da reciclagem têxtil são: desfibragem dos resíduos, lavagem ou limpeza do material e pré-produção de matérias-primas secundárias (aqui entendido como o fardo de desfibrados, que podem seguir diferentes fluxos da cadeia produtiva, como produção de novos fios, utilização dos desfibrados para produção de compósitos, entre outros).

É interessante salientar que, apesar da “lavagem ou limpeza” dos resíduos – entendido como esterilização do material, é uma das etapas da reciclagem têxtil. Esta etapa é necessária para eliminar possíveis agentes biológicos que possa haver nos resíduos têxteis, que são reprocessados, notadamente de têxteis pós-consumo. Um grande volume de resíduos têxteis reciclados no Brasil são oriundos de artigos do vestuário ou de aparas de tecidos produzidos em países asiáticos (TECHNOPAK, 2014). É sabido que países asiáticos como China, Camboja e Paquistão possuem uma “permissividade ambiental” em relação à produção industrial, visando mais o crescimento econômico que a preservação do meio ambiente ou mesmo a produção de têxteis livres de agentes químicos ou até biológicos nocivos à saúde (SOUZA, 2008; FOLADORI, 2008).

Todas as fibras e artigos têxteis passam por diferentes processos de beneficiamento em seu processo de fabricação, podendo deixar diversos resquícios de elementos químicos nocivos nos tecidos. Assim, os indivíduos são muitas vezes expostos a diferentes produtos químicos alergênicos e tóxicos provenientes de têxteis devido ao contato diário com artigos do vestuário. A maior parte dos poluentes químicos em relação aos têxteis são os corantes, que podem conter aminas cancerígenas, metais pesados tóxicos, pentaclorofenol, cloro para branqueamento, biocidas, amaciadores, entre outros (ANSARI; THAKUR, 1999, RYBICKI et al., 2004). Depois de expostos aos males que esses elementos causam diariamente pelo uso dos artigos de vestuário, os indivíduos descartam essas peças indiscriminadamente e elas acabam em aterros sanitários, contaminando também os solos.

Deste modo, deveria se considerar instituir legalmente no Brasil a exigência de esterilização de material têxtil oriundo, principalmente, do pós-consumo, tal como já existente em normas de proteção à saúde europeias e americanas (DE OLIVEIRA, 2012), bem como de controle de quantidades limites de agentes químicos presentes nos têxteis (RYBICKI et al., 2004; HERBOLD, 2013; OEKO-TEX ASSOCIATION, 2015).

4.12.1. Elementos contaminantes em têxteis

Metais pesados podem ser definidos como elementos com número atômicos médio ou alto, como cobre, cádmio, prata, arsênio, cromo e mercúrio, e que são tóxicos já em concentrações relativamente baixas, persistindo no ambiente e podendo se acumular em níveis que interrompem o crescimento das plantas e interferem na vida animal (GRILL; WINNACKER; ZENK, 1985). Para Alloway (1990), a classificação de metais pesados é baseada especificamente na densidade atômica ($> 6 \text{ g/cm}^3$), onde são incluídos alguns elementos essenciais aos seres vivos, tais como cobre, zinco, ferro, entre outros.

Contudo, o termo “elemento-traço” tem sido preferido em diversas publicações que tratam do assunto relacionado aos “metais pesados”, uma vez que nenhum órgão oficial da área química, como a *IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry* (2002), o tenha endossado, tratando o termo “metal pesado” como “muito impreciso” por referir-se tanto ao elemento quanto aos seus compostos, baseando-se na categorização por densidade, que é raramente uma propriedade biologicamente significativa. Também questiona o termo “metal pesado tóxico” ou “metal tóxico” utilizado por Ansari e Thakur (1999) entre outros autores, por considerar o termo também impreciso, uma vez que na toxicologia qualquer elemento administrado em doses altas pode ser tóxico, incluindo o carbono. Além disso, o grau de toxicidade de metais varia grandemente de metal para metal e de organismo para organismo. Contudo, para efeito de simplificação, muitas publicações ainda optam por adotar a denominação “metal pesado” para tratar de elementos como arsênio,

cádmio, cromo, cobre, ferro, mercúrio, níquel, chumbo, zinco, entre outros (EMPRAPA, 2009), embora a IUPAC (2002) recomende a proibição do termo.

No artigo *“Heavy metals”: a meaningless term?*, a IUPAC (2002) se posiciona sobre os vários termos utilizados na literatura, como: metal, metaloide, semi-metal, metal brilhoso, metal pesado, metal essencial, metal benéfico, metal tóxico, metal abundante, metal disponível, metal traço (ou elemento-traço) e micronutriente; para o órgão e outros autores (PIERZYNSKI et al., 1994; SPARKS, 1995; IUPAC, 2002; ESSINGTON, 2004), elemento-traço é definido como metais catiônicos e aniônicos presentes em baixas concentrações (usualmente $< 0,1 \text{ dag/kg}^{-1}$) em alguma fonte específica, como solo, planta, tecidos do corpo humano ou de animais, água subterrâneas etc, embora possam ocorrer em concentrações mais elevadas, no caso do alumínio, ferro e titânio.

Alguns elementos-traço são considerados essenciais do ponto de vista biológico, enquanto outros não o são. Entretanto, mesmo aqueles essenciais podem, sob condições específicas, causar impactos negativos a ecossistemas terrestres e aquáticos, constituindo-se, assim, em contaminantes ou poluentes de solo e água. Para elementos que possuem a característica de causar danos (fator intrínseco que representa o perigo da substância), a redução da exposição é a única maneira efetiva de se diminuir o risco ambiental e à saúde humana (GUILHERME et al, 2005).

No caso dos têxteis, os indivíduos são muitas vezes expostos a diferentes produtos químicos alergênicos e tóxicos provenientes dos artigos devido ao contato diário com os mesmos, como roupa de cama, vestuário e produtos similares. Muitos tecidos contêm produtos químicos que podem representar um perigo real para a saúde dos consumidores. A maior parte dos poluentes químicos em relação aos têxteis são os corantes, que podem conter aminas cancerígenas, metais pesados tóxicos – aqui entendidos como “elementos-traço” (IUPAC, 2002), cloro para branqueamento, biocidas, amaciadores, pentaclorofenol, entre outros (ANSARI; THAKUR, 1999). Para ter uma noção do perigo real destas substâncias, considerando as reavaliações toxicológicas e ecotoxicológicas dos ingredientes ativos do pentaclorofenol e

seus sais, o mesmo foi proibido no Brasil através da Instrução Normativa nº 132 de 10 de Novembro de 2006, do IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. O pentaclorofenol é um composto orgânico aromático tóxico para o ser humano, utilizado como fungicida, inseticida e bactericida (IBAMA, 2014).

Os elementos-traço estão muitas vezes presentes em diferentes processos têxteis (RYBICK et al, 2004). Os reagentes mais comumente utilizados são: complexos metálicos em corantes, beneficiadores de solidez, compostos oxidantes e finalizadores como repelentes de água, retardadores de chama, antifúngicos e agentes de prevenção de odor (BRUSHWOOD; PERKINS, 1994). As concentrações usuais de elementos-traços encontrados nos corantes atualmente são (em µg/g) (**Tabela 13**):

Tabela 13 – Concentrações usuais de elementos-traço encontrados em corantes (em µg/g)

Elemento	Concentrações de elementos metálicos (em µg/g)
Alumínio	1,0 a 1,4
Cádmio	até 1,0
Cromo	3,0-83,0
Cobalto	1,0-3,2
Cobre	33,0-110,0
Chumbo	6,0-52,0
Mercúrio	0,5-1,0
Zinco	3,0-32,0

Fonte: (Adaptado de BARCLAY; BUCKLEY, 2000)

Os materiais têxteis crus, ou seja, aqueles que ainda não passaram por nenhum processo mecânico/químico também podem conter elementos-traço em sua composição. O algodão, o linho e, por vezes, o cânhamo, também podem adsorver quantidades muito grandes de elementos metálicos por meio do ambiente (LINGER et al, 2002; CITTERIO et al, 2003), podendo ser caracterizados como bioabsorventes (ANGELOVA et al, 2004).

Além da determinação do teor de metais de diferentes materiais têxteis ser importante para a segurança e a saúde do consumidor final, também é

válida para a própria indústria. Sabe-se que alguns elementos-traço presentes no algodão podem contribuir para problemas na fabricação de fios, no branqueamento e tingimento, interferindo na qualidade final. Alguns problemas relatados a partir de processos de tingimento relacionados com elementos-traço referem-se ao amarelamento do denim alvejado quando exposto à luz, uma vez que os íons de manganês e de ferro são facilmente oxidados pelo ar (BRUSHWOOD, 2002).

Além desses compostos causarem amarelamento nos tecidos alvejados de algodão, também catalizam reações químicas agindo como mordentes e ligando outros compostos químicos ao algodão, interferindo no tingimento ou na solidez do substrato, por exemplo (RUCKER; FREEMAN; HSU, 1992a). Por esta razão, os têxteis tratados nesses processos devem ser monitorados em relação à presença de diferentes elementos, entre eles: alumínio, cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês e titânio, posto que a presença desses elementos deve ser reduzida substancialmente para a aplicação de diferentes métodos de produção (RUCKER; FREEMAN; HSU, 1992b).

Apesar de haver estudos para o desenvolvimento de corantes menos tóxicos, o uso de corantes à base de cromo, por exemplo, ainda é essencial para o tingimento da cor preta em fibras de lã e poliamida. O corante com mordente à base de cromo “C.I. Mordant Black 11” é um dos mais consumidos mundialmente (ASPLAND, 1993; ZEINER; REZIC; STEFFAN, 2007).

Já os sais de cobre são utilizados para fixar corantes diretos e para melhorar a resistência à luz da poliamida e o antimônio ou estíbio melhora suas propriedades de solidez à lavagem (CLARK, 2001). Os corantes catiônicos contém zinco, assim como concentrações vestigiais de mercúrio, cádmio e arsênico como impurezas. Zircônio, alumínio e outros sais são também utilizados extensivamente em processos de beneficiamento têxtil (JINKINS; LEONAS 1994).

Além do cromo, ocasionalmente elementos como o cobalto, níquel e cobre também são utilizados nos processos para obtenção de uma melhor solidez, especialmente em materiais como o couro, poliamida e lã (HAUSER, 1986).

Segundo o documento *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases* – doravante denominada simplesmente *Toolkit*, elaborado pela *UNEP – United Nations Environment Programme* (2005), o p-cloranil (Tetracloro-p-benzoquinona) é o precursor para a produção de corantes para tecidos de algodão, couro e materiais sintéticos, além de ser usado como fungicida. Dependendo do processo, a produção do p-cloranil pode conter alta concentração de PCDD/PCDF, não havendo registro da produção deste composto no Brasil segundo a Lista de Produtos Químicos Brasileiros da ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química.

Dioxinas e furanos, mais precisamente dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) e policlorodibenzofuranos (PCDF), são dois dos doze Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) abrangidos pela Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes. PCDD/PCDF, juntamente com bifenilos policlorados (PCB) e hexaclorobenzeno (HCB), estão listados no “Anexo C” dos POPs da Convenção de Estocolmo – que é um tratado internacional assinado em 2001 em Estocolmo, na Suécia, e auspiciado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a fim de eliminar globalmente a produção e o uso de algumas das substâncias tóxicas produzidas pelo homem, sendo o Brasil um dos países signatários (UNEP, 2005).

As dioxinas e furanos são acidentalmente gerados como subprodutos não-intencionais em determinados processos industriais envolvendo o cloro ou substâncias e/ou materiais que o contenham, bem como através da combustão, ou ainda gerados de processos naturais, como incêndios florestais, erupções de vulcões e a partir de processos catalisados enzimaticamente (GARABRANT, 2009).

Segundo o inventário de Ano-Base 2008 do Ministério do Meio Ambiente, o Brasil mostrou um potencial de liberação de 2,235 g-TEQ (toxicidade equivalente à 2,3,7,8-TCDD ou 2,3,7,8-Tetraclorodibenzeno-p-diozina) de dioxinas e furanos; deste modo, através da descrição de medidas de Melhores Práticas Ambientais e Melhores Técnicas Disponíveis (BAT/BEP), elaborou-se um Plano de Ação como um componente do Plano de

Implementação Nacional (NIP) da Convenção de Estocolmo do Brasil, denominado “Plano de Ação para Redução Progressiva das Liberações de Poluentes Orgânicos Persistentes de Formação Não-Intencional, Provenientes de Fontes Antropogênicas” (ASSUNÇÃO, 2014).

Segundo o referente Plano de Ação, relacionado ao Projeto "Desenvolvimento de um Plano Nacional de Implementação no Brasil como um primeira etapa da implementação da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)" – Projeto NIP, a maior parte das emissões de PCDD/PCDF foram liberadas no ar, com 42,3% do total em 2008. Em seguida está a liberação destas substâncias nos resíduos, com 24,4%, e em terceiro lugar a liberação no produto, com 18,7%. Estas três categorias respondem por 95,4% do total liberado (ASSUNÇÃO, 2014).

A maior participação por categoria de fontes é da Categoria 2 – Metais ferrosos e não-ferrosos, com 38,2%, seguida pela Categoria 3 – Queima a céu aberto, com 22,8% e em terceiro lugar a Categoria 7 – Produtos químicos e bens de consumo, com 17,5%. A Região Sudeste se mostrou como a de maior liberação com 58,8%, seguida da Região Sul com 12,4%. A menor participação coube à Região Norte com 8,4%. O Estado de São Paulo é a Unidade da Federação com maior participação, atingindo 28,9% do total de emissões, vindo a seguir o Estado de Minas Gerais, com 12,9%. O Estado do Rio de Janeiro contribui com 10,1%. Esses três estados juntos são responsáveis por 51,9% das liberações (ASSUNÇÃO, 2014).

Ainda segundo o referido Plano de Ação, a liberação das substâncias em produtos tem a indústria do couro como a maior contribuinte (60,6%), seguida da compostagem (12,7%), da indústria têxtil (12,4%) e da produção de celulose e papel (8,8%) (ASSUNÇÃO, 2014) (**Tabela 14**).

Tabela 14 – Liberação absoluta e participação relativa (%) das fontes na emissão de PCDF/PCDF no produto, em 2008

<i>Ranking</i>	Fonte	g TEQ/ano*	%
1	Indústria do couro	253,5	60,6
2	Compostagem	53,1	12,7
3	Indústria têxtil	52,1	12,4
4	Produção de celulose e papel	36,9	8,8
5	Indústria química	13,9	3,3
6	Produção de Tijolos	8,9	2,1
7	Processamento de Óleo de Xisto	0,2	0
	Total	418,6	100

*TEQ: toxicidade equivalente à 2,3,7,8-TCDD ou 2,3,7,8-Tetraclorodibenzo-p-dioxina

Fonte: (Adaptado de ASSUNÇÃO, 2014)

Deste modo, a indústria têxtil é considerada potencial fonte de PCDD/PCDF pelas seguintes razões (UNEP, 2005):

- i) Contaminação da matéria prima, como por exemplo o algodão, pelo uso de pesticidas e também pelo tratamento com pentaclorofenol;
- ii) Uso de corantes feitos à base de cloranil;
- iii) Uso de produtos químicos clorados contaminados com PCDD/PCDF em processos de beneficiamento e o uso de processos de lavagem alcalina.

Contudo, não há nenhum indicador simples para identificar fibras ou têxteis contaminados com dioxinas e/ou furanos. Várias análises confirmaram que não existe correlação entre as concentrações de pentaclorofenol e PCDD/PCDF em têxteis, embora os padrões de dioxinas, por exemplo, possuem fortes indícios do pentaclorofenol como fonte. Estes resultados fazem sentido, pois – como o pentaclorofenol é solúvel em água, ele será removido no processo de beneficiamento e nos processos finais de lavagem dos artigos, enquanto os PCDD/PCDF ficam adsorvidos às fibras que passarão pelos

processos industriais. Para produtos de couro, na maioria dos casos, houve uma correlação qualitativa entre pentaclorofenol e PCDD/PCDF. Assim, a capacitação nacional deve ser construída/reforçada para monitorar possíveis fontes de PCDD/PCDF da indústria têxtil e de couro, incluindo os produtos importados (UNEP; STOCKHOLM CONVENTION, 2012), sendo a recomendação do “Anexo C” dos POPs da Convenção de Estocolmo a contínua “minimização e, sempre que possível, posterior eliminação” destes poluentes (UNEP, 2005). Espera-se também substituir o cromo pelo ferro, um elemento menos tóxico nos corantes utilizados nos tecidos de lã e de poliamida (REIFE; FREEMAN, 2000).

Neste sentido, a fim de preservar o meio ambiente e a saúde humana, bem como estimular uma produção industrial livre de produtos tóxicos, entre eles os elementos-traço, surgiram diversos rótulos ambientais relacionados ao setor têxtil e do vestuário, impondo limites máximos de determinadas substâncias nos produtos ou mesmo proibições de outras, através de critérios de avaliação em análises laboratoriais. Um dos mais conhecidos é o selo internacional OEKO-TEX®, introduzido no mercado em 1990 pela OEKO-TEX® *Association*, situada em Zurique na Suíça, para matérias-primas, produtos intermediários e finais do setor têxtil em todas as fases de processamento. Antes deste selo verde, não havia nenhum outro rótulo de produto confiável para os consumidores em relação à qualidade ecológica de têxteis, nem normas de segurança uniformes para os fabricantes da indústria têxtil e do vestuário (SARACOGLU et al, 2003; OEKO-TEX ASSOCIATION, 2014).

Na **Tabela 15** são expressos os limites para elementos-traço em têxteis sugerido por diferentes padrões ecológicos (ČUNKO, 1996; ZEINER; REZIC; STEFFAN, 2007), além do próprio OEKO-TEX®:

Tabela 15 – Limites para elementos-traço em têxteis sugerido por diferentes padrões ecológicos

Elementos-traço (p/mg ⁻¹)	OEKO- TEX	EPG*	Eco-tex	TOX PROOF	M.S.T**
Antimônio	-	-	-	0,2	-
Arsênio	0,2-1	0,01	0,01	0,2	-
Cádmio	0,1	0,005	0,005	0,1	-
Cromo III	1,0 – 2,0	0,1	0,1	1,0	0,5
Cromo IV	0,0	-	0,0	0,0	0,1
Cobalto	1,0-4,0	0,2	0,2	1,0	-
Cobre	25-50	3,0	3,0	20,0	0,5
Chumbo	0,2-1,0	0,04	0,04	0,8	-
Mercúrio	0,02	0,001	0,001	0,02	-
Níquel	1,0-4,0	0,2	0,2	1,0	0,5
Zinco	-	5,0	3,0	20,0	2,0

*EPG: *The European Product Guarantee*

**M.S.T.: *Markenzeichen Schadstoffgeprüfter Textilien*

Fonte: (Adaptado de ČUNKO, 1996; ZEINER; REZIC; STEFFAN, 2007)

A lista de critérios para estas rotulagens abrange ensaios a substâncias legalmente proibidas e regulamentadas, substâncias químicas com efeitos nocivos para a saúde e outros parâmetros essenciais em termos de prevenção para a saúde humana. No caso do selo OEKO-TEX®, os ensaios são realizados exclusivamente por institutos de investigação têxtil e de ensaio autorizados – de países como Alemanha, Japão e Áustria, independentes e com competência profissional comprovada. A base fundamental é o sistema modular OEKO-TEX®: as certificações são possíveis em todas as fases da cadeia têxtil (OEKO-TEX ASSOCIATION, 2014).

Como exemplo da utilização da rotulagem ambiental, há o caso da Vicunha Têxtil S.A., que conseguiu em 2004 o selo OEKO-TEX®. Apenas outras 13 empresas brasileiras possuem o selo, pouco conhecido por aqui, mas valorizado pelo mercado europeu (NEULS, 2012).

Assim, devido à ampla utilização de diversas substâncias nos processos de beneficiamento têxtil, outros elementos nocivos à saúde humana e

ambiental podem estar presentes nas fibras e, por consequência, estarão presentes em águas residuais de tingimento e nos resíduos industriais na forma de íons livres ou elementos-traço, dioxinas e/ou furanos (REIFE; FREEMAN, 2000).

Além disso, depois de terem contato com a pele dos indivíduos, os descartes contaminados de peças de vestuário serão dispostos em aterros sanitários, se mínima e corretamente gerenciados. Os solos possuem características únicas, quando comparado aos outros componentes da biosfera (ar, água e biota), pois se apresentam não apenas como um dreno para contaminantes, mas também como um tampão natural que controla o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, a hidrosfera e a biota (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

O conteúdo total dos elementos-traço em solos tem refletido a extensão da contaminação de atividades humanas e processos naturais de intemperismos em solos, mas o comportamento dos elementos-traço depende de sua forma química ou iônica. Essa forma é, certamente, muito influenciada pelo pH, quantidade presente, solubilidade, origem – se pedogênica ou antropogênica – e sua interação com os colóides do solo. Adicionalmente, a disponibilidade desses elementos-traço pode afetar pelas reações, mediadas biologicamente, e de redução/oxidação sequenciais que ocorrem, e pela riqueza do meio em radicais orgânicos, os quais, dependendo da massa molar e da estabilidade do complexo organo-metálico formado, podem facilitar o transporte de elementos-traço, aumentar a solubilidade e evitar, em alguns casos, a sua precipitação (EMPRA, 2009).

Logo, mesmo que reciclados os descartes têxteis, prosseguiria a problemática da presença dessas substâncias nocivas, como os elementos-traço, nos eventuais produtos advindos desses processos de reciclagem.

5. METODOLOGIA

As metodologias de pesquisa não convencionais ou alternativas tem como objetivo buscar novos caminhos para realidades cada vez mais complexas e dinâmicas e são tidas como pesquisas distintas das convencionais. Essas abordagens utilizam-se, com maior frequência, de análises qualitativas, tendo as descrições como uma significativa contribuição para a pesquisa (MARTINS, 1994).

A finalidade do presente trabalho tem um caráter de pesquisa aplicada, pois ela é “fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos ou não” (VERGARA, 2000).

Já o objetivo do trabalho é de pesquisa exploratória, uma vez que proporciona ao pesquisador maior familiaridade com o problema, tendo como principal objetivo o aperfeiçoamento de conceitos ou revelar novas concepções sobre eles (GIL, 2008). Por sua vez, Vergara (2000) destaca que essa modalidade de pesquisa não admite hipóteses por sua natureza de exploração, porém não elimina o seu aparecimento, podendo surgir durante ou no fim da pesquisa.

Além disso, a presente tese possui uma pesquisa descritiva, apresentando características de determinado fenômeno, firmando correlações entre variáveis e definindo sua natureza (VERGARA, 2000). Gil (2008) afirma que algumas pesquisas descritivas vão além da simples identificação da existência de relações entre variáveis, pretendendo determinar a natureza dessa relação.

Deste modo, para o desenvolvimento deste trabalho, optou-se por uma abordagem mais qualitativa – entrevistas e visitas técnicas em empresas e indústrias, de natureza exploratório-descritiva. Contudo, houve também abordagem quantitativa com a utilização de um programa de modelagem computacional e do MEV como forma de cruzar diferentes métodos para uma análise e debate mais aprofundado e criterioso dos dados/informações, visando abranger ao máximo as especificidades do escopo delimitado pela presente pesquisa. Na presente tese, foram realizadas:

5.1. Visitas técnicas e entrevistas

Para entender o cenário de reciclagem têxtil no Brasil, foram realizadas pesquisas de campo, através de visitas técnicas e entrevistas com representantes de empresas recicladoras e fabricante de maquinários de reciclagem. A escolha das empresas se deu pelo fato de que cada uma representa um tipo de atividade de reuso e reciclagem (mecânica e por fusão térmica do polímero) já abordada na revisão bibliográfica. Observa-se que não foi objetivo do presente estudo a determinação do universo (população) das empresas ligadas ao reuso e reciclagem têxtil no Brasil.

Assim, na presente tese, foi relevante elencar informações e dados sobre a área de reuso e reciclagem têxtil no Brasil – corriqueiramente dispersas e de difícil acesso, posto que não foram encontrados em literatura científica dados sobre o referido tema.

Como melhor detalhado abaixo, foram realizadas visitas técnicas à:

- i) Retalhar: *Startup* ligada à atividade de gerenciamento, reuso e reciclagem de resíduos têxteis situada à capital paulistana;
- ii) “Empresa X”: empresa de reciclagem têxtil de pequeno porte situada numa cidade próxima à capital paulistana, a qual forneceu 40 kg de retalhos e resíduos têxteis para análise;
- iii) Grupo Wolf: empresa de reciclagem têxtil de médio porte situada em Araraquara/SP e voltada especificamente na recuperação da poliamida 6 e 6.6, além de atuar também na Logística Reversa de outros resíduos oriundos dos processos industriais e confeccionistas.

Também foi realizada na sede da ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção uma entrevista, em 11 de Agosto de 2014, com o Sr. Cardoso, representante da Laroche, empresa francesa fornecedora de maquinários de reciclagem têxtil ao mercado brasileiro. Foram discutidos temas referentes aos maquinários e processos, viabilidade técnica, custos, entre outros (**APÊNDICE 1**).

5.1.1. Visita técnica à Startup Retalhar

A *Startup Retalhar* é uma empresa que surgiu como um negócio social e está situada na capital paulista. Neste contexto, ela gera um impacto socioambiental positivo promovendo a reutilização e reciclagem de uniformes profissionais em fase de descarte. Atua por meio da articulação entre grandes empresas geradoras deste tipo de resíduo e pequenos grupos de costura estruturados nos moldes da economia solidária. A fim de obter informações sobre o gerenciamento dos resíduos têxteis, foi realizada uma visita técnica à empresa no dia 04 de Agosto de 2015.

5.1.2. Visita técnica à indústria de reciclagem têxtil de pequeno porte situada no Estado de São Paulo

A fim de observar *in loco* uma planta de reciclagem mecânica têxtil – disposição/organização dos maquinários na linha de produção e sua capacidade de alimentação, bem como obter amostras de resíduos processados e informações específicas sobre os processos fabris – muitas vezes não encontradas na literatura, foi realizada uma visita técnica à “Empresa X”, localizada numa cidade próxima à capital paulistana e ao ABC, no dia 26 de agosto de 2014 (**APÊNDICE 2**). O nome e a localização da empresa não são divulgados por solicitação de seus proprietários.

5.1.2.1. Análise dos resíduos têxteis obtidos na “Empresa X”

A “Empresa X” forneceu 40 kg de amostras de resíduos têxteis que seriam processados em sua linha de produção, bem como forneceu amostras que já passaram pelos processos de reciclagem (desfibragem). Deste modo, através destes resíduos analisados manualmente neste estudo, foi possível constatar algumas problemáticas referentes ao processamento deste material, como: diversas composições de matéria-prima misturadas, sujidades variadas

também misturadas ao material, elementos metálicos como partes de zíperes ou botões, entre outros.

5.1.3. Visita técnica à indústria de reciclagem têxtil de médio porte Grupo Wolf

A fim de observar *in loco* uma planta de reciclagem térmica têxtil voltada para a recuperação de fibras sintéticas, como a poliamida 6 e 6.6, e observar a disposição/organização dos maquinários específicos desta linha de produção e sua capacidade de alimentação, bem como obter amostras de resíduos processados e informações específicas sobre os processos fabris – muitas vezes não encontradas na literatura, foi realizada uma visita técnica ao Grupo Wolf, localizado em Araraquara/SP, no dia 30 de julho de 2015

5.2. Análise de contaminantes presentes em amostras de resíduos têxteis: MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura com EDS acoplado

Visando detectar possíveis elementos contaminantes em amostras têxteis, foram utilizadas quatro amostras de tecidos, a saber (**APÊNDICE 3**):

- i) Denim índigo usado (100% algodão, armação sarja 3x1, gramatura de 268,0 g/m²) de uma calça jeans já usada e lavada algumas vezes (período de uso de, aproximadamente, 1 ano) da marca M. Officer e produzido pela *Tavex Corporation* (Brasil);
- ii) Denim índigo novo (modelo *Cedroflat Vermont*) (100% algodão, armação sarja 3x1, gramatura de 340,2 g/m²) da Cedro Têxtil (Brasil);
- iii) Tafetá novo de cor azul (100% poliéster, armação tafetá 1x1, gramatura de 115 g/m²) importado da Ásia e proveniente de uma confecção do bairro do Bom Retiro-SP;

- iv) Tafetá novo de cor bordô (100% poliéster, armação tafetá 1x1, gramatura de 115 g/m²) importado da Ásia e proveniente de uma confecção do bairro do Bom Retiro-SP.

Para a análise das amostras de tecidos e detecção de possíveis elementos contaminantes – em especial os elementos-traço, foi utilizado o MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura (*SEM – Scanning Electron Microscopy*) da marca LEO *Electron Microscopy/Oxford* (Modelo: Leo 440i, Cambridge/Inglaterra). Esse microscópio possui coleta de imagem digital, possibilita ampliações de até 7.500 vezes e também possui detectores SE (elétrons secundários) e BSE (retro-espalhamento de elétrons).

Também foi utilizado o EDS (*Energy Dispersive x-ray Detector*) acoplado ao MEV, sendo um acessório essencial no estudo de caracterização microscópica de materiais. Quando o feixe de elétrons incide sobre um mineral, os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes são excitados, mudando de níveis energéticos. Ao retornarem para sua posição inicial, liberam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-x.

Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esse elétron. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais os elementos químicos estão presentes naquele local e assim identificar em instantes que mineral está sendo observado. O diâmetro reduzido do feixe permite a determinação da composição mineral em amostras de tamanhos muito reduzidos (<5 µm), permitindo uma análise quase que pontual. Essas análises foram feitas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).

5.2.1. Metodologia para análise de têxteis no MEV

Primeiramente, as quatro amostras de tecidos (denim índigo, denim virgem, tafetá bordô e tafetá azul, ambos também virgens) foram cortadas no tamanho de 1 cm² gerando, no total, 8 “mini-amostras” (**Figura 21 – a**); metade delas foi recoberta com ouro e a outra metade com carbono, elementos essenciais para a análise no MEV.

Optou-se por utilizar uma cobertura ultrafina destes metais para uma análise mais precisa, uma vez que são materiais eletricamente condutivos; mesmo quando a amostra possui boa condutibilidade elétrica – o que não é o caso dos têxteis, opta-se pela cobertura das amostras com estes metais para melhorar o contraste das imagens enviadas para o computador.

Depois, essas 8 “mini-amostras” foram fixadas nos *stubs*, que são dispositivos metálicos circulares, e os *stubs* fixados no *holder*, que é o dispositivo metálico circular de maior tamanho capaz de comportar todas as 8 “mini-amostras” (**Figura 21 – b**). O próximo passo foi inserir o *holder* com as 8 “mini-amostras” no MEV (**Figura 21 – c e d**), que é interligado a um computador para a geração visual dos resultados (**Figura 21 – e**).

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Figura 21 – Metodologia para análise das amostras têxteis no MEV: **(a)** 8 “mini-amostras” de tecido recobertas com ouro e com carbono, fixadas em *stubs*; **(b)** amostras de tecido em *stubs* fixados no *holder*; **(c)** *holder* inserido no MEV; **(d)** detalhe do MEV antes de iniciar as análises; **(e)** MEV conectado a um computador para realização das análises

Fonte: (Fotos do autor)

5.3. Utilização do **SolidWorks® Sustainability** para análise de impacto ambiental das matérias-primas das fibras de poliamida 6 e de poliéster (PET)

O **SolidWorks® Sustainability** (*Dassault Systèmes SolidWorks Corp.*, Estados Unidos, 2011) fornece uma ferramenta prática para implementar estratégias de sustentabilidade corporativa ainda na fase de projeto do produto. O software leva em consideração os quatro principais indicadores ambientais: pegada de carbono, energia total consumida, impactos ao ar e impactos à

água. O designer pode avaliar esses indicadores por todo o ciclo de vida projetado de seu projeto, desde a matéria-prima e produção, até a utilização e o fim da vida útil (SILVA, 2012).

O *SolidWorks® Sustainability* inclui o pacote de soluções de desenvolvimento de produtos, entre os quais: projeto, simulação, sustentabilidade, comunicação técnica e gerenciamento de dados. Deste modo, permite que seja monitorada a sustentabilidade do produto durante todo o processo de seu desenvolvimento, de forma a estimular decisões mais bem informadas (SILVA, 2012).

O *SolidWorks® Sustainability* foi desenvolvido pela *DS SolidWorks* em conjunto com a *PE International*, que são especialistas em Avaliação do Ciclo de Vida, cujo programa pioneiro *GaBi* é o líder mundial. O *SolidWorks® Sustainability* integra os modelos de processo ACV do *GaBi* e bancos de dados para empregar dados científicos na avaliação de impactos ambientais (PROFISSIONAIS TI, 2016).

Por sua vez, o programa *GaBi 4 Software System and Databases* (www.gabi-software.com) foi desenvolvido pela *PE Europe GmbH* e *IKP University of Stuttgart* e é uma ferramenta computacional que apresenta versões para diferentes usos na avaliação dos aspectos ambientais, sociais e econômicos associados ao Ciclo de Vida de um produto ou serviço. Contém abrangente banco de dados com cobertura mundial, bem como dados do *Ecoinvent* (www.ecoinvent.org). Oferece auxílio para administrar grande quantidade de dados e modelar ciclo de vida de produtos. Uma versão demo está disponível para acesso público (RIBEIRO, 2009).

Para o presente trabalho, foi analisado, através do referido programa, os impactos ambientais das fibras sintéticas poliamida 6 e poliéster (PET). No programa computacional, foi modelado um cubo com massa de 1 kg com as matérias-primas sintéticas (**APÊNDICE 4**). Os resultados obtidos foram comparados entre si e com dados referentes à fibra de algodão obtidos na literatura.

Não foi objetivo deste estudo avaliar os impactos ambientais causados durante o ciclo de uso de artigos confeccionados com essas matérias-primas sintéticas, por exemplo, bem como não visou avaliar os métodos de produção dos polímeros, tendo como fronteira do sistema apenas a fase de obtenção das referidas matérias-primas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Produção industrial, geração de resíduos e a reciclagem têxtil

Desde o advento da I Revolução Industrial – onde a indústria têxtil teve papel de grande relevância na Inglaterra em meados do séc. XVIII, juntamente com o desenvolvimento econômico dos países, agravaram-se também os problemas ambientais, com a poluição do ar, da água e do solo. Desde então, passou-se a estudar a correlação entre o desenvolvimento econômico e a degradação ambiental. Nesta época também surgiu o termo Desenvolvimento Sustentável que, em 2007, seria estabelecido pela *National Academy of Sciences (NAS)* como área autônoma de conhecimento e pesquisa com a denominação mais ampla de Sustentabilidade (PNAS, 2007).

No Brasil, a indústria têxtil relevante no que diz respeito à geração de riqueza e de empregos. Esta atividade fabril se consolidou fortemente, tornando o país um importante produtor mundial de artigos têxteis – o 5º maior produtor mundial, com uma produção aproximada de 1,8 milhões de toneladas de artigos confeccionados (IEMI, 2014) e também o 5º maior produtor mundial de algodão (ABIT, 2011), uma das fibras naturais mais consumidas no mundo (BASRA; MALIK, 1989), com a qual é feita 60% das peças de vestuário confeccionadas no país (ABIT, 2011; MELLO et al, 2007). O país ainda ocupa a 7ª posição na produção de fios e tecidos planos e a 3ª na produção de tecidos de malha (FINKLER et al., 2005), além de gerar 8 milhões de empregos diretos e indiretos (NEULS, 2012).

O Sudeste é a principal região produtora têxtil, pois concentra os maiores mercados consumidores e sedia os principais centros de distribuição de atacado e varejo do Brasil (IEMI, 2014; SINDIFIATEC, 2013). Porém, entre 2009 e 2013, o Sudeste perdeu parcelas importantes de suas participações para as regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país (IEMI, 2014). Já a região Metropolitana de São Paulo – composta por 38 municípios que circundam a capital, é o maior polo de riqueza nacional. Seu Produto Interno Bruto – PIB atingiu, em 2008,

aproximadamente R\$ 572 bilhões, o que corresponde a cerca de 18,9% do total brasileiro (EMPLASA, 2014). A metrópole, com aproximadamente 11 milhões de habitantes (CIDADE DE SÃO PAULO, 2015), detém a centralização do comando do grande capital privado: em São Paulo estão as sedes brasileiras dos mais importantes complexos industriais, comerciais e principalmente financeiros, que controlam as atividades econômicas no país (EMPLASA, 2014).

Especificamente, o bairro do Bom Retiro, situado na região central da cidade de São Paulo, tornou-se um dos maiores polos comerciais de vestuário da cidade e o maior da América Latina, onde se concentra grande quantidade de confecções, aproximadamente 1.200 oficialmente constituídas (CNI e ABIT, 2012); em 2000, o distrito do Bom Retiro contribuía com 3,64% dos empregos industriais da cidade, estando em 5º lugar nessa atividade (EMPLASA, 2012), contabilizando, aproximadamente, 50 mil postos de trabalho e correspondendo a 25% da produção de vestuário do país (YÁZIGI, 2006).

Com uma atividade confeccionista tão grande, a geração de resíduos é inevitável: aproximadamente 16 toneladas diárias segundo LOGA (2011) apenas neste distrito, sendo a maioria deste material disposta em aterros. Há ainda parte dos resíduos que ficam espalhados pelas vias do bairro, uma vez que os catadores de materiais recicláveis e/ou outros indivíduos que atuam na região abrem os sacos de lixo depositados pelos confeccionistas nas ruas, selecionam os resíduos têxteis que possuem maior valor no mercado (conforme matéria-prima e tamanho) e espalham o restante do lixo/resíduos nas vias públicas, gerando poluição, entupimento de galerias, enchentes e outros impactos ambientais e sociais (SINDITÊXTIL-SP, 2013; LOGA, 2011).

Assim, com o surgimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída em 2010 – a qual prevê como objetivo principal a não-geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2014), o SINDITÊXTIL-SP – Sindicato das Indústrias de Fiação e Tecelagem do Estado de São Paulo, juntamente com outras instituições e órgãos, criou o Projeto Retalho Fashion como um plano de gerenciamento dos resíduos têxteis advindos das confecções do Bom Retiro, baseando-se no conceito de Logística Reversa como um dos

instrumentos no que cerne a melhor destinação desses. Deste modo, o Projeto Retalho Fashion foi dividido em 3 etapas: (SINDITÊXTIL, 2013).

1ª Etapa: Diagnóstico da região; Mobilização das empresas; Planejamento da execução do projeto;

2ª Etapa: Levantamento da infraestrutura necessária para implantação do projeto e da demanda por resíduos têxteis;

3ª Etapa: Implantação do Projeto.

Atualmente, o projeto encontra-se na 2ª Etapa, na qual é previsto o levantamento da infraestrutura mínima necessária para sua consolidação, como a cotação e aluguel de espaço físico, cotação e compra de máquinas como empilhadeiras, prensas e balança industrial, entre outros. Nesta etapa, o projeto está, primordialmente, focado na separação manual (por cor, tamanho, composição, por exemplo) dos resíduos têxteis gerados no Bairro do Bom Retiro. Deste modo, pretende-se capacitar os catadores de material reciclável que já atuam na região, melhorando o processo e, concomitantemente, destinar de um modo mais sustentável os resíduos têxteis às empresas recicladoras privadas, visando à preservação das condições de limpeza e das condições socioambientais na área envolvida.

Em um estudo realizado pela Estre Ambiental Ltda. – empresa coletora de resíduos sólidos em parte da cidade de São Paulo, a pedido do SINDITÊXTIL-SP, obteve-se dados sobre a geração dos resíduos sólidos produzidos no Bom Retiro e o valor correspondente aos resíduos têxteis. O montante de resíduos sólidos, de aproximadamente 3 toneladas, foi separado manualmente por catadores de material reciclável previamente capacitados para realizar esta tarefa. Os resultados foram os seguintes (SINDITÊXTIL-SP, 2013) (**Tabela 16**):

Tabela 16 – Tipos de resíduos sólidos recolhidos no bairro do Bom Retiro (Kg)

Tipo de Material	Kg
Papel/ Papelão	256,3
Tetra Pack	10,7
Plásticos	362,8
Isopor e Espumas	8,6
Borracha	7,0
Trapo	398,2
Madeira	4,0
Orgânicos	441,6
Outros	155,7
Tecidos	1652,9
TOTAL	3297,9

Fonte: (Adaptado de SINDITÊXTIL-SP, 2013)

Do total, 50% são retalhos (**Tabelas 17 e 18**), e deste total, cerca de 10% são tecidos não-sintéticos e 90% de tecidos sintéticos como poliéster e poliamida (**Tabela 17**) (SINDITÊXTIL-SP, 2013):

Tabela 17 – Tipos de resíduos sólidos recolhidos no bairro do Bom Retiro (%)

Tipo de Material	%
Tecidos	50
Trapos	12
Orgânicos	13
Papel/Papelão	7,7
Plástico	11
Outros	6,3
Total	100

Fonte: (Adaptado de SINDITÊXTIL-SP, 2013)

Tabela 18 – Composição dos resíduos têxteis da amostragem recolhida no bairro do Bom Retiro (%)

Total de tecidos	1662,01 Kg
Total de tecidos sintéticos	90%
Total de tecidos não sintéticos	10%
Fonte: (Adaptado de SINDITÊXTIL-SP, 2013)	

É importante frisar que não foram encontrados na literatura dados sobre o descarte de aparas têxteis e/ou artigos já confeccionados em nível nacional, nem mesmo no Estado de São Paulo, apenas de algumas localidades específicas, como é o caso do Bom Retiro, através de dados relacionados ao Projeto Retalho Fashion. Cumpre notar que a edição de 2011 do “Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil”, editado pela ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2012), do mesmo modo que a edição referente ao ano de 2010 (ABRELPE, 2011), são focados em outros diferentes resíduos sólidos urbanos, resíduos de serviço de saúde e na reciclagem de materiais como o alumínio, papel, plástico e vidro, porém não fornece dados específicos sobre têxteis. Há de se notar também que, corriqueiramente, nas pesquisas acadêmicas e nos relatórios sobre lixo urbano desenvolvidos por órgãos públicos ou privados, os têxteis são classificados como “outros” na categoria resíduos sólidos urbanos ou sequer chegam a ser citados, dificultando assim sua quantificação e estudos posteriores acerca dos impactos que tal material causa às pessoas e ao meio ambiente.

Por outro lado, em 2012 no Brasil, 9.829.928 Kg Liq de retalhos e trapos têxteis compostos de seda, lã, algodão, fibras artificiais e sintéticas foram importados, o que equivale a US\$ 11.421.644 (*FOB – Free on Board*). Este fato demonstra a existência de uma grande demanda por retalhos têxteis para reciclagem e para diversos fins, como: produção de mantas (tecidos constituídos pelo emaranhado irregular das fibras) e de revestimentos, enchimentos para artigos de pelúcia, produção de fios e barbantes, entre outros (SINDITÊXTIL-SP, 2013).

Observa-se que o mercado brasileiro envolvido com o reuso e reciclagem têxtil prefere importar a utilizar os resíduos têxteis nacionais, em abundância, por conta de uma série de problemas relacionados ao mau gerenciamento deste material, como: diversos tipos de sujidades misturados aos resíduos, mistura de diferentes matérias-primas e sua difícil separação, falta de estímulos fiscais e tributários relacionados à reciclagem têxtil, pouca mão-de-obra qualificada e especializada nesse segmento, poucas referências bibliográficas e pesquisas que propaguem os conhecimentos dessa área, entre outros. Enfatiza-se, ainda, que além de desconsiderar os resíduos têxteis nacionais oriundos das industriais e das confecções, o mercado brasileiro de reuso e de reciclagem têxtil também desconsidera o potencial de inserção dos artigos de vestuário descartados pelos indivíduos após o consumo, seja pela falta de estudos e dados referentes ao volume destes dispostos em aterros, por exemplo, seja pela inexistência de uma Logística Reversa fortemente estabelecida para esse caso específico.

Wang (2006) aponta que as fibras recicladas são produzidas num ciclo secundário de processamento. Para obtê-las, ocorrem os processos mecânicos de desfibragem dos resíduos. Convencionalmente, os resíduos são pré-tratados por meio de corte ou de separação e, em seguida, transportados para sofrerem a reciclagem propriamente, transformando o material consolidado em fibras individuais.

Tomando como exemplo a reciclagem mecânica, as matérias-primas disponíveis a partir de fibras recicladas tem comprimentos menores, mas é difícil definir claramente as suas outras características em comparação com materiais produzidos a partir de fibras primárias. Segundo Gulich (2006b), os processos e equipamentos utilizados convencionalmente para aferir as características dos materiais têxteis não são muito úteis quando se trata das fibras recicladas. Isto é devido às misturas de fibras recicladas, que são não homogêneas, ou seja, podendo haver resíduos têxteis de mesma composição (por exemplo, resíduos 100% algodão) com procedências diferentes e de qualidades também distintas.

Contudo, os estudos de Halimi et al (2008) mostram dados comparativos entre o fio de algodão reciclado e o virgem. Em relação às características do fio, o alongamento, a tenacidade e a irregularidade são os mais importantes parâmetros que indicam a qualidade do mesmo (ARAÚJO; MELO E CASTRO,

1986). Esse estudo demonstrou que a tenacidade do fio reciclado diminuiu 26,3% quando foi utilizado 100% de resíduos como matéria-prima. A tenacidade diminuiu apenas 11,6% quando utilizado 25% de resíduos misturados a 75% de fibras virgens. Já a regularidade do fio não foi afetada pela utilização de resíduos como matéria-prima no percentual de até 25%. No entanto, quando o teor de resíduos de algodão foi acima de 25%, o efeito sobre a irregularidade do fio era considerável. De acordo com a literatura (JACKOWISKI et al., 2002; KLEIN, 1993), o alongamento do fio está principalmente relacionado com as propriedades da matéria-prima. De acordo com Halimi et al (2008), quando aumentado em 25% o teor de resíduos no fio houve uma redução de 1,6% no alongamento do mesmo. Pode-se concluir que a introdução entre 15 a 25% de resíduos no fio de algodão não afetará a tenacidade, a regularidade e o alongamento, propriedades fundamentais no que tange qualidade, fiabilidade, conforto, tingimento, entre outros (HALIMI et al, 2008; ARAÚJO; MELO E CASTRO, 1986).

Como o comprimento das fibras é uma das características físicas mais importantes do material têxtil reciclável a ser processado, deve-se procurar preservar ao máximo o comprimento das fibras tanto quanto possível para a maioria das aplicações finais e também utiliza-las misturadas às fibras virgens numa proporção exata, visando produzir um novo item, como por exemplo um fio, com características e qualidade conforme o esperado. Com exceção da problemática correspondente ao comprimento, a utilização de fibras recicladas é interessante sob alguns outros pontos, como (WANG, 2006):

- i) No processo de reciclagem, outras características dos materiais têxteis obtidos pelo beneficiamento são mantidas, podendo as fibras ser processadas algumas vezes;
- ii) Os produtores utilizam fibras recicladas por vários motivos. Um deles é o baixo custo delas, bem como quando há a indisponibilidade de encontrar matéria-prima virgem no mercado dependendo de algumas circunstâncias (intempéries climáticas inesperadas e quebra de safra, escassez do material por conta de uma grande demanda, entre outras);

- iii) Matérias-primas e a eliminação de resíduos estão se tornando mais caros e, assim, os aspectos ambientais, passam a desempenhar um papel cada vez mais importante dentro da indústria.

Levando em conta estas considerações, as indústrias devem começar a estimular a reciclagem têxtil, primeiramente dentro de seu próprio processo produtivo e, caso haja a impossibilidade, outras medidas devem ser estimuladas. Leis e projetos públicos e/ou privados devem ser considerados, a exemplo da Política Nacional de Resíduos Sólidos (e de outros Projetos de Lei, ainda em tramitação, apresentados na **Tabela 11**) e do Projeto Retalho Fashion, visando o gerenciamento dos resíduos têxteis. As indústrias produtoras de matérias-primas devem atentar para a fabricação de materiais que permitam uma reciclagem mais fácil, bem como as empresas devem considerar o uso de uma linha de reciclagem para materiais que possuam um alto índice de recuperação pós-reciclagem. Também neste contexto, o uso de matérias-primas recicladas oriundas do descarte das indústrias e das confecções, bem como oriundas do descarte doméstico de artigos do vestuário devem receber mais atenção.

6.2. Obtenção de dados sobre os processos de reciclagem têxtil

Como visto anteriormente, a reciclagem têxtil pode ser dividida em (GROUPE CTT e ITS, 2014):

- i) Reciclagem mecânica;
- ii) Reciclagem química;
- iii) Reciclagem térmica e
- iv) *Mix* de tecnologias.

Não foi encontrado na literatura nenhum dado preciso sobre a geração de resíduos têxteis no Brasil – a exemplo do “Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil” editado pela ABRELPE (2011 e 2012) anualmente, que não quantifica ou sequer cita os resíduos têxteis em seus levantamentos. Somente foi encontrada

uma informação (SINDITÊXTIL-SP, 2013), onde consta que o Brasil produz 175.000 toneladas ao ano de resíduos de suas indústrias têxteis e de confecção, relacionando esse resultado com o produzido no bairro do Bom Retiro (localizado na cidade de São Paulo). Nesse bairro há 1.200 confecções instaladas no Bom Retiro (60% grandes geradores), descartando, aproximadamente, 16 toneladas por dia de resíduos têxteis (o que representa 2% dos retalhos gerados anualmente no Brasil). Ainda de acordo com essa fonte, tem-se que o montante de desperdício nos diversos setores têxteis nacionais é conforme apresentado na **Tabela 19**.

Tabela 19 – Produção Brasileira de produtos acabados (ton/ano) e respectivos desperdícios (%)

Produção	Quantidade (ton/ano)	Desperdícios
Vestuário	1.100.000	12%
Meias e acessórios	20.000	2%
Linha Lar	370.000	5%
Artigos Técnicos	300.000	5%

Fonte: (SINDITÊXTIL, 2013)

Deste modo, foram encontrados dados genéricos (SINDITÊXTIL-SP, 2013), diferentemente de países como a Alemanha entre outros, onde as leis sobre a destinação de resíduos sólidos e o estudo das sobras industriais e domésticas de têxteis possuem um elevado grau de relevância e importância.

Especificamente sobre os processos de reciclagem, também não foram encontrados muitos dados ou informações específicas em literatura científica que demonstrem passo a passo como um artigo ou apara têxtil pode ser reciclado ou mesmo descrição dos maquinários e processos relacionados. Foram consultados livros e artigos nacionais e internacionais, e constatou-se que muitos autores tratam a reutilização de têxteis – relacionada a trabalhos manuais/artesanais, por exemplo, como reciclagem, empregando erroneamente o termo.

Deste modo, observa-se que os resíduos têxteis são retratados na literatura e nas pesquisas mais pelo viés social da Sustentabilidade (uso desse

material para qualificação profissional de indivíduos em regiões carentes e geração de renda, desenvolvimento de produtos artesanais decorativos com apelo “ecológico”, doação/filantropia, entre outros) que pelo viés ambiental propriamente (aqui entendido como a destinação adequada dos resíduos e sua posterior reciclagem, empregando recursos tecnológicos). Isso se dá, possivelmente, pela dificuldade de obtenção de dados sobre a reciclagem têxtil, que limita muitas das pesquisas e a propagação de conhecimentos desta área.

Além disso, Souza (2008) indica que, nos últimos anos, o setor têxtil teve um aumento significativo e concentrado em alguns países como China, Paquistão, Bangladesh, Índia, México, Romênia, Camboja e Turquia. Foladori (2008) salienta que a China é um dos principais produtores têxteis mundiais, sendo também um exemplo da reconcentração espacial de um tipo de indústria que possui altos componentes químicos poluentes.

No *ranking* mundial, o Brasil se configura também como um importante produtor mundial de artigos têxteis – o 5º maior, com uma produção aproximada de 1,8 milhões de toneladas de artigos confeccionados (IEMI; 2015; IEMI, 2014) e também o 5º maior produtor mundial de algodão (ABIT, 2011). Deste modo, através dos dados obtidos nas referências da literatura, observa-se que a indústria têxtil está fortemente estabelecida em países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, os quais possuem uma grande “permissividade ambiental” em relação à degradação do meio ambiente, visando mais os lucros da atividade industrial que uma produção sustentável.

Observa-se também que os referidos países, como China, Bangladesh e Índia, entre outros, são grandes exportadores de artigos do vestuário, principalmente para países desenvolvidos da União Europeia e Estados Unidos, que não precisam lidar fortemente com as problemáticas ambientais decorrentes da produção industrial têxtil, mas sim com a problemática relacionada ao descarte dos artigos de vestuário pelos indivíduos, após seu uso. Isso justifica o fato de haverem mais artigos científicos e materiais de referência bibliográfica internacionais focando o reuso de artigos do vestuário que a reciclagem física têxtil, problemática comumente mais encontrada em países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos por neles estarem situadas as maiores indústrias têxteis em nível mundial.

Como pode ser conferido pelo *site* da empresa portuguesa Filtrex & Reciclagem (2015), um dos focos de trabalho da mesma é o encaminhamento de roupas descartadas, em bom estado, para serem vendidas em “lojas com preços acessíveis” ou exportar as roupas “para países em vias de desenvolvimento para criar empregos locais”. Tex Amira (2015), outra empresa portuguesa do ramo de reuso e reciclagem têxtil, aponta em seu *site* que “exportar o vestuário selecionado é uma enorme ajuda para as famílias com baixo nível monetário [...]”. Deste modo, muitas dessas empresas não estão diretamente ligadas à atividade de reciclagem têxtil, uma vez que, para reciclar mecanicamente, é necessário compreender a natureza do material têxtil e dos maquinários de processamento dos resíduos de maneira correta e eficiente.

A reciclagem mecânica de têxteis configura-se como a mais fácil para se obter informações sobre seus processos e maquinários, talvez porque seja a primeira metodologia empregada para a reciclagem deste tipo de material há mais de 100 anos (LAROCHE, 2014). Além da empresa francesa Laroche, há também, por exemplo, as espanholas Margasa – *Proyectos e Ingeniería Textil* S.A., que atua no mercado global de reciclagem têxtil há mais de 40 anos, e a Masias – *Maquinaria* S.A., que atua há aproximadamente 20 anos. Existem ainda outras empresas situadas na Alemanha (SOEX GROUP, por exemplo), Estados Unidos (*Miller Waste Mills, Inc*, por exemplo), Turquia (*Vizyon Tekstil*, por exemplo) entre outros países e, em todos os casos – salvo suas particularidades tecnológicas, suas linhas de produção se assemelham por seguirem o seguinte fluxograma: picotagem dos resíduos têxteis (para diminuição de seu tamanho e máxima uniformização) e posterior desfibragem deste material.

Em relação à obtenção de dados sobre os processos de reciclagem dos carpetes de poliamida, observou-se que os estudos de Wang (2006), professor de Engenharia e Ciência dos Materiais da *Georgia Institute of Technology*, focavam especificamente no reprocessamento desse produto têxtil. Através do levantamento feito pela *ICCA – International Congress and Convention Association* (2013) ou Associação Internacional de Congressos e Convenções, constatou-se que os Estados Unidos encontram-se em 1º lugar no *ranking* de países que mais recebem congressos, convenções e feiras – no ano de 2012 foram mais de 800, seguidos pela Alemanha e Espanha. Muitas vezes, uma

determinada infraestrutura específica é levantada no local para o recebimento desses eventos, onde são colocados *banners* e *stands*, por exemplo, juntamente com o carpete de poliamida para forrar o piso. Depois do evento, esses carpetes não são reutilizados, são descartados e posteriormente reciclados. Deste modo, pela importância que os EUA tem no recebimento de congressos e convenções internacionais – não contabilizando os nacionais (ICCA, 2013), conclui-se que a reciclagem dos carpetes de poliamida utilizados nestes eventos, bem como de carpetes utilizados em outras situações, tornou-se uma prática recorrente no mercado e com maior visibilidade através da divulgação dos estudos publicados em livros e artigos científicos.

Contudo, tratando-se de outros modos de reciclagem química utilizadas em outros itens têxteis, a obtenção de dados ainda é restrita. A empresa japonesa Teijin (2014), por exemplo, cita em seu *site* apenas que “visa promover a reciclagem dos resíduos de poliéster para superar algumas questões” no que diz respeito ao aumento da produção e do consumo de fibras têxteis – 5 vezes maior que a 10 anos, principalmente da fibra de poliéster. É interessante ressaltar que este dado vai ao encontro do levantamento feito pela Estre Ambiental Ltda. a pedido do SINDITÊXTIL-SP, onde constatou-se que 90% dos resíduos descartados no bairro do Bom Retiro são de tecidos sintéticos como poliéster e poliamida. A Teijin (2014) ainda afirma que suas ações de reciclagem são estimuladas por conta do esgotamento dos recursos petroquímicos necessários para a produção das fibras sintéticas, bem como estimuladas com vistas à diminuição das emissões de CO₂ relacionadas à produção e à eliminação incorreta das mesmas, mas não fornece mais nenhuma informação relevante.

No Brasil, há a empresa H3 Polímeros – Logística Reversa Ltda. que patenteou um processo de reciclagem da poliamida 6 e 6.6 originárias das sobras e descartes das linhas de *lingerie*, *fitness*, praia e banho. Contudo, a empresa também não fornece dados e informações aprofundadas de seus processos através de seu *site*. No entanto, através de uma consulta no *site* do INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial, foram encontradas duas patentes brasileiras relacionada ao processo de reciclagem da poliamida (**ANEXO 2**).

Algumas hipóteses são levantadas tentando responder os motivos das empresas não divulgarem abertamente seus processos de reciclagem química, como:

- i) O estudo da reciclagem têxtil ainda é uma área relativamente nova; a reciclagem mecânica, tecnicamente mais “simples” por empregar maquinários que picotam e destrincham o material, já está mais difundida no setor, havendo inclusive algumas empresas concorrentes que fornecem suas linhas de produção às indústrias. No caso da reciclagem química, o estudo para sua viabilidade é ainda mais recente, havendo pesquisas experimentais que não foram implantada em larga escala, como é o caso da reciclagem de compósitos PET reforçados com fibras de algodão (GROUPE CTT e ITS, 2014);
- ii) Como a reciclagem mecânica é mais difundida no setor têxtil, a reciclagem química acaba servindo como uma ferramenta estratégica de competitividade. É justamente neste nicho onde as indústrias buscam diferenciar-se de suas concorrentes, realizando um processo novo, particular e sigiloso. Observa-se que a reciclagem mecânica, salvo alguma pequena particularidade ou outra dependendo da empresa que concebeu a linha de produção, ocorre havendo a picotagem e desfibragem do material. Já no caso da reciclagem química, cada empresa (BASF, DuPont, Teijin, entre outras) desenvolve métodos bastante específicos para processar os resíduos de fibras sintéticas, como o poliéster e a poliamida. ICIS-LOR (2014) justifica que o aumento do custo das resinas plásticas, pressionado pelas constantes flutuações do preço do petróleo no mercado internacional e variações de cotação do dólar, tem estimulado as pesquisas em reciclagem de polímeros. Normalmente, o preço do plástico reciclado é 40% mais baixo do que o da resina virgem, portanto, a substituição da resina virgem pela reciclada traz benefícios de redução de custo e aumento da competitividade;

- iii) Embora algumas indústrias estejam engajadas na causa ambiental, promovendo melhorias em seus processos através das ferramentas da P2 e P+L, bem como rotulando adequadamente alguns de seus produtos com selos verdes, outros processos dentro da mesma indústria podem não ser totalmente sustentáveis, como é o caso da reciclagem química de carpetes, onde ocorre a extração da poliamida de alto valor agregado dos resíduos por meio de solventes, como álcoois alifáticos, fenóis de alquilo e ácido clorídrico (WANG, 2006).

6.3. Visita técnica à Empresa Retalhar

A empresa Retalhar foi concebido como um negócio social, ou seja, uma empresa sem perdas nem dividendos, projetada para atingir um objetivo social dentro do mercado altamente regulado de hoje. Ainda num estágio inicial, a empresa é definida como *Startup*, pois busca-se testar a aceitação do produto ou serviço pelo mercado, onde o maior desafio é alcançar produtividade no cenário de escassez de recursos em que a empresa pode se encontrar.

A Retalhar surgiu da necessidade da empresa Lutha Uniformes, uma confecção familiar do Sr. Corvalho, em destinar os resíduos dos cortes dos enfeitos oriundos de seus próprios processos industriais e também os uniformes profissionais em fase de descarte. Inicialmente, em 2013, o desejo foi o de implementar um setor de sustentabilidade na confecção e, nesta época, a empresa já contava com alguns projetos de caráter sustentável, como: cisterna, horta, composteira de resíduos orgânicos, programas socioculturais, participação em um programa nacional de incentivo à elaboração e à publicação de inventários de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), biblioteca própria, entre diversas outras formas de trabalho voltadas para prevenção, mitigação ou compensação de impactos socioambientais negativos.

Segundo os sócios fundadores, Srs. Jonas Lessa e Lucas Corvalho, mesmo com iniciativas efetivas ligadas ao desempenho ambiental e social da empresa, a principal problemática relacionada à atividade industrial era a de

destinar adequadamente as aparas têxteis oriundas dos cortes dos enfeitos. Apesar de contar com um programa de encaixe digitalizado – que minimiza o desperdício de tecido, a empresa ainda gerava uma média de mais de 100 kg de retalho por semana, o que representava 60,29% do total de resíduos gerados nas operações.

Dada a proposta de minimizar a quantidade de materiais descartados em aterros sanitários, era necessário viabilizar o reaproveitamento destes retalhos, posto que a quantidade gerada pela confecção a caracterizava como uma grande geradora de resíduos sólidos conforme a legislação municipal. Além disso, frequentemente, os responsáveis pelo serviço público de coleta não retiravam parte do descarte da empresa, levando ao acúmulo de lixo nas vias públicas e um consequente incômodo aos moradores das proximidades.

Além das sobras dos enfeitos, a empresa também lidava com a problemática do gerenciamento dos uniformes que seriam descartados. É sabido que, em relação ao descarte de peças confeccionadas, mais de 150 milhões não têm destinação definida e acabam estocadas, destruídas ou mofadas. Comumente, este tipo de material é doado, moído ou depositado em aterros ou incinerado (FOLHA DE SÃO PAULO, 2012; CASTRO; AMATO-NETO, 2012).

Partindo, assim, da necessidade em gerenciar seus próprios resíduos têxteis e prospectando um mercado favorável à inserção deste tipo de material novamente ao mercado, os sócios passaram a agregar valor às aparas dos enfeitos produzindo sacolas e itens promocionais (**Figura 22**). Elas eram feitas através de parcerias com Empreendimentos da Economia Solidária (EES), ou seja, cooperativas de costureiras e artesãs. Os dados dos EES foram obtidos na Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares da Fundação Getúlio Vargas. As primeiras parcerias foram feitas com os grupos Brazilianas e Charlotte Arte em Costura, localizados na periferia da Grande São Paulo.

Figura 22 – Brindes produzidos a partir de uniformes descartados

Fonte: (LESSA, 2016)

Contudo, a produção de sacolas artesanais de tecido era baixa ante a alta produção de resíduos gerados pela confecção. Assim, buscando uma solução mais eficiente para o problema no qual a empresa enfrentava, estabeleceu-se uma parceria com uma empresa de reciclagem têxtil, a Virgiflex, situada na região metropolitana de São Paulo. Esta empresa coleta, diariamente, resíduos têxteis dos bairros do Brás e do Bom Retiro nas primeiras horas de cada dia, evitando que eles sejam destinados aos aterros por meio de caminhões compactadores de lixo. Em seu próprio galpão, o trabalho da Virgiflex é o de picotar e desfibrar as rebarbas de tecidos misturados, produzindo o que, usualmente, é chamado de desfibrado têxtil.

À luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), as atividades de gerenciamento de descartes da Lutha Uniformes efetivaram a formalização da Retalhar. Atuando no mercado há, aproximadamente, 3 anos, a Retalhar gerou R\$ 44.163,34 para os grupos produtivos envolvidos (EES), beneficiando 33 trabalhadores diretamente empregados no processo, em sua maioria mulheres, além de 120 familiares indiretamente beneficiados por essa quantia. Além disso, três projetos realizados pela Retalhar transformaram uniformes profissionais em cobertores populares, beneficiando um total de 2.550 pessoas. Por meio de parceria com o coletivo “Entrega Por SP”, que realiza

mensalmente a distribuição de doações às pessoas em situação de rua na cidade de São Paulo, foram também produzidas e entregues 1.100 sacolas impermeáveis para uso diário (LESSA, 2016).

Em termos econômicos, ainda que constantemente ajustando o modelo de negócio, aprimorando estratégias comerciais e delimitando melhor o público-alvo, a Retalhar alcançou bons resultados. Resgatando o faturamento obtido desde janeiro de 2013, junto ao primeiro cliente da Lutha Uniformes – que realizou a logística reversa de uniformes, até o final de dezembro de 2015, a empresa obteve um total de R\$ 150.582,41 a partir da venda de seus produtos e serviços (LESSA, 2016).

Em relação aos resultados ambientais, a Retalhar alcançou os seguintes números até o final de 2015 (LESSA, 2016):

- i) Gestão de 8.750,38 Kg de uniformes profissionais, impedindo o envio deles aos aterros e incineradoras ao promover sua reutilização ou reciclagem;
- ii) 128,63 tCO₂eq (toneladas de carbono equivalente) impedidas de serem emitidas para a atmosfera pelos métodos convencionais de descarte de uniformes;
- iii) Economia energética de 442.375,46 kWh referente ao reaproveitamento de material têxtil;
- iv) 65,45 m³ de aterros sanitários poupados em função da destinação ambientalmente adequada de uniformes.

Deste modo, tomando como base os resultados positivos da empresa, a Retalhar pode servir de exemplo para outras iniciativas similares no que tange à atribuição de valor a serviços ambientais e relações socialmente justas. Segundo Lessa (2016), “o empreendedorismo social pode ser visto como poderosa ferramenta de transformação da sociedade ao redirecionar as relações entre sociedade e meio ambiente por meio do mercado”.

6.4. Visita técnica à “Empresa X”

A fim de observar *in loco* uma planta de reciclagem têxtil – disposição/organização dos maquinários na linha de produção e sua capacidade de alimentação, bem como obter amostras de resíduos processados e informações específicas sobre os processos fabris – muitas vezes não encontradas na literatura, foi feita uma visita técnica na “Empresa X”, localizada numa cidade próxima à capital paulistana e ao ABC paulista, no dia 26 de agosto de 2014.

6.4.1. Matéria-prima

Segundo a empresa, os resíduos têxteis são compostos de aparas como:

- i) Tecidos 100% algodão (malha);
- ii) Denim (tecido plano, armação sarja) – atualmente, muito difícil ser 100% algodão, uma vez que muitos desses resíduos são oriundos de polos confeccionistas de moda popular, que importam tecidos da Ásia, conhecida por misturar poliéster ao algodão para barateá-lo;
- iii) Tecidos sintéticos (malha e plano), como poliéster e poliamida;
- iv) Tecidos mistos (malha), como a *viscolycra*.

O volume das aparas de malha 100% algodão é menor que o volume composto por outros tipos de materiais; contudo, tratando-se da região metropolitana e do Estado de São Paulo, onde são adquiridos tais materiais, ainda é uma quantidade significativa. As aparas são adquiridas em São Paulo (região do Brás) e também em cidades do interior do Estado de Minas Gerais próximas ao Estado de São Paulo (como Monte Sião, por exemplo, famoso polo confeccionista de malhas). Parte dos resíduos comprados no Brás chegam previamente separados por tipo e/ou cor, como: denim, malha colorida e malha branca.

A empresa ainda conta com uma lista de contatos fixos de catadores de resíduos têxteis, que levam este material até à empresa para venda. Não compensa para a própria empresa coletar os resíduos diretamente nas ruas, por se tratar de um volume muito grande (seria um trabalho braçal inviável para funcionários da própria empresa). Ainda sobre a aquisição de matéria-prima, muitas empresas encaminham os uniformes descartados de seus funcionários para a desfibragem. Contudo, as insígnias/logotipos que possam haver devem ser retirados previamente juntamente com os aviamentos (zíperes, botões etc).

Depois de processados os retalhos, os desfibrados de malha 100% algodão resultam num produto final de maior qualidade (fio mais regular e com tamanho próximo ao do fio virgem) do que os desfibrados de denim (fio menos regular e de tamanho menor) e isso influenciará, posteriormente, na destinação desses materiais e suas aplicações futuras.

6.4.2. Volume de matéria-prima processada e seu valor comercial

A empresa trabalha 24 horas por dia, 7 dias por semana, em 3 turnos. São processados, aproximadamente, 45 toneladas por dia de resíduos têxteis diversos (misturados), ou seja, aproximadamente 1.350 toneladas ao mês e, deste montante, 100 toneladas ao mês corresponde ao denim (o qual não está misturado a outros resíduos).

Em relação ao valor da matéria-prima, em Kg, comprada pela empresa, os resíduos, de modo geral, podem custar:

- i) De R\$ 0,12 (se suja, com papel, entre outros materiais) a R\$ 0,15 o algodão (com poucas sujeiras);
- ii) R\$ 0,70 a poliacrilonitrila (fibra acrílica);
- iii) R\$ 1,20 a malha branca 100% algodão (é mais cara por possuir maior valor agregado no mercado de reciclados e, conseqüentemente, melhor qualidade).

6.4.3. Maquinários para reciclagem mecânica

Como forma de ilustrar a planta de reciclagem mecânica da “Empesa X”, obteve-se algumas imagens em sites da internet que se assemelham ao maquinários utilizados pela empresa. Estas imagens encontram-se no **ANEXO 1**.

A linha de produção é composta por:

- i) **Máquina retalhadora ou picotadeira:** tem a função de uniformizar ao máximo o tamanho das aparas têxteis, aproximadamente 5 cm²;
- ii) **Máquina de desfibragem ou desfibradeira:** primeiramente, retiram-se os aviamentos metálicos ainda existentes através de imãs e gravimetria. Depois, através de seus 5 ou 6 cilindros (“tambores” de 1 m de diâmetro) com pinos metálicos afiados, a máquina destrincha as aparas têxteis ao máximo. Pedacos de tecidos que ficaram ainda grandes (maiores que 5 cm², por exemplo) são redirecionados ao início do processo pela própria máquina. Cada um dos cilindros da linha possui uma quantidade crescente de pinos. O último cilindro é o que destrincha com mais exatidão por ter mais pinos que os demais (podendo variar entre 40, 50, 60 e 70 mil pinos). Obrigatoriamente, o último cilindro deve ter mais pinos para garantir a qualidade do destrinchamento do material processado. O valor dos cilindros varia entre R\$ 18 a R\$ 60 mil cada um.

A desfibradeira da “Empresa X” (produzida em 1998 e reformada) tem capacidade para processar 1,6 toneladas por hora e foi trazida da Itália ao custo de R\$ 1 milhão, incluindo os impostos alfandegários. Esta linha de produção encontrava-se ainda parada na empresa, esperando sua montagem.

- iii) **Prensa e enfardadeira:** são responsáveis por prensar o material desfibrado e acondicioná-lo na forma de fardos. Embora a máquina possa produzir fardos de até 280 Kg, os fardos de desfibrados possuem, no máximo, 200 Kg. O valor da prensa é de, aproximadamente, R\$ 15 mil e o da enfardadeira de, aproximadamente, R\$ 500 mil, caso sejam adquiridas separadamente.

6.4.4. Processos de desfibragem

Os testes de processamento de materiais na “Empresa X” – se é possível desfibrá-los ou não, são feitos diretamente nas máquinas, através da experiência dos próprios funcionários/proprietários, não existindo, necessariamente, um protocolo, manual ou métodos pré-estabelecidos. Muitas vezes, é necessário misturar resíduo têxtil de melhor qualidade, vulgarmente chamado de “ração”, nos processos de desfibragem de resíduos de qualidade inferior para evitar a combustão do material, por exemplo, ou sua fusão – por conta das altas temperaturas que atingem os processos mecânicos. A adição de “ração” é realizada através da experiência dos funcionários/proprietários, não havendo quantias pré-estabelecidas da relação (peso/volume) de matéria prima de qualidade inferior x ração.

Os tecidos de fibras naturais, por exemplo, apresentam alta propriedade de combustibilidade nos processos mecânicos (maior que o das fibras sintéticas) – ao tanto que a fibra de algodão poderia ser utilizada por indústrias que visassem obter energia potencial por combustão através da reciclagem térmica (GROUPE CTT e ITS, 2014), devendo-se tomar cuidado com eventuais incêndios que possam ocorrer em seu processamento. Deste modo, as aparas de algodão são umidificadas durante o processo de reciclagem.

A regulação das máquinas para processar os materiais também varia conforme o horário do dia (manhã/tarde/noite) e até conforme as estações do ano (verão/inverno), dependendo exclusivamente da experiência profissional dos funcionários/proprietários a garantia da qualidade dos processos.

Abaixo, alguns exemplos genéricos do resultado final dos resíduos têxteis desfibrados (**Figura 23**):

Figura 23 – Exemplos de desfibrados têxteis: **(a)** desfibrado de denim; **(b)** desfibrado sintético “mil cores”; **(c)** desfibrado acrílico “mil cores”; **(d)** desfibrado de denim cru; **(e)** desfibrado de malha “mil cores”

Fonte: (“Empresa X”, 2014)

6.4.5. Aplicações das principais matérias-primas recicladas

Segundo a “Empresa X”, o denim (brim) desfibrado é utilizado na produção de manta fenólica (compósitos) para aplicações na indústria automobilística – uma das maiores consumidoras de fibras recicladas, possuindo características funcionais a um custo viável, e desempenhando funções técnicas de acabamento (fabricação de elementos como painéis, tetos, laterais internas de portas etc) ou de isolamento acústico, por exemplo, como salientou Gulich (2006b). A *viscolycra* é utilizada em diferentes tipos de feltros para indústria civil, automobilística, entre outros. Já o denim desfibrado é utilizado, principalmente, para fiação *Open-End*, compondo um novo fio, existindo também um mercado com muita demanda para este segmento como já indicado pelas informações de SINDITÊXTIL-SP (2013).

6.4.6. Resíduos dos resíduos

O processamento de resíduos têxteis (aparas) de denim (majoritariamente composto de algodão) gera o que os proprietários da “Empresa X” denominam de “pó”, que é um resíduo industrial composto de pó/farelo de fibras têxteis e fibrilas de cor azulada por conta do corante índigo presente no urdurme do tecido. Esse pó é captado por filtros, que foram instalados fora do perímetro construído da fábrica, para evitar possíveis incêndios pelo alto índice de combustibilidade do material. De tempos em tempos, estes filtros devem ser limpos e todo o pó retirado e acondicionado numa caçamba de recolhimento de material. Por se tratar majoritariamente de fibra natural – algodão, tentou-se aplicar este pó como adubo; contudo, quando misturado à água, o pó libera o corante índigo e outras substâncias, que são tóxicas para o solo. Ao mês, são gerados aproximadamente 10 toneladas de pó, que são recolhidos e incinerados por uma empresa terceirizada.

Os proprietários da “Empresa X” ainda não deram uma aplicabilidade para este material, que possivelmente poderia ser utilizado como reforço em compósitos de matriz cimentícia para uso na construção civil. Contudo, estudos aprofundados devem ser realizados para corroborar esta hipótese ou não, demonstrando que o campo da reciclagem têxtil é ainda recente e carece de novas pesquisas que possam melhorar seus processos como um todo, sendo também um segmento bastante fértil para estudos de novos materiais e suas aplicabilidades.

6.4.7. Falta de incentivos fiscais para a reciclagem têxtil

Segundo a “Empresa X”, a falta de mão de obra qualificada, informação, pesquisa e incentivos fiscais dificultam o crescimento do setor de reciclagem têxtil. O deputado Chico Sardelli, que encabeça o projeto de Lei 657/2013, destaca que é de suma importância que o governo paulista priorize e incentive uma política específica de Logística Reversa aplicável ao setor têxtil propiciando a reciclagem de materiais e criando uma alternativa às matérias- primas virgens,

fomentando a Sustentabilidade, preservando recursos naturais e, portanto, diminuindo os impactos ambientais e sociais (SINDITÊXTIL-SP, 2014). Segundo a “Empresa X”, 40% do preço de um produto (uma roupa, por exemplo) se relaciona com o custo da matéria-prima. Deste modo, a reciclagem têxtil, se estimulada no Brasil, viria a ser um importante modo de baratear o preço dos artigos têxteis, de suprir a demanda por materiais (em especial as fibras naturais, como o algodão) e de reduzir o montante de lixo têxtil em aterros.

Contudo, segundo a CNI (2014), em linhas gerais, seria difícil certificar-se que foi utilizado 100% de matéria-prima reciclada ou reutilizada, podendo os fabricantes se utilizarem deste benefício para obterem incentivos tributários e mesmo assim continuarem utilizando matéria-prima virgem majoritariamente em seus produtos, não contemplando o que prevê a lei no que concerne a preservação ambiental e o estímulo à reciclagem e à reutilização de matérias-primas já manufaturadas. Neste sentido, a CNI (2014) se posicionou “convergente com ressalvas” especificamente sobre a PEC 1/2012 do Senador Paulo Bauer (PSDB/SC), que visa alterar Altera o art. 150, VI, da Constituição Federal, para instituir imunidade de impostos incidentes sobre produtos elaborados com material reciclado ou reaproveitado (não só o têxtil, mas qualquer material oriundo da reciclagem ou da reutilização).

Outra dificuldade em estimular as indústrias à reciclarem os têxteis se dá pelo alto custo das linhas de produção e também pela falta de incentivos fiscais na aquisição desses maquinários. Segundo informações verbais¹ obtidas pelo representante da Laroche no Brasil, Sr. Cardoso (2014), a máquina *Cadette* (**Figura 17**) – a mais simples, com uma cortadeira rotativa e desfibradeira de 6 cilindros, ideal para todos os tipos de resíduos têxteis, custa aproximadamente 417 mil euros ou 1.880,00 milhão de reais, segundo a cotação atual da moeda europeia (cotada a R\$ 4,51), sem contar encargos tributários ou outros custos que possam existir, como o transporte, por exemplo. Ainda segundo o Sr. Cardoso (2014), uma planta completa de reciclagem mecânica dessa empresa

¹ Informações fornecidas por Sr. Cardoso em São Paulo, em 11 de agosto de 2014 na sede da ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção.

custaria, aproximadamente, 5 milhões de euros ou, aproximadamente, 22 milhões de reais.

O PL 5646/2013 do Deputado César Halum (PSD/TO) Institui incentivo tributário relativo ao Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), com vistas à desoneração, em 50%, de máquinas e equipamentos destinados ao processamento de resíduos sólidos. Contudo, a CNI (2014) se posicionou “convergente com ressalvas, pois grande parte do maquinário produzido no Brasil já goza de IPI zero”, pontuando que “na cadeia de reciclagem, alguns segmentos dependem de maquinário importado sem similar produzido no Brasil; desta forma, o projeto merece apoio com a ressalva de excluir do benefício maquinários e acessórios importados que possuam similar no Brasil”. No caso da reciclagem têxtil, o Brasil não possui empresas que produzam maquinários de reciclagem para este segmento, fazendo com que o PL 5646/2013 tenha grande relevância.

A “Empresa X”, por exemplo, adquiriu sua mais nova linha de produção, uma desfibradeira de “segunda mão”, ao custo de 1 milhão de reais, enfatizando que a mesma foi produzida em 1998 e reformada antes de sua revenda. Observa-se que a falta de incentivos tributários em relação à compra de maquinários de reciclagem têxtil ou ao uso de matérias-primas recicladas ou reutilizadas desestimula e dificulta a atividade no setor – bem como as pesquisas sobre novos materiais e melhoramento de processos, fazendo com que a própria Política Nacional de Resíduos Sólidos não consiga ser realizada atividades essenciais.

Ainda segundo a “Empresa X”, uma gigante empresa do setor têxtil com recursos financeiros para investimentos em tecnologias e inovação, situada na região Nordeste do país, está pesquisando a viabilidade de utilizar uma maior porcentagem de matéria-prima reciclada em seus processos, mas sem diminuir a qualidade de seus produtos, mostrando que grandes indústrias tem interesse na reciclagem, que pode ser bastante lucrativa.

6.5. Análise manual das amostras têxteis e observação das diferentes problemáticas encontradas

A “Empresa X” forneceu 40 Kg de aparas têxteis misturadas que já haviam passado pela primeira etapa da reciclagem têxtil mecânica, que é o da picotagem dos resíduos visando a máxima uniformização dos pedaços para serem, posteriormente, desfibrados (**Figura 24 – a**). Deste material, foram retirados de modo aleatório, aproximadamente, 2 Kg para uma análise manual a fim de observar quais as problemáticas existentes no processamento desse tipo de resíduo (**Figura 24 – b**).

Figura 24 – Amostras de resíduos têxteis cedidos pela “Empresa X”: **(a)** aparas têxteis misturadas fornecidas pela Empresa “X” e **(b)** amostra aleatória de resíduos têxteis para análise por separação manual

Fonte: (ZONATTI et al, 2015; ZONATTI et al, 2016)

No processo de reciclagem têxtil, é importante a identificação das matérias-primas e a separação dos componentes, como zíperes, botões e outros aviamentos como elásticos. Segundo a “Empresa X”, os resíduos comprados no bairro do Brás chegam previamente separados por tipo e/ou cor, como denim, malha colorida e malha branca, e produzem um desfibrado de melhor qualidade por saber a procedência e a composição do material.

Contudo, o grande volume de resíduos é processado de modo misturado – inclusive com elásticos e aviamentos metálicos e/ou plásticos (**Figura 25**).

Figura 25 – Elementos encontrados na amostra de resíduos têxteis separados manualmente: **(a)** restos de elásticos picados; **(b)** elementos metálicos e metalizados diversos

Fonte: (ZONATTI et al, 2015; ZONATTI et al, 2016)

Em nível industrial, alguns elementos metálicos, como zíperes ou botões, são retirados manualmente antes do processo de reciclagem. Alguns outros aviamentos metálicos que possam permanecer são retirados pelas próprias máquinas de reciclagem através de imãs e gravimetria. Contudo, alguns ainda permanecem, tais como os metalizados, comprometendo a qualidade do processo de reciclagem. Segundo a “Empresa X”, outro problema detectado é o fato de determinadas aparas têxteis possuírem fios metálicos em sua estrutura, um tipo de artifício que agrega valor estético ao material no momento da produção de uma roupa, mas que atrapalha posteriormente no processamento mecânico quando a mesma roupa ou as aparas de seu enfiado forem descartados e reciclados (**Figura 26**).

Figura 26 – Exemplos de amostras de resíduos têxteis separadas manualmente contendo fios e paetês metálicos e metalizados

Fonte: (ZONATTI et al, 2015; ZONATTI et al, 2016)

Ainda em relação aos resíduos têxteis, as aparas processadas pela “Empresa X” são de tecidos diversos: 100% algodão, denim 100% algodão ou misturado com poliéster, tecidos sintéticos variados (como poliéster ou poliamida) e tecidos mistos variados (como viscose com elastano).

Segundo Hawley (2006), o alto consumo das fibras sintéticas tornou a reciclagem têxtil mais complexa por serem fibras mais resistentes aos processos de desfibragem. Além disso, as misturas de fibras tornou mais dificultoso o processo de separação dos componentes do resíduo, ou seja, a separação da apara de fibra natural da apara de fibra sintética, por exemplo (GROUPE CTT e ITS, 2014).

Segundo SINDITÊXTIL-SP (2013), a dificuldade de separação das aparas têxteis nas indústrias de reciclagem se dá pelo fato de que as confecções, como as do Bom Retiro em São Paulo, fazem o enfesto de determinado modelo de roupa utilizando diferentes tipos e cores de tecidos, a fim de minimizar o tempo de produção e, conseqüentemente, os custos. Ou seja, cortam diferentes tecidos ao mesmo tempo, produzindo um único modelo de roupa, mas aumentando a gama de opções de cores e tecidos aos clientes (**Figura 27**). Além disso, os confeccionistas misturam seus resíduos têxteis a outros diferentes tipos de resíduos, como o papel do enfesto, sacos plásticos, aviamentos diversos e até matéria orgânica (**Tabela 16 e Figura 28**).

Frente a isso, o Projeto Retalho Fashion visa, em uma de suas etapas, capacitar os catadores de material reciclável a separar os resíduos têxteis por composição e/ou cor previamente, processo que poderia ser drasticamente reduzido e melhorado se as confecções separassem seus resíduos devidamente antes de serem descartados indiscriminadamente. Contudo, mesmo com a preliminar separação manual realizada neste estudo, os resíduos ainda continuam com misturas distintas de composição e/ou cor (**Figura 29 – a**). Mesmo os tecidos que, certificadamente, possuem a mesma composição podem conter cores e/ou estampas diferentes, dificultando uma separação 100% eficiente (**Figura 29 – b**).

Deste modo, segundo o SINDITÊXTIL-SP (2009), os resíduos compostos de fibras 100% algodão – mas com cores e/ou estampas distintas são, usualmente, reciclados para se tornarem fios mais grossos e rústicos, como os

barbantes. Já os resíduos compostos de fibras sintéticas são reciclados mecanicamente para comporem, usualmente um desfibrado “mil cores” (**Figura 23**)

Figura 27 – Amostras dos enfestos separados manualmente: é possível constatar que há o corte de diferentes tecidos (composição e/ou cor. Da direita para a esquerda: enfesto misturando camadas de tecidos de várias cores; enfesto misturando camadas de branco e preto; e enfesto misturando camadas de branco e rosa) para a produção de um mesmo modelo de roupa, dificultando a posterior separação dos resíduos.

Fonte: (ZONATTI et al, 2015; ZONATTI et al, 2016)

Figura 28 – Diferentes tipos de papel (papel kraft, seda, sulfite utilizado na impressão dos moldes, etc) misturados aos resíduos têxteis e separados manualmente: encontrou-se, inclusive um embalagem de alimento (de cor azul).

Fonte: (ZONATTI et al, 2015; ZONATTI et al, 2016)

Figura 29 – Amostras de resíduos têxteis com composição e/ou cores distintas separadas manualmente: **(a)** amostras de tecidos de cor branca compostas de diferentes matérias primas, como algodão, viscose, poliéster e poliamida; **(b)** amostras de tecidos compostos de 100% poliéster, mas de cores, gramaturas e padronagens distintas.

Fonte: (ZONATTI et al, 2015; ZONATTI et al, 2016)

Há também a problemática da segurança biológica em têxteis reciclados. Segundo Broega, Carvalho e Moraes (2011), os passos da reciclagem têxtil são: desfibragem dos resíduos, lavagem ou limpeza do material e pré-produção de matérias-primas secundárias (aqui entendido como o fardo de desfibrados, que podem seguir diferentes fluxos da cadeia produtiva, como produção de novos fios, utilização dos desfibrados para produção de compósitos, entre outros).

É interessante salientar que, apesar da “lavagem ou limpeza” dos resíduos – entendido como esterilização do material, ser uma das etapas da reciclagem têxtil, não se observou a ocorrência desta na visita técnica à “Empresa X”. Esta etapa é necessária para eliminar possíveis agentes biológicos que possam haver nos resíduos têxteis, que são reprocessados, notadamente de têxteis pós-consumo. Um grande volume de resíduos têxteis reciclados no Brasil são oriundos de artigos do vestuário ou de aparas de tecidos produzidos em países asiáticos, uma vez que a indústria têxtil nacional começou a perder competitividade por conta do alto custo da energia, do transporte/logística e também por conta da falta de financiamento no setor (TECHNOPAK, 2014). É sabido que países asiáticos como China, Camboja e Paquistão possuem uma “permissividade ambiental” em relação à produção industrial, visando mais o crescimento econômico que a preservação do meio ambiente ou mesmo a

produção de têxteis livres de agentes químicos ou até biológicos nocivos à saúde (SOUZA, 2008; FOLADORI, 2008). Deste modo, sugere-se que o Brasil deveria instituir legalmente a exigência de esterilização de material têxtil oriundo, principalmente, do pós-consumo, tal como já existente em normas europeias e americanas de proteção à saúde (DE OLIVEIRA, 2012).

6.6. Visita técnica à empresa Grupo Wolf

A fim de observar *in loco* uma planta de reciclagem térmica têxtil especificamente voltada para a fibra de poliamida 6 e 6.6, foi feita uma visita técnica à empresa Grupo Wolf, localizada em Araraquara, interior de São Paulo, no dia 30 de julho de 2015. O grupo Wolf, que nasceu da necessidade do gerenciamento dos resíduos industriais de uma grande empresa do segmento de *underwear* e *sportwear*, presta atualmente serviços para esta e para outras empresas de diferentes setores.

O grupo Wolf possui 3 áreas de atuação:

- i) Recuperação de polímeros visando a própria produção ou visando a prestação de serviços em extrusão ou compactação para terceiros;
- ii) separação, classificação e adequação do material a ser extrusado ou compactado; e
- iii) gerenciamento de resíduos, onde são indicadas aplicações mais nobres para os descartes industriais. A missão da empresa é a de fechar os ciclos produtivos fazendo retornar à empresa a matéria-prima outrora descartada e reciclada.

A empresa do segmento de *underwear* e *sportwear* é nacional, possui quase 100 anos de existência e tem como atividade a produção e comércio de meias, roupas íntimas, blusas, pijamas, roupas de ginástica e outros artigos de vestuário. Com o crescimento da produção e dos consequentes descartes de resíduos sólidos pela empresa, foi viabilizada, em 2008, a implantação das operações – com viés sustentável, do Grupo Wolf.

6.6.1. Matéria-prima

Os diferentes materiais utilizados pela empresa do segmento de *underwear* e *sportwear* em seus processos são separados, enfardados e vendidos como matéria-prima para outras empresas. Também há a compra desses materiais, descartados por outras empresas, para compor um montante maior de produção e a posterior revenda após seu processamento. Entre os materiais processados pela empresa, além do têxtil, há:

- i) **Materiais metálicos:** são separados, aproximadamente, 2 toneladas por mês, e vendidos principalmente para uma multinacional do setor de siderurgia;
- ii) **Papel e papelão:** são separados e vendidos enfardados, aproximadamente, 40 toneladas por mês. Caixas em bom estado, aproximadamente 10 mil ao mês, podem ser reutilizadas para outros fins dentro da empresa do segmento de *underwear* e *sportwear* ou mesmo vendidas inteiras para terceiros, sem a descaracterização dos logotipos que possa haver em sua superfície. Aqueles materiais que não possuem condições de reuso são picotados ou são vendidos inteiros após sua separação. O papel branco, por exemplo, é vendido picotado, tendo seu volume estimado em 500 kg por mês. O papelão, que compõe quase todo o volume de 40 toneladas, é vendido para uma empresa que mói e lava esse material; em seguida, outra empresa produz as chapas de papelão com o material reciclado, que são vendidas para uma das maiores produtoras de papel e celulose do Brasil. Esta empresa, por sua vez, fornece novas caixas para a empresa do segmento de *underwear* e *sportwear*, fechando o ciclo. Quando não reciclado, o papelão (fundos de reforço das caixas) é comprado por uma empresa produtora de acessórios de vestuário e reutilizado como componente interno no fundo de bolsas femininas. Esse volume corresponde a, aproximadamente, 1 tonelada por mês.

- iii) **Polipropileno de baixa resistência mecânica:** oriundo dos cones que restam após o uso na confecção dos fios. Trata-se de um material de resistência mecânica baixa. São fundidos e vendidos como chips de granulometria aproximada de 2 mm. A produção mensal gira em torno de 2 toneladas;
- iv) **Polipropileno de alta resistência mecânica:** oriundo da “ráfia” de “big-bags” para armazenagem de 0,5 a 1 tonelada de material. Uma vez fundido e transformado em chips de granulometria de 2 mm, podem ser utilizados na produção de autopeças internas e externas do automóvel. A produção mensal é superior a 1 tonelada ao mês, podendo chegar a 10 toneladas.

Já os resíduos têxteis, majoritariamente oriundos das empresas de *underwear* e *sportwear*, são compostos principalmente por aparas de: poliamida, poliéster; algodão, elastano, acrílico e modal.

6.6.2. Volume de matéria-prima processada e seu valor comercial

São processados, aproximadamente, 240 toneladas por mês de resíduos sólidos diversos oriundos da empresa do segmento de *underwear* e *sportwear*, e de outras empresas da região. O volume de resíduos têxteis de diferentes composições (poliamida, poliéster, algodão, elastano, acrílico e modal) corresponde a 120 toneladas ao mês, ou seja, 50% do total de resíduos. A poliamida representa 60 toneladas mensais. Destas, 40 toneladas são provenientes dos processos da referida empresa e 20 toneladas são compradas das indústrias têxteis da região de Americana/SP, importante polo do setor.

Em 2008, era reciclada 1 tonelada mensal de poliamida pelo Grupo Wolf e, atualmente, são recicladas aproximadamente, 40 toneladas, demonstrando a importância que o grupo tomou em relação ao reprocessamento de materiais e a evolução da demanda do mercado por matérias-primas. O volume de poliéster é de 10 toneladas ao mês.

Em relação ao valor da matéria-prima comprada pela empresa, o kg destas pode custar:

- i) R\$ 0,15 (papelão);
- ii) R\$ 1,50 (poliéster);
- iii) R\$ 0,50 (poliamida sem elastano);
- iv) R\$ 0,25 (poliamida com elastano);
- v) R\$ 1,80 (polipropileno de cor preta);
- vi) R\$ 2,50 (polipropileno colorido).

Para a venda dos materiais já reciclados/processados pelo Grupo Wolf a outras empresas, os custos são, em Kg:

- i) R\$ 1,80 a 3,50 (chips de poliamida);
- ii) R\$ 3,80 (chips de polipropileno).

A empresa Wolf também pode produzir *flakes*, oriundos da simples moagem de caixas ou embalagens plásticas, sendo que alguns clientes compram a matéria-prima nesse formato.

6.6.3. Maquinários para reciclagem mecânica

O Grupo Wolf possui uma linha de produção composta por diferentes maquinários, que são utilizados conforme o material a ser processado e seu uso final. Em linhas gerais, a linha de produção é composta por:

- i) **Enfardadeira:** aparas de poliéster, algodão, elastano, acrílico e modal, todas são vendidas enfardadas principalmente para a empresa recicladora têxtil de grande porte, situada em Nova Odessa/SP, que posteriormente destrincha esse material através de desfibradeiras;
- ii) **Picotadeira e Aglutinador:** tem como função picotar os retalhos grandes de tecidos em tamanhos menores e aglutiná-los (**Figura 30**)

para a retirada do óleo de encimagem e outros produtos de acabamento. No caso específico do polipropileno e da poliamida 6 e 6.6, estas passam pelos processos subsequentes de reciclagem citadas adiante;

Figura 30 – Máquina picotadeira de aparas grandes e detalhe ampliado

Fonte: (Fotos do autor)

- iii) **Silos misturadores:** são dois acoplados à picotadeira e aglutinador e tem como função misturar a matéria-prima, retirar a umidade e o óleo contido nos pequenos retalhos – secando-os ao máximo (**Figura 31**), além de aplicar diferentes aditivos ao material (**Figura 32**). Esses aditivos variam conforme o uso final ao qual se destina o material têxtil reciclado, podendo ser elementos químicos conhecidos como modificadores de impacto (que agregam maior resistência/dureza ao material), corantes sólidos, fibras de vidro, etc. (**Figura 33**);

Figura 31 – Poliamida picotada, aglutinada e seca na cor branca e preta (mistura de cores)

Fonte: (Fotos do autor)

Figura 32 – Detalhe do silo misturador processando as aparas de poliamida e podendo aplicar aditivos diversos

Fonte: (Fotos do autor)

Figura 33 – Diferentes tipos de aditivos: **(a)** fibra de vidro importada; **(b)** fibra de vidro em pó nacional; **(c)** corante sólido e **(d)** gel para hidratar o material

Fonte: (Fotos do autor)

- iv) **Extrusora:** o resíduo têxtil, primeiramente, passa por um silo, visando a máxima uniformização do material e sua umidificação, uma vez que o material processado está extremamente desidratado (**Figura 34**). Após essa etapa, o material têxtil picotado e aglutinado (comumente chamado “pipocas”) é inserido nesta máquina (**Figura 35**), que tem por finalidade fundir o material plástico, como o polipropileno ou a poliamida, transformando-os em filamentos grossos (“espaguete”) através da ação de rosca única. A temperatura de fusão é regulada de acordo com o tipo de material sendo processado, sendo menor para o polipropileno do que para a poliamida, por exemplo. Esses filamentos são resfriados em cuba de água e em ar, sendo então guiados para a máquina de corte. Em seguida, passam por uma máquina que os cortam em chips de, aproximadamente, 2 mm. Os chips que não estão

de acordo com os parâmetros de tamanho são selecionados pela própria máquina por peneiramento, que os reprocessam. Depois de prontos, estes são embalados e vendidos a outras empresas, que os utilizam como matéria-prima de base em seus processos (**Figura 36**).

Figura 34 – Material têxtil aglutinado inserido no silo, etapa que antecede sua fundição

Fonte: (Fotos do autor)

Figura 35 – Poliamida sendo fundida, etapa que antecede a produção dos filamentos e dos chips

Fonte: (Fotos do autor)

Figura 36 – Chips de poliamida já prontos: à esquerda, material de qualidade inferior e, à direita, os chips atualmente produzidos pelo Grupo Wolf

Fonte: (Foto do autor)

- v) **Trituradora:** utilizada para destrinchar materiais altamente resistentes (**Figura 37**), como embalagens de polipropileno, por exemplo, transformando-as em *flakes* (**Figura 38**);

Figura 37 – Detalhe dos dentes metálicos da trituradora de materiais altamente resistentes

Fonte: (Foto do autor)

Figura 38 – Embalagens de polipropileno e detalhes do material triturado

Fonte: (Fotos do autor)

É importante salientar que no caso da poliamida 6 e 6.6 existe uma separação prévia das aparas desta composição realizada na fábrica da empresa do segmento de *underwear* e *sportwear* por uma equipe de 6 funcionários, que não são recicladas juntamente com as outras fibras. Além disso, depois de separadas das aparas de outras composições, a poliamida é novamente separada entre resíduos coloridos e os brancos. A poliamida branca possui um alto valor agregado pela possibilidade de ser tingida de cores variadas, conforme a aplicação final. O processo para reciclagem da poliamida pura é diferenciado daquele utilizado para reciclagem de material de poliamida com elastano, sendo que se pode processar termicamente o material misturado (poliamida + elastano) até um limite de 18% de presença de elastano na poliamida.

A necessidade de estabelecer um processo de reciclagem específico para a poliamida se deu por conta de um problema de produção. A empresa do segmento de *underwear* e *sportwear*, até então, apenas picotava os resíduos

têxteis e os vendia enfardados e misturados à uma outra empresa do ramo de reciclagem têxtil situada em Nova Odessa/SP, que relatou problemáticas no momento da desfibragem do material misturado recebido.

Através de testes nos materiais processados, observou-se que o motivo dos problemas de produção estavam relacionados à poliamida por ela, muitas vezes, não possuir uma qualidade ideal e ter uma alta porcentagem de elastano em sua composição. Segundo a empresa, entre 10 e 14% de elastano na composição da poliamida não altera a qualidade dos processos de reciclagem; entre 15 e 18% existe uma atenção maior devido aos problemas que podem vir a ocorrer e acima de 18% a reciclagem pode vir a ficar comprometida. Deste modo, o valor do kg da apara de poliamida varia para menos na medida em que aumenta a proporção de elastano em sua composição.

Assim, o Grupo Wolf desenvolveu uma planta de reciclagem específica para a poliamida, que não pode sequer entrar em contato com outros tipos de retalhos, evitando assim possíveis contaminações entre as matérias-primas através de material particulado. Apesar de reciclar mensalmente, aproximadamente, 40 toneladas de poliamida, a fábrica tem capacidade para processar 3 vezes mais esse montante.

6.6.4. Aplicações das principais matérias-primas recicladas

Segundo o Grupo Wolf, existem diferentes aplicações em relação aos materiais reciclados pela empresa. Como citado anteriormente, as sucatas metálicas são vendidas para uma empresa do setor de metalurgia e servem, após sua fundição, como matéria-prima de base. Os diferentes tipos de papel e papelão também são vendidos enfardados ou picotados para empresas do setor de papel e celulose, visando sua trituração, reciclagem e produção de novos produtos.

No caso do têxtil, as aparas podem ser vendidas picotadas e enfardadas para empresas recicladoras, que irão desfibrar o material (**Figura 39**).

Figura 39 – Aparas têxteis enfardadas

Fonte: (Foto do autor)

Especificamente sobre o polipropileno e a poliamida, estas são fundidas e transformadas em chips através de maquinários específicos e misturadas aos aditivos. Esses aditivos atuam em 2 características fundamentais da matéria-prima têxtil, visando sua melhor aplicação. Basicamente, os aditivos atuam nas características de viscosidade e fluidez do material, agregando uma maior ou menor rigidez. Para tornar o polipropileno mais rígido, o ideal é diminuir a fluidez e aumentar a viscosidade, visando assim também o aumento da resistência do material. Também são adicionados aditivos para proporcionar cor (colorido ou “negro de fumo” para a cor preta) e para aumentar a aderência da matriz polimérica com o reforço no caso da produção de compósitos.

Estes são vendidos como matéria-prima a outras empresas de diferentes setores, como é o caso da venda de polipropileno de alta resistência para a indústria automobilística – uma das maiores consumidoras de fibras recicladas, por exemplo. Nesse caso, há a aplicação de aditivos, a exemplo da fibra de vidro (numa proporção de 30% em relação ao volume total da matéria-prima), visando a produção de compósitos (**Figura 40**). A aplicação desse polipropileno reciclado em novos produtos reduz em até 30% o custo desses componentes em automóveis. A utilização de matéria-prima reciclada é viável e torna-se, por

vezes, a única saída no que diz respeito à redução dos custos de produção quando a economia com o gasto de energia, por exemplo, já chegou ao limite máximo.

Figura 40 – Produtos da indústria automobilística feitos com matéria-prima reciclada

Fonte: (Foto do autor)

O polipropileno de baixa resistência é vendido para diferentes finalidades e também é vendido em chips para uma empresa produtora de cabides plásticos, que fornece esse material à empresa do segmento de *underwear* e *sportwear*.

6.7. Segurança química e biológica em têxteis

Nos últimos anos, o setor têxtil teve um aumento significativo e concentrado em alguns países como China, Paquistão, Bangladesh, Índia, México, Romênia, Camboja e Turquia (SOUZA, 2008).

O processo de liberalização do comércio dos produtos de indústria têxtil pela Organização Mundial do Comércio começou em meados dos anos 1990 e prosseguiu até 2004. Em 2003, 60% de todo o consumo de fibra têxtil estava

localizado na Ásia, bem como aproximadamente 65% de todo maquinário da referida indústria (ADB, 2006).

A China ainda domina o setor por trabalhar com uma questão de logística construída na competitividade, gerando vantagens na produção mais rápida e efetiva dos produtos, além de possuir maior experiência no setor, força de mão-de-obra mais talentosa e uma melhor infraestrutura, fazendo com que o desperdício em todos os setores produtivos da cadeia de confecção seja menor (SOUZA, 2008).

A China é um dos principais produtores têxteis mundiais; é um exemplo da reconcentração espacial de uma indústria com altos componentes químicos poluentes, algo que afeta diretamente os espaços onde estão instaladas. Por sua vez, a poluição não é só um problema de tecnologias sujas ou de falta de regulamentação, mas também uma questão de ritmos. A velocidade do crescimento econômico pode simplesmente atropelar todas as salvaguardas legais e tecnológicas de sustentabilidade. O relatório do Banco de Desenvolvimento Asiático alertou pra o fato de que o crescimento econômico anual que vinha acontecendo na China, algo entre 8% e 10%, não era ambientalmente limpo (FOLADORI, 2008).

Deste modo, visando a competitividade e o lucro, bem como uma alta produção, os países asiáticos produzem têxteis que podem conter elementos químicos nocivos à saúde humana e ambiental, os quais são exportados para outros países, como o Brasil. Ansari e Thakur (1999) alertam que todas as fibras e artigos têxteis passam por diferentes processos de beneficiamento, podendo deixar diversos resquícios de elementos químicos nocivos nos tecidos e que a maior parte dos poluentes são os corantes, que podem conter aminas cancerígenas, pentaclorofenol, cloro, biocidas, amaciadores, elementos-traço (**Tabela 15**), entre outros.

6.7.1. Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em amostras têxteis

Além de Broega, Carvalho e Moraes (2011), Gulich (2006) também enfatiza a limpeza/esterilização dos resíduos têxteis na fase de pré-tratamento do material.

Na presente tese, foi realizada uma análise prévia de quatro amostras de tecido:

- 1) Denim índigo 100% algodão (Tavex, Brasil) oriundo de uma calça pós-consumo;
- 2) Denim virgem 100% algodão (modelo *Cedroflat Vermont*, Cedro Têxtil, Brasil);
- 3) Tafetá virgem 100% poliéster de cor bordô (de origem asiática e oriundo de resíduos de enfiado em confecção do Bom Retiro); e
- 4) Tafetá virgem 100% poliéster de cor azul escuro (de origem asiática e oriundo de resíduos de enfiado em confecção do Bom Retiro; idêntico ao tafetá bordô, variando somente a cor para azul).

As análises foram realizadas no laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) – vinculado ao Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, com o intuito de observar a presença de possíveis contaminantes. Enfatiza-se aqui que a amostragem é muito pequena e sem qualquer representatividade estatística ou comparativa entre si. As análises têm apenas caráter empírico preliminar, a fim de verificar se essas amostras – sendo duas produzidas em países asiáticos, continham contaminantes químicos em suas estruturas e se, comparativamente com as amostras produzidas no Brasil, os referidos contaminantes diferiam e/ou estavam em maior ou menor quantidade.

Segundo o próprio laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, nunca houve anteriormente análises feitas com amostras têxteis, sendo mais usual a análise

de possíveis contaminantes em materiais geológicos, odontológicos ou em tecidos de seres vivos, por exemplo.

Além disso, para uma análise mais correta, aprofundada e criteriosa – tanto quali quanto quantitativamente, seria necessário utilizar a técnica de espectrometria de absorção atômica ou espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*). Trata-se de uma técnica de análise química instrumental que faz uso de uma fonte de excitação de plasma de argônio à alta temperatura (7.000 - 10.000 K) para produzir, em uma amostra introduzida sob forma de neblina no centro do plasma, átomos excitados que emitem radiação em comprimentos de onda na faixa de 125 a 950 nm, característicos dos elementos nela presentes. As radiações emitidas, após conveniente separação de seus comprimentos de onda por sistemas ópticos, têm suas intensidades respectivas medidas por meios de detectores de radiação específicos (foto multiplicadoras – PMT - ou detectores de estado sólido - CCD ou CID) e correlacionadas às concentrações correspondentes através de curvas de calibração obtidas pela medição prévia de Padrões Certificados de Referência (*CRM - Certificate Reference Material*). Esse método baseia-se no princípio de que os átomos livres em estado estável podem absorver a luz a certo comprimento de onda. A absorção é específica a cada elemento, nenhum outro elemento absorve este comprimento de onda. Geralmente as amostras inicialmente devem ser digeridas em ácidos fortes para o início do procedimento dessa técnica.

A espectrometria de absorção atômica é um método de elemento único usado para a análise de elementos-traço em amostras biológicas, metalúrgicas, farmacêuticas e atmosféricas, entre outras. A determinação espectroscópica de espécies pode ser realizada somente em uma amostra gaseificada na qual os átomos individuais, tais como Ag (prata), Al (alumínio), Au (ouro), Fe (ferro), e Mg (magnésio), entre outros, estão bem separados entre si (ZEINER; REZIC; STEFFAN, 2007; THE LINDE GROUP, 2015; VOGEL et al, 2002).

Para as análises, foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura da marca LEO *Electron Microscopy/Oxford* (modelo Leo 440i, Cambridge, Inglaterra), ideal para análises de superfície e microanálises elementares. É

também especialmente utilizado para análise morfológica e química elementar de sólidos, bem como pode realizar análises morfológicas de superfícies de particulados, polímeros, proteínas, sementes, compostos inorgânicos e orgânicos. O MEV possibilita ainda análises de superfície fraturada, como a análise de falhas, mapeamento químico de superfícies e microanálise qualitativa e semi-quantitativa de elementos químicos (VOGEL et al, 2002).

O princípio de funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 kv. Essa variação de voltagem permite a variação da aceleração dos elétrons, provocando também o aquecimento da amostra; a interação entre o feixe de elétrons e a amostra resulta na discriminação de possíveis elementos químicos existentes (KESTENBACH et al 2007).

Além da análise de contaminantes através do EDS (*Energy Dispersive x-ray Detector*) acoplado ao MEV, foi possível também realizar uma análise morfológica do material, onde foi possível constatar claramente a estrutura das amostras de tecidos: a armação sarja do denim índigo e do denim virgem (ambas 3x1) e a armação tafetá (1x1) do tecidos de tafetá bordô e azul.

Além disso, foi possível constatar também que ambos os tecidos de denim eram 100% algodão dada à estrutura dos fios, repletos de fibrilas, bem como foi possível constatar a composição 100% poliéster dos tecidos de tafetá, constituídos por filamentos e sem nenhuma fibrila em suas superfícies. Foi possível conferir também que o tecido índigo, já usado e lavado algumas vezes, possuía mais fibrilas (oriundas de fios danificados) em sua superfície devido ao atrito ao uso do que o denim virgem (**Figura 41**).

Figura 41 – Análise morfológica das amostras têxteis: **(a)** foto microscópica do denim índigo recoberto com ouro (50x); **(b)** foto microscópica do denim virgem recoberto com ouro (65x); **(c)** foto microscópica do tafetá bordô recoberto com ouro aumentado (65x); **(d)** foto microscópica do tafetá azul recoberto com ouro aumentado (65x). As escalas de referência se encontram na parte inferior das próprias figuras.

Para as análises, foram realizados aumentos microscópicos das amostras em 50, 65, 100, 250, 1000, 2.500, 5.000 e 7.500 vezes. Quanto maior o aumento, mais nítidos ficavam os materiais particulados existentes na superfície das amostras (**Figura 42**).

Figura 42 – Materiais particulados: foram sinalizados por círculos em vermelho e encontrados na superfície da amostra do tecido de tafetá azul 100% poliéster (aumento de 500x). A escala de referência se encontra na parte inferior da própria figura.

Depois de sinalizados os pontos brilhantes referentes aos materiais particulados – de tamanho aproximado entre 3 e 5 μm , realizava-se o disparo do feixe de elétrons, comumente conhecido como “tiro”. Os resultados obtidos foram os seguintes (**Tabela 20**):

Tabela 20 – Elementos químicos encontrados nos materiais particulados presentes nas amostras através das análises experimentais em MEV

Amostra	Elementos químicos encontrados
Denim Índigo	O, Si, Cu
Denim virgem	O, S, Ca, Mg
Tafetá Bordô	O, S, Fe, Al, Ti, Si, Ni, Cr, Au, Ca, Mg
Tafetá Azul	O, Ca, Mg, S, K, Si, Zn, Cr, Ni

Em relação aos resultados obtidos, observa-se que os tecidos de procedência nacional, 100% algodão, possuem menos elementos que os tecidos de fibras sintéticas (100% poliéster) importados da Ásia. Além disso, o oxigênio, um tipo de gás bastante abundante na atmosfera, também foi encontrado em todas as amostras, mesmo a câmera do MEV ser fechada a vácuo, fato tido como natural pela fixação da molécula de oxigênio nas superfícies das amostras e que não representa interferência nos resultados.

No denim índigo, encontrou-se em taxas mais elevadas, nas amostras recobertas com carbono e ouro, resquícios de silício, um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre e presente na areia e na argila, por exemplo. Pontua-se aqui que esta amostra foi retirada de uma calça *jeans* já usada e lavada, onde pode ter entrado em contato com sujidades de todo tipo durante sua utilização. Para estes casos, onde algum elemento inseriu-se na amostra posteriormente através de seu manuseio, dá-se a denominação de “artefato”. Outro possível artefato encontrado nesta amostra foram resquícios de cobre, que poderia ser oriundo das agulhas metálicas que costuraram a calça *jeans* antes da amostra ter sido retirada da mesma. Contudo, Clark (2000) afirma que sais de cobre são utilizados para fixar corantes diretos, podendo ser outra hipótese para a presença deste elemento-traço na amostra. Também a presença de cobre pode ser oriunda de corantes azuis (bastante dominados por compostos derivados de ftalocianinas de cobre) ou de elementos presentes em detergentes utilizados na lavagem doméstica.

Para a amostra do denim virgem foram encontrados oxigênio, enxofre e cálcio. Na indústria têxtil, é usual a utilização de corantes à base de enxofre; estes compostos têm sido utilizados principalmente na tintura de fibras celulósicas, conferindo cores como o preto, o verde oliva, o azul marinho e o marrom, apresentando boa fixação. Entretanto, estes corantes usualmente apresentam resíduos altamente tóxicos (GUARATINI; ZANONI, 2000). Em relação ao cálcio, o mesmo está presente comumente na água mineral, ou seja, na água que não passou pelo processo de destilação. Deste modo, íons de cálcio e também de magnésio podem estar presentes nas águas utilizadas no banho de tingimento dos substratos têxteis, sendo um agravante para a indústria no que cerne a qualidade da fixação dos corantes se houver a existência destes no meio. Água com alto teor de metais é vulgarmente chamada de “água dura” na indústria têxtil (ARAÚJO; MELLO E CASTRO, 1986).

Em relação ao tafetá bordô 100% poliéster importado da Ásia, observou-se a existência de oxigênio, enxofre, ferro, alumínio, titânio, silício, níquel, cromo, ouro, cálcio e magnésio, e no tafetá azul 100% poliéster foram encontrados oxigênio, cálcio, magnésio, enxofre, potássio, silício, zinco, cromo e níquel.

No caso do tafetá bordô e do azul, a presença do enxofre se dá, possivelmente pelo uso de corantes. A presença do silício pode ser devida a condições no processamento têxtil ou a um “artefato”, uma vez que os tecidos de onde foram retiradas as amostras não estavam armazenados de um modo esterilizado. A presença do cálcio e do magnésio, em ambos os casos, pode ocorrer pela utilização da “água dura” no banho de tingimento.

Em relação ao ouro encontrado no tafetá bordô, concluiu-se que se tratava realmente de um “artefato” inserido ali involuntariamente no momento da cobertura ultrafina da amostra pelo metal ouro para haver a condutibilidade elétrica nos disparos dos feixes de elétrons e melhor contraste nas imagens captadas pelo MEV.

Já sobre a presença de elementos como ferro, alumínio, titânio, níquel e cromo encontrados no tafetá bordô, bem como sobre a presença de potássio, zinco, cromo e níquel encontrados no tafetá azul, observa-se que existe um baixo controle em relação à qualidade da água do banho de tingimento, bem como dos próprios corantes utilizados na produção têxtil asiática. Segundo Zeiner, Rezic e Steffan (2007) e Aspland (1993), o corante com mordente à base de cromo “C.I. Mordant Black 11” é um dos mais consumidos mundialmente. O alumínio e outros sais são também utilizados extensivamente em processos de beneficiamento têxtil, segundo Jinkins e Leonas (1994). Além do cromo, ocasionalmente elementos como níquel e cobre também são utilizados nos processos para obtenção de uma melhor solidez, afirma Hauser (1986).

Enfatiza-se, entretanto, que foram utilizadas amostras de, possivelmente, apenas um fabricante de origem asiática e que as conclusões levantadas aqui se baseiam, além das análises no MEV, em fontes da literatura, podendo existir divergências com resultados que eventualmente possam ser originados por outras técnicas analíticas. Além disso, pelo fato do MEV não oferecer uma análise quantitativa, mas mais qualitativa, não foi possível constatar se as concentrações dos elementos encontrados nas amostras estavam acima do usual, baseando-se na **Tabela 13** de Barclay e Buckley (2000).

Deste modo, os indivíduos são muitas vezes expostos a diferentes produtos químicos alergênicos e tóxicos provenientes de têxteis devido ao

contato diário com artigos do vestuário. Ainda esses mesmos artigos serão posteriormente descartados e dispostos em aterros sanitários ou mesmo reciclados, implicando na origem de uma sequência de problemas à saúde humana, animal e ambiental.

Observa-se que não é suficiente focar somente na reciclagem mecânica dos materiais têxteis descartados das indústrias, confecções ou do pós-consumo, havendo também questões de segurança biológica e/ou química intercorrentes à toda vida útil dos têxteis e que prosseguem após o descarte, reciclagem e/ou disposição desses em aterros sanitários, por exemplo.

6.8. Análise dos impactos ambientais da fibra de algodão e das matérias-primas das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET) através do *SolidWorks® Sustainability*

A indústria têxtil está entre as manufaturas mais antigas e, juntamente com a indústria de confecção, movimentou em 2008, aproximadamente US\$ 1 trilhão. Além disso, é um importante gerador de empregos, possuindo, apenas no processo produtivo, aproximadamente 26 milhões postos de trabalhos em todo o mundo e movimentando 7% do comércio global (GRACE, 2009a; GRACE, 2009b; ALWOOD et al., 2006).

Contudo, mesmo benéfica para a economia global, a indústria têxtil e de confecção cria diversos impactos ambientais, como por exemplo: uso de materiais tóxicos a saúde humana e ao meio ambiente tais como fertilizantes, inseticidas e pesticidas na produção de fibras naturais de origem vegetal e animal; elevado consumo de água no cultivo de fibras naturais; poluição aquática; geração de resíduos resultante do elevado consumo de artigos do vestuário impulsionado pela indústria da moda, entre outros (ALWOOD et al., 2006).

Segundo Vasconcelos et al. (2012), alguns autores já realizaram pesquisas focadas nas comparações entre artigos têxteis produzidos a partir de fios fiados 100% algodão, misturas algodão/poliéster e 100% poliéster. Para isso,

utilizaram camisetas básicas na realização das análises. Contudo, como enfatizou Arduin e Pacca em seus trabalhos (2010), os resultados dos estudos sobre ACV em têxteis não são totalmente eficientes, uma vez que a unidade funcional varia bastante no que tange a composição dos artigos, bem como nesses estudos, normalmente é delimitada como fronteira do sistema de produto apenas algumas etapas do ciclo de vida. Byoungho (2004) afirma que a indústria têxtil representa um dos mais diversos e complicados processos de manufatura de todo o sistema de produção, pois envolvem diversas etapas mecânicas e químicas.

A seleção das matérias-primas analisadas nesta presente tese se deu em virtude da ampla utilização da fibra de algodão, em nível mundial, e do crescimento da utilização de fibras sintéticas, como a poliamida e o poliéster (PET), sendo essas três as fibras mais utilizadas atualmente no Brasil (COSTA; ROCHA, 2009).

Deste modo, foram determinados, através do *SolidWorks® Sustainability*, os impactos ambientais das matérias-primas de fibras poliamida 6 (PA) e do poliéster (PET), fibras sintéticas manufaturadas. Já os dados referentes aos impactos da fibra de algodão são mais generalistas e foram retirados de fontes da literatura, uma vez que as fibras naturais possuem limitações quanto a uma análise mais precisa de seus impactos ao meio ambiente. Os dados retirados da literatura referem-se, em alguns casos, não apenas à matéria-prima bruta, mas também ao fio de algodão ou mesmo ao artigo já confeccionado, exemplificado, comumente, pela camiseta básica (*T-Shirt*).

Observa-se que as fibras naturais são cultivadas e processadas – diferentemente do que ocorre com as fibras sintéticas, de modos distintos nos países produtores. Para exemplificar, *World Wide Fund For Nature* (2003) aponta que 73% da produção mundial de algodão provém de culturas irrigadas em regiões como China, parte dos Estados Unidos, norte da Índia, Paquistão, Uzbequistão, Turquia e Egito, com consumo de água que varia de 7.000 a 29.000 litros por kg de fibra produzida – sendo a média mundial de 10.000 litros. Dentre os 7 maiores produtores mundiais de algodão, o Brasil, com pequenas exceções incipientes, é o único que não utiliza irrigação. Deste modo, torna-se complexa

a análise sobre os impactos ambientais das fibras naturais, como o algodão, posto as especificidades de produção de cada local.

Arduin (2013) pontua que a produção das fibras de algodão resulta na geração de coprodutos agrícolas, sendo necessário aplicar um procedimento de alocação a fim de dividir os potenciais impactos apenas nesta etapa de produção agrícola. Além disso, é comum a utilização de fertilizantes e pesticidas na produção das fibras naturais (TURLEY et al., 2009; MORITA, MAIA, RAVAGNANI, 2012; DÄHLLOF, 2004), situação que não ocorre com as fibras sintéticas, dificultando as delimitações de uma análise de impacto ambiental através dos estudos de ACV.

Para a produção de 1 Kg das matérias-primas constituintes das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET), foram analisados cinco quesitos através dos dados obtidos pelo *SolidWorks® Sustainability*:

- i) **Pegada de carbono:** o dióxido de carbono e outros gases que resultam da queima de combustíveis fósseis acumulam na atmosfera, o que aumenta a temperatura média. A "pegada de carbono" é um indicador do impacto mais amplo denominado Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential - GWP*). O aquecimento global é considerado o motivo de problemas como a redução das geleiras, a extinção de espécies e agravamento de problemas climáticos, entre outros;
- ii) **Energia total consumida:** Uma medida dos recursos energéticos não renováveis associados ao ciclo de vida da peça, em megajoules (MJ). Inclui não somente a eletricidade e os combustíveis usados durante o ciclo de vida do produto, mas também a energia necessária para obter e processar esses combustíveis e a energia incorporada dos materiais que é liberada na queima. É expressa como o valor calorífico líquido da demanda de energia obtida por fontes não renováveis (petróleo, gás natural etc.). É considerada a eficiência na conversão de energias (eletricidade, calor, vapor, entre outros);

- iii) **Acidificação do ar:** Emissões ácidas, como dióxido de enxofre e óxido nítrico causam o aumento da acidez da água da chuva que, por sua vez, acidifica o solo e os lagos. Esses ácidos podem tornar o solo e a água tóxicos para a flora e fauna aquática. A chuva ácida pode também dissolver lentamente materiais construídos pelo homem, como concreto. Esse impacto é geralmente medido em unidades de kg equivalente de dióxido de enxofre (SO₂), ou em mol equivalente de H⁺;
- iv) **Eutrofização da água:** a eutrofização ocorre quando são adicionados nutrientes em excesso a um ecossistema aquático. O nitrogênio e o fósforo de águas residuais e de fertilizantes usados na agricultura causam uma abundância de algas, que então esgotam o oxigênio da água, resultando na morte de plantas e animais. Tipicamente, este impacto é medido em kg fosfato equivalente (PO₄) ou nitrogênio (N) equivalente;
- v) **Impacto financeiro do material:** a massa do modelo é multiplicada pela unidade do impacto financeiro (unidades de massa x unidades monetárias).

Os dados obtidos pelo *SolidWorks® Sustainability* são apresentados na **Tabela 21 e Figura 43**.

Tabela 21 – Comparação entre os impactos ambientais para a produção de 1 kg das matérias-primas constituintes das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET) determinados através do *SolidWorks® Sustainability*.

	Pegada de Carbono (KgCO₂eq)	Energia total consumida (MJ)	Acidificação do ar (KgSO₂eq)	Eutrofização da água (KgPO₄eq)	Impacto financeiro do material (US\$ - 2015)
PA	140	2.300	0,208	0,036	58,50
PET	46	1.000	0,089	0,012	26,50

Figura 43 – Representação gráfica da comparação entre os impactos ambientais para a produção de 1 Kg das matérias-primas constituintes das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET) determinados através do *SolidWorks® Sustainability*. Valores de: CO₂ (10³.KgCO₂eq) (vermelho); energia consumida (10⁵.MJ) (amarelo); acidificação do ar (KgSO₂eq) (roxo); eutrofização da água (KgPO₄eq) (verde); custo de produção em 2015 (10³.US\$) (azul)

Em relação à energia total consumida durante os processos de obtenção de 1 Kg das matérias-primas constituintes das fibras de poliamida 6 (PA) e poliéster (PET), a poliamida 6 (PA) consome 2.300 MJ e o poliéster (PET) 1.000 MJ. Em relação à pegada de carbono, a poliamida 6 produz 140 kg CO₂eq e o poliéster 46 kg CO₂eq, valor aproximadamente 67% menor, mostrando que a sintetização da matéria-prima da fibra de poliamida 6 emite mais gases de efeito estufa (GEE) que a da fibra de poliéster. De maneira análoga, os valores relacionados à acidificação do ar, eutrofização da água e impacto financeiro são maiores para a poliamida 6 do que para o poliéster.

Notadamente, o custo de produção de 1 Kg da fibra de poliamida 6 custa (em valores de 2015), aproximadamente, US\$ 58,50, enquanto que a produção da mesma quantidade de poliéster (PET) custa US\$ 26,50, ou seja, aproximadamente 55% mais barato.

No entanto, cabe ressaltar que a poliamida usualmente é empregada na indústria têxtil para produção de peças de vestuário de maior valor do que as confeccionadas a partir do poliéster. Isso se deve às melhores propriedades de conforto proporcionadas pela poliamida em relação ao poliéster, notadamente o toque mais agradável e pelos valores específicos de *regain* (recuperação

porcentual de umidade em relação ao peso seco), sendo este 4% para a poliamida e somente 1,5% para o poliéster (KASWELL, 1963; MALUF; KOLBE, 2003).

A comparação quantitativa direta desses dados obtidos pelo *SolidWorks® Sustainability* (apresentados na **Tabela 21** e **Figura 43**) com os de outros programas ou de entidades que trabalhem com ACV pode ser considerada bastante questionável, já que as bases de cálculo, bem como os resultados finais, podem variar muito. No entanto, o estudo de Turley et al. (2009) não quantifica os dados sobre os impactos ambientais, mas mensurou qualitativamente os impactos ambientais causados pelas principais fibras têxteis na etapa de obtenção/produção delas (**Tabela 22**). Esses autores qualificam o consumo de energia envolvido no processo de produção da fibra de algodão como “significativo” e os processos de produção de ambas as fibras sintéticas como “muito significativo”, demonstrando que o algodão tem o consumo de energia relativamente menor em seu processo de produção se comparado às outras fibras. Esses dados corroboram o estudo de Kalliala e Nousiainen (1999), que avaliou o consumo energético na fase de produção das fibras de poliéster e de algodão. Nele, foi concluído que a primeira consome cerca de 40% mais energia na fase de produção que a segunda.

Tabela 22 - Impactos ambientais associados às fibras têxteis

Fibras		Algodão	Linho, outras fibras vegetais	Lã, outras fibras animais	Viscose, Acetato, Modal	Poliéster	Poliamida	Acrílica
Impactos ambientais								
OBTENÇÃO E/OU PRODUÇÃO DAS FIBRAS	Consumo de água	++	+	+	++	-	++	+
	Consumo de energia	+	-	-	+	++	++	++
	Fertilizantes Pesticidas	++	+	++	-	-	-	-
	Águas	-	++	++	++	-	-	-
	Emissões atmosféricas	-	-	-	++	++	++	++

++ Impacto muito significativo; + Impacto significativo; - Impacto pouco significativo

Fonte: (Adaptado de Turley et al., 2009)

O cultivo de algodão também é responsável pela emissão de GEE, principalmente de N_2O (óxido nitroso) e CH_4 (gás metano), os quais têm um potencial de aquecimento 310 e 21 vezes superior ao CO_2 , respectivamente, além do CO_2 . Em menor escala também são emitidos poluentes como o CO, NH_3 , NO_x , SO_2 , entre outros. A aplicação de fertilizantes azotados (aqueles que contém nitrogênio em sua composição), a queima de resíduos de cultura e a utilização de máquinas nas operações e transporte (como por exemplo, tratores, equipamentos de irrigação, máquinas para colheita e caminhões) são responsáveis pela emissão destes gases (UNFCCC, 2015).

De acordo com um estudo australiano, a necessidade de energia elétrica para o processo de obtenção da fibra de algodão varia entre 46,5 e 58,55 kWh por fardo (ISMAIL et al., 2011), valores que se encontram no intervalo 40-60 kWh/fardo proposto por Anthony e Mayfield (1994). Assume-se que o peso dos fardos varia de país para país e, para efeitos estatísticos, toma-se 217 kg como a média de seu peso (MARTINS, 2014).

Turley et al. (2009) concluiu que as emissões atmosféricas da produção da fibra de algodão são tidas como “pouco significativas” segundo as conclusões de seu estudo e “muito significativas” em relação às fibras de poliamida e PET (**Tabela 22**).

Com relação a dados quantitativos de impacto ambientais para a produção da fibra de algodão na Índia, o estudo conduzido por Steinberger et al. (2009) proporciona os dados mostrados na **Tabela 23**.

Tabela 23 – Energia primária não renovável e emissões de CO_2 , NO_x , particulados totais e SO_2 para a produção de 1 Kg de fibra de algodão produzida na Índia

Energia Primária (MJ)	CO_2 (Kg)	Incerteza	NO_x (Kg)	PMs (Kg)	SO_2 (Kg)	Incerteza
113,2	7,28	30%	0,068	0,021	0,039	50%

Fonte: (Adaptado de Steinberger et al., 2009)

Steinberger et al. (2009) também concluiu que, no que tange a fase de produção, o algodão possui a menor porcentagem de consumo de energia e correspondentes emissões, que o poliéster. Observa-se, deste modo, que o maior consumo de energia no caso do algodão refere-se à manutenção do artigo confeccionado enquanto que no caso do poliéster está relacionado com as fases de produção do material têxtil. Contudo, Vasconcelos et al. (2012) ponderam que, apesar do consumo de energia para obtenção da fibra de algodão seja menor que para a obtenção da fibra de poliéster, essa vantagem se perde na manutenção do artigo ao longo de sua vida.

De acordo com o estudo de Althaus et al. (2007), com resultados parcialmente reproduzidos por Shen, Worrell e Patel (2010), tem-se os dados quantitativos para a produção da fibra de algodão na China apresentados na **Tabela 24**. Os parâmetros levados em conta para a avaliação de Althaus et al. (2007) foram: i) procedimento de amostragem referente a dados de literatura; ii) produção mundial de 26,2 Mt no ano de 2005; iii) o inventário realizado se refere a 1 kg de fibras secas (correspondente a 1,77 kg de sementes) da produção chinesa padrão.

Tabela 24 – Energia primária não renovável e emissões de CO₂, NO_x, particulados totais e SO₂ para a produção de 1 kg de fibra de algodão produzida na China

Energia (MJ)	KgCO ₂ eq	NO _x (Kg)	PO _x (Kg)
51,4	4,57	7,3.10 ⁻³	6.0.10 ⁻⁴

Fonte: (Adaptado de Althaus et al., 2007)

Nota-se que os valores apresentados por Althaus et al. (2007) para gasto de energia e emissão de CO₂ para produção de 1 Kg de fibra de algodão, possuem a mesma ordem de grandeza dos dados apresentados por Steinberger et al. (2009), ainda que sendo quase metade do valor. O mesmo não ocorre para os valores de NO_x, sendo os valores de Althaus et al. (2007) dez vezes menores do que os de Steinberger et al. (2009). Isso exemplifica que a comparação quantitativa direta de dados obtidos por softwares ou de entidades que trabalhem

com ACV pode ser considerada bastante questionável, já que as bases de cálculo, bem como os resultados finais, podem variar muito.

Já as análises de Grace (2009a; 2009b) visaram comparar os impactos ambientais associados à produção e utilização de uma camiseta de algodão e outra de poliéster na Austrália. Esse estudo considerou como sistema de produto o cultivo do algodão e a sintetização da fibra de poliéster, produção dos fios, tecidos, confecção das camisetas e fase de uso – 75 ciclos de lavagem, secagem em tambor, e passadoria. A emissão dos gases de efeito estufa (GEE) foi convertida em CO₂eq, resultando nos índices de emissão na produção em torno de 6kg CO₂eq para a camiseta de algodão e de 7,8kg CO₂eq para camiseta de poliéster. Observa-se que, delimitada a análise apenas à fase de produção, o algodão é menos impactante ao meio ambiente que a fibra de PET, gerando, aproximadamente, 23% menos CO₂eq.

Já os estudos de Morita, Maia e Ravagnani (2012) visaram avaliar os impactos associados à obtenção da fibra de algodão especificamente no Brasil através de dados obtidos junto à Embrapa – Empresa Brasileira Pública de Pesquisa Agropecuária. Através da metodologia Eco-indicator 99, a mesma utilizada no estudo de Santos e Fernandes (2012), observou-se que o impacto associado às mudanças climáticas e acidificação do ar deve-se a utilização de combustíveis fósseis nas máquinas agrícolas.

Turley et al. (2009) enfatiza que o consumo de água, de fertilizantes e de pesticidas como “muito significativo” no caso do algodão, como aponta também o estudo de *World Wide Fund For Nature* (2003). De acordo com Laursen et al. (1997), são necessários 0-560 g de fertilizantes por kg de fibras de algodão, 0,01-0,83 g/kg ou 0,02-11,90 ml/kg de inseticidas, 0,96-1,45 g/kg ou 0,32-13,33 ml/kg de herbicidas e 0,007-0,830 g/kg de outros químicos para controlar doenças.

Morita, Maia e Ravagnani (2012) pontuam também os impactos da eutrofização da água por conta do alto consumo de fertilizantes no plantio do algodão, bem como Santos e Fernandes (2012). Já *Levi Strauss & Co.* (2009) visou avaliar 3 cenários distintos do cultivo e produção de algodão nos Estados Unidos. Quanto ao consumo de água, a etapa de cultivo do algodão é responsável pelo maior consumo em relação à toda vida útil da fibra, cerca de

50%, seguida pela etapa de manutenção com 45%. O estudo de Dähllof (2004), realizado na Suécia, visou avaliar os impactos de tecidos de diferentes composições (100% algodão, 75% lã e 15% poliamida, e 100% poliéster com acabamento retardante à chama) para aplicação em um sofá. A conclusão foi de que o tecido de algodão apresentou maior impacto relacionado à ecotoxicidade aquática, sendo em grande parte decorrente da irrigação do cultivo e o uso de fertilizantes e pesticidas. A fim de combater pestes e doenças, os produtores de algodão aplicam inseticidas, fungicidas e herbicidas, que juntamente a produtos para tratamento das sementes, reguladores de crescimento, maturadores e outros podem totalizar em mais de cinquenta produtos aplicados por safra, com alto potencial de ecotoxicidade e toxicidade humana (DONKE et al., 2013; ARDUIN, 2013).

Embora as fibras sintéticas não utilizem fertilizantes e pesticidas para sua produção, os impactos da poliamida 6 e do PET são também qualificados como “muito significativo” por Turley et al. (2009) em relação ao consumo de água. O estudo de Vasconcelos et al. (2012), mostrou que, no que diz respeito ao consumo de água – e não propriamente à eutrofização, uma camiseta de poliamida apresenta maior impacto ambiental que a camiseta de algodão na etapa de obtenção da fibra. Deste modo, através dos dados obtidos, é possível inferir que as 3 matérias-primas analisadas impactam de forma significativa o meio ambiente por conta do alto consumo de água em seus processos e por conta da utilização de fertilizantes e pesticidas no caso das fibras naturais, como é o caso do algodão.

Deste modo, conclui-se que, dentro dos parâmetros estabelecidos para a análise através *SolidWorks® Sustainability*, a produção da poliamida 6 tem maior impacto ambiental que o poliéster (PET), sendo a última a matéria-prima têxtil sintética mais comumente reciclada dentro do setor. Essa conclusão também é corroborada pelos resultados do estudo de Gasi et al. (2014), mostrando que o potencial de impacto ambiental da poliamida 6, comparativamente ao poliéster, é: 3,6 vezes maior em relação à pegada de carbono; consome 2,4 vezes mais energia; emite 2,4 vezes mais elementos ácidos e 2,8 vezes mais elementos que causam a eutrofização da água.

Além disso, segundo Fourné (1999), são necessárias 1,6 toneladas de nafta para produzir uma tonelada de poliéster (PET) e 2,7 toneladas de nafta para produzir uma tonelada de poliamida 6, o que representa um consumo de matéria-prima 1,7 vezes maior da poliamida 6 em relação ao poliéster (PET).

Em relação à reciclagem, o *SolidWorks® Sustainability* estima que são reciclados 10% de toda poliamida 6 que é produzida. Já a reciclagem do poliéster (PET) teria 70% de sua produção reciclada após o consumo. Em relação ao algodão, o estudo de Muthu et al. (2012), que utilizou resultados dos estudos de ACV de algumas fibras têxteis disponíveis em literatura para cálculo de índice de sustentabilidade ecológica, analisou, dentre vários fatores, a reciclabilidade e biodegradabilidade de várias fibras e concluiu que o algodão orgânico obteve o melhor índice de sustentabilidade, seguido do linho, do algodão convencional e da viscose.

No que diz respeito à disposição final dos resíduos têxteis no final do ciclo de vida, observa-se que a reciclagem cresceu consideravelmente nos últimos anos como mecanismo alternativo à disposição em aterros de materiais que poderiam ser aproveitados dentro ou fora do processo produtivo (DOMINA; KOCH, 1997). O estudo de Marks & Spencer (2002) aponta que a reciclagem de têxteis é vista como uma alternativa vantajosa na redução do consumo de energia comparativamente no que tange a produção do algodão e do poliéster.

Segundo *Made-By* (2015), a maioria das fibras utilizadas na indústria têxtil estão associadas elevados impactos ambientais, tornando necessária alterar o tipo de matérias-primas utilizadas, passando, por exemplo, para o algodão reciclado, poliamida reciclada mecanicamente, poliéster reciclado mecanicamente, entre outras (**Tabela 25**).

Tabela 25 – Índice de referência das fibras têxteis em relação aos impactos ambientais

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Não- Classificada
<ul style="list-style-type: none"> - Poliamida reciclada mecanicamente - Poliéster reciclado mecanicamente - Linho orgânico - Cânhamo orgânico - Algodão reciclado - Lã reciclada 	<ul style="list-style-type: none"> - Poliamida reciclada mecanicamente - Poliéster reciclado mecanicamente - Monocel® (Liocel de bambu) - Algodão orgânico - Tencel® (Liocel) 	<ul style="list-style-type: none"> - Linho convencional - Cânhamo convencional - PLA (Ácido Poliláctico) - Rami 	<ul style="list-style-type: none"> - Modal® (Viscose) - Poli-acrílico - Poliéster virgem 	<ul style="list-style-type: none"> - Viscose de bambu - Algodão convencional - Viscose genérica - Elastano - Poliamida virgem - Lã - Rayon-viscose 	<ul style="list-style-type: none"> - Acetato - Lã de alpaca - Lã de Cashmere - Couro - Lã de mohair - Bambu natural - Lã orgânica - Seda
Mais sustentáveis.....Menos sustentáveis					

Fonte: (Adaptado de MABE-BY, 2015)

Especificamente sobre o algodão, trata-se de uma fibra que possui o maior impacto relacionado à saúde humana e à qualidade do ecossistema e dos recursos naturais. Deste modo, alternativas para reutilização de fibras de algodão e seu reprocessamento (reciclagem) seria uma maneira de reduzir os impactos gerados no plantio, pois eliminaria esta fase do processo (SANTOS; FERNANDES, 2012).

6.9. Considerações finais

O rápido desenvolvimento tecnológico e a demanda por novas tecnologias, com redução do Ciclo de Vida dos artigos têxteis, têm contribuído para o aumento do descarte, principalmente na indústria da moda – que se fundamenta na efêmera sazonalidade de seus produtos.

O Brasil configura-se como um importante produtor mundial de têxteis, a exemplo da fibra de algodão – a mais consumida no país, e de artigos do vestuário, sendo esse segmento um importante empregador e gerador de renda para a população. Deste modo, considerando a importância histórica e econômica da indústria têxtil nacional, bem como os impactos que ela causa ao meio ambiente através do descarte indiscriminado de aparas têxteis oriundas dos resíduos dos cortes dos enfeitos dos tecidos, houve a necessidade do SINDITÊXTIL-SP, juntamente com outros órgãos e instituições, estabelecer – primeiramente no bairro do Bom Retiro, notório polo de moda popular da capital paulistana, um plano de gerenciamento no que tange o descarte e a destinação dos resíduos têxteis advindos das confecções da região, algo em torno de 16 toneladas por dia segundo a LOGA, empresa que recolhe os resíduos sólidos em parte da cidade de São Paulo.

Assim, à luz da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o referido plano de gerenciamento inova ao tratar de um tipo de resíduo sólido pouco tratado em nível nacional, bem como visa capacitar trabalhadores que já atuam no comércio de materiais recicláveis e visa também a preservação ambiental da região do Bom Retiro, garantindo que o material descartado pelas confecções vá para os galpões de triagem e separação.

Contudo, a falta de dados sobre a geração e descarte de resíduos têxteis de origem industrial ou pós-consumo doméstico dificulta o melhoramento de seu gerenciamento ambientalmente correto. O acesso às informações sobre a reciclagem têxtil também é bastante restrito, não sendo comum encontrá-las em artigos científicos, livros, apostilas, manuais ou *sites* da internet, sendo necessário entrevistar profissionais da área e realizar visitas técnicas em indústrias do setor para obter dados e informações mais aprofundadas.

A reciclagem mecânica de têxteis tem sido a principal atividade para o reprocessamento dos descartes, uma vez que muitas das tecnologias para a reciclagem química estão ainda em fase experimental ou não são difundidas amplamente por questões de sigilo industrial. Ressalva-se que o ideal seria o desenvolvimento de um circuito fechado de reciclagem têxtil (Logística Reversa) dentro das indústrias do setor, melhorando a destinação e o reprocessamento dos resíduos.

Observa-se que existem diferentes tecnologias para cada tipo de tecido – natural ou sintético, bem como as tecnologias se diferem conforme a indústria que as desenvolveu e as patenteou. Observa-se ainda que o campo da reciclagem têxtil, além de ser relativamente recente, é estratégico para as indústrias no que cerne a competitividade, uma vez que o reprocessamento de matérias-primas descartadas, bastante abundante, diminui os custos processuais na manufatura de novos produtos – que podem ser da própria indústria têxtil ou ainda de outros segmentos, uma vez que o material fibroso possui grande potencial de aplicabilidade.

Um ponto interessante observado no desenvolvimento do presente estudo refere-se ao “pó” produzido pelos processos de reciclagem têxtil, ou seja, o resíduo do processamento mecânico de reciclagem. Este configura-se como um problema produtivo, uma vez que não há seu aproveitamento para nenhuma finalidade e ainda gera custos para sua eliminação através da incineração. Observa-se que poderia haver, por exemplo, uma parceria entre empresas de reciclagem têxtil e centros de ensino e pesquisa, trabalhando juntos numa solução mais sustentável para este resíduo. Uma sugestão é a de inserir o “pó” como reforço em compósitos de matriz polimérica para uso decorativo (utilitários domésticos ou ainda pisos e revestimentos) ou como reforço em compósitos de matriz cimentícia para uso na construção civil. Contudo, são apenas sugestões de possibilidades e pesquisas futuras.

Adicionalmente, a presente tese também alerta sobre os possíveis contaminantes existentes nos tecidos, muitos dos quais oriundos de países asiáticos, grandes produtores e exportadores mundiais do segmento têxtil. Os artigos têxteis podem representar um perigo real à saúde dos indivíduos e ao

meio ambiente depois de serem descartados e dispostos em aterros sanitários por conter elementos químicos nocivos utilizados, principalmente, como corantes ou ainda mordentes para uma melhor fixação dos corantes e pigmentos nas fibras.

Observa-se também que, embora a atividade da reciclagem têxtil seja uma contribuição positiva para a destinação dos resíduos advindos das indústrias, confecções ou mesmo do descarte doméstico de roupas, ainda não existe um controle sobre a segurança química e biológica, inerente à saúde humana e animal, em relação à esterilização desses resíduos que são reprocessados e reinseridos na cadeia produtiva.

Enfatiza-se também que análises mais profundas e criteriosas podem ser realizadas futuramente em relação aos têxteis produzidos no país e os importados, a fim de traçar um comparativo e analisar minuciosamente a dimensão desta problemática.

Além disso, sabe-se, através de dados obtidos com a utilização do software *SolidWorks® Sustainability*, que a maioria das fibras utilizadas na indústria têxtil estão associadas elevados impactos ambientais, tornando necessário alternar o tipo de matéria-prima virgem utilizada corriqueiramente e passando a incentivar o uso de materiais reciclados, como a poliamida, o poliéster, o algodão, entre outras – apesar da inexistência de Leis Federais, Estaduais ou Municipais específicas que fomentem tal situação.

7. CONCLUSÕES

A falta de dados sobre a geração e descarte de resíduos têxteis de origem industrial, confeccionista ou pós-consumo doméstico dificulta o seu gerenciamento ambientalmente correto. O acesso às informações sobre as tecnologias de reuso e, principalmente, de reciclagem têxtil é bastante restrito, não sendo comum encontrá-las em artigos científicos, livros, apostilas, manuais ou sites da internet. Deste modo, foi necessário entrevistar profissionais da área, a exemplo da reunião com o Sr. Cardoso – representante da Laroche no Brasil, e realizar visitas técnicas em indústrias do setor para obter dados e informações mais aprofundadas sobre custos, linhas de produção, volumes de descarte, entre outras questões relacionadas ao processamento do material.

Através da visita técnica à empresa Retalhar, concluiu-se que o reuso de têxteis por ONG's para a produção de artesanato traz benefícios econômicos e ambientais, gerando renda e trabalho a muitos indivíduos ligados à atividade, bem como diminui o volume de descartes têxteis em aterros sanitários. Contudo, tal prática não é suficiente devido ao volume significativo de descartes no Brasil, estimados em 175 mil toneladas ano, sendo estimados que mais de 90% sejam destinados a aterros sanitários ou "lixões". Tomando em conta somente a região metropolitana da cidade de São Paulo, são estimadas 50 toneladas ao dia de descarte têxtil, e, especificamente em duas de suas regiões, Bom Retiro e Brás, respectivamente 16 e 10 toneladas ao dia, majoritariamente compostas de descarte de aparas têxteis (aproximadamente 90% de matérias-primas sintéticas e 10% de naturais) oriundas de aparas de enfiados da atividade confeccionista.

Foi descrita a reciclagem mecânica de têxteis, ainda que em pequena proporção em relação ao volume total descartado, a qual tem sido a principal atividade para o reprocessamento dos descartes no Brasil, notadamente aqueles cujas matérias-primas sejam fibras naturais ou regeneradas, a exemplo da "Empresa X" visitada neste estudo.

A reciclagem mecânica e por fusão térmica do polímero foi observada e descrita para descartes têxteis de fibras sintéticas, notadamente poliamida, blendas de poliamida/elastano e polipropileno, a exemplo do Grupo Wolf.

As tecnologias para a reciclagem química no Brasil estão ainda em fase experimental ou não são difundidas amplamente por questões de sigilo industrial. No entanto, no presente estudo, são apresentadas no **ANEXO 2** duas patentes nacionais referentes a esse tipo de reciclagem.

Além disso, foi analisada manualmente uma amostra de aparas de tecidos cedida por uma das indústrias recicladoras a fim de constatar as problemáticas referentes ao processamento desse material, tais como: papéis *kraft* e de escritório, embalagens de alimentos, elementos metálicos (ilhoses, zíperes, botões, fios etc), elásticos, mistura de cores em um mesmo enfiado, mistura de diferentes composições de tecidos, entre outros.

Exceto pelas entrevistas e visitas realizadas neste estudo, não foram encontradas mais informações, seja em literatura científica ou em outras fontes, sobre a utilização, pelas indústrias, de outros tipos de reciclagem ou *mix* de tecnologias no Brasil.

Observa-se ainda que existem diferentes tecnologias para cada tipo de tecido – natural ou sintético, bem como as tecnologias se diferem conforme a indústria que as desenvolveu e as patenteou. O campo da reciclagem têxtil, além de ser relativamente recente no país, é estratégico para as indústrias no que concerne a competitividade, pois o reprocessamento de matérias-primas descartadas, bastante abundante, diminui os custos processuais na manufatura de novos produtos – que podem ser da própria indústria têxtil ou ainda de outros segmentos, posto que o material fibroso possui grande potencial de aplicabilidade.

Adicionalmente, a presente tese também alerta sobre os possíveis contaminantes existentes nos tecidos, muitos dos quais oriundos de países asiáticos – grandes produtores e exportadores mundiais do segmento têxtil. Os artigos têxteis que contenham elementos metálicos em altas concentrações, e outros elementos químicos e/ou biológicos, podem representar um perigo real à saúde dos indivíduos e ao meio ambiente depois de serem descartados e dispostos em aterros sanitários ou mesmo reciclados.

Conclui-se que, embora a atividade da reciclagem têxtil seja uma contribuição positiva para a destinação dos resíduos advindos das indústrias,

confeções ou mesmo do descarte doméstico de roupas, ainda não existem legislação, fiscalização e controle no Brasil sobre a segurança química e biológica de artigos têxteis, inerente à saúde humana e animal, nem tampouco em relação à esterilização desses resíduos que são reprocessados e reinseridos na cadeia produtiva sem qualquer controle ou prática de esterilização prévia. Enfatiza-se também que análises mais detalhadas podem ser realizadas futuramente em relação aos têxteis produzidos no país e os importados, a fim de traçar um comparativo e analisar minuciosamente a dimensão desta problemática.

Além disso, concluiu-se, através de dados obtidos com a utilização do software *SolidWorks® Sustainability* e dados de literatura, que as principais fibras têxteis utilizadas na indústria têxtil no Brasil (poliéster, poliamida e algodão) estão associadas elevados impactos ambientais, tornando necessário alternar o tipo de matéria-prima virgem utilizada corriqueiramente e passando a incentivar o uso de materiais reciclados a partir dessas fibras, entre outras – apesar da inexistência de Leis Federais, Estaduais ou Municipais específicas que fomentem tal situação. A produção da matéria-prima poliamida possui o maior impacto ambiental nos cinco quesitos analisados: emissão de CO₂ (140 KgCO₂eq), gasto energético na sua produção (2.300 MJ), acidificação do ar (0,208 KgSO₂eq), eutrofização da água (0,036 KgPO₄eq) e custo financeiro (US\$ 58,50 em 2015) se comparado à produção da matéria-prima do poliéster (respectivamente, 46 KgCO₂eq, 1.000 MJ, 0,089 KgSO₂eq, 0,012 KgPO₄eq e US\$ 26,50 em 2015). O algodão, por sua vez, é a fibra com maior impacto relacionado à saúde humana e à qualidade do ecossistema e dos recursos naturais por utilizar fertilizantes, inseticidas, herbicidas e outros químicos para controle de doenças em sua produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **São Paulo regulamenta Política Estadual de Resíduos Sólidos**. Disponível em <http://www.abal.org.br/noticias/lista_noticia.asp?id=613>. Acesso em 23 fev. 2012.

ABAD, E. et al. Dioxin mass balance in a municipal waste incinerator. **Chemosphere**, v. 40, p. 1143-1147, 2000.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Guia Têxtil 2011**. Disponível em <http://www.guiatextil.com/site/noticias/industria/abit_esclarece_principais_duvidas_das_normas_de_vestibilidade> Acesso em 08 set. 2011.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **ABIT participa de projeto de Formação e Inclusão Social**. Disponível em <<http://www.abtt.org.br/boletim/boletim12/abit3.htm>>. Acesso em 09 jan. 2012a.

ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Dados Gerais do Setor atualizados em 2010, referentes ao ano de 2009**. Disponível em: <http://www.abit.org.br/site/navegacao.asp?id_menu=1&id_sub=4&idioma=PT> . Acesso em 03 Mar. 2012b.

ABRAMOVAY et al. **Gestão de Resíduos Sólidos para uma Sociedade Próspera**. Instituto Ethos. Disponível em <http://www3.ethos.org.br/wp-content/uploads/2013/07/Gest%C3%A3o-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-para-uma-sociedade-pr%C3%B3spera_Resumo_Rev.pdf>. Acesso em 29 nov. 2014.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, Ano de 2010**. Publicado em 2011. 199 p.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, Ano de 2011**. Publicado em 2012. 184 p.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, Ano de 2013**. Publicado em 2014. 112 p.

ACV – AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA. **Normalização – Série ISO**. Disponível em <<http://acv.ibict.br/normas>> Acesso em 03 dez. 2014.

ADB – ASIAN DEVELOPMENT BANK. **Asian Development Outlook 2006**. Asian Development Bank, Hong Kong, 2006. Disponível em <<http://www.adb.org/Documents/Books/ADO/2006/default.asp>>. Acesso em 09 jan. 2015.

ADEME - AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE. **An Environmental Product Declaration of Jeans**. What to do to reduce the environmental impacts of one's pair of jeans. Angers: ADEME, 2006. 8 p.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, 1990. 339 p.

ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F. **Ecologia Industrial – Conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 2009. 109 p.

ALTHAUS, HJ, DINKEL, F., STETTLER, C., WERNER, F. Life Cycle Inventories of Renewable Materials, **Ecoinvent final report no. 21**. Swiss Centre for Life Cycle Inventories; Duebendorf, Switzerland; 2007.

ALVES, S. M.; OLIVEIRA, J. F. G. de. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. **Produção (São Paulo. Impresso)**, v. 17, p. 129-138, 2007.

ALWOOD, J. et al. **Well dressed? The present and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom**. London: University of Cambridge Institute for Manufacturing, 2006.

AMARAL, M.; EQUIPE TÉCNICA MK QUÍMICA DO BRASIL LTDA. A indústria têxtil sustentável: aliando cuidados com o planeta, as pessoas e o lucro. **Química Têxtil**, n. 110, p. 4-11, 2013.

ANGELOVA, et al. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). **Industrial Crops and Products**, v. 19, p. 197–205, 2004.

ANSARI, A. A.; THAKUR, B. D. Red Listed dyes and chemicals used in textiles: health hazards, international norms and possible remedies. **Colourage**, v. 46, n. 11, p. 21-32, 1999.

ANTHONY, W. S.; MAYFIELD, W. D. **Energy Utilization and Conservation in Cotton Gins**. Cotton Ginners Handbook. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 1994.

ARDUIN, R. H. PACCA; S. A. **O Estado da Arte da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida no Setor Têxtil e do Vestuário**. In: Anais do 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida em Produtos e Serviços, UFSC, Florianópolis/SC, 24 a 26 nov. de 2010. Disponível em <http://orbit.dtu.dk/ws/files/58225084/acv_2010.pdf>. Acesso em 09 jan. 2015.

ARDUIN, R. H. **Avaliação do Ciclo de Vida de produtos têxteis: implicações de alocação**. 2013. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2013.

ASPLAND, J. R. A Series on Dyeing Chapter 15: Color, Color Measurement and Control. **Journal of the American Association of Textile Chemists and Colourists**, v. 25, n. 11, p. 34-42, 1993.

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ementa Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes**. Disponível em <<http://www.al.sp.gov.br/legislacao/norma.do?id=61778>>. Acesso em 27 jan. 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 1350 - Normas para elaboração de plano diretor**. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 – resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro: 2004. 77p.

ASSUNÇÃO, J. V. **Plano de Ação para Redução Progressiva das Liberações de Poluentes Orgânicos Persistentes de Formação Não-Intencional, Provenientes de Fontes Antropogênicas**. Documento elaborado para o Ministério do Meio Ambiente, supervisionado pela Diretoria de Qualidade Ambiental e Coordenado pela Gerência de Segurança Química, sob contrato com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA/UNEP). São Paulo, 2014. 135 p.

AUDACES – A TECNOLOGIA DA MODA. **Tipos de Encaixe: Como Aproveitar Melhor o Tecido?** Disponível em <<http://www.audaces.com.br/Producao/Falando-de-Producao/2014/12/17/tipos-de-encaixe-como-aproveitar-melhor-o-tecido>>. Acesso em 21 jan. 2015a.

AUDACES – A TECNOLOGIA DA MODA. **Garanta mais simplicidade na resolução das ordens de corte com Neoplan**. Disponível em <<https://robmaqmoda.wordpress.com/category/uncategorized/page/6/>>. Acesso em 26 jan. 2015a.

BANCO DE DADOS FOLHA. **História dos bairros paulistanos – Bom Retiro**. Disponível em <http://almanaque.folha.uol.com.br/bairros_bom_retiro.htm> Acesso em 11 de nov. 2014.

BANCOS SOCIAIS – FUNDAÇÃO GAÚCHA DOS BANCOS SOCIAIS. **Fundação Gaúcha de Bancos Sociais é lançada pela FIERGS**. Disponível em <<http://www.bancossociais.org.br/Hotsite/43/Banco-de-Organos-e-Transplantes/pt/Pagina/54/Fundacao-Gaucha-de-Bancos-Sociais-e-lancada-pela-FIERGS>>. Acesso em 30 nov. 2014.

BARCLAY, S.; BUCKLEY, C. **Waste Minimization Guide for the Textile Industry. A Step Towards Cleaner Production**, v. 1. South Africa: University of Natal Durban, 2000.

BASRA, A. S.; MALIK, C. P. Development of the Cotton Fiber. **International Review of Cytology**, v. 89, p. 65-113.1984.

BIRTWISTLE, G.; MOORE, C. M. Fashion clothing-where does it all end up?. **International Journal of Retail & Distribution Management**, v. 35, n. 3, p. 210-216, 2007.

BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. **Gestão Ambiental**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. p. 499-508.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 05 de Julho de 2014.

BRASIL FASHION NEWS. **Design brasileiro**. Disponível em <http://brasilmfashionnews.blogspot.com.br/2010/12/jornal-online-brasil-fashion-news-de-09.html>. Acesso em 30 nov. 2014.

BROEGA, C.; CARVALHO, Cr.; MORAES, C. 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 - CIPED**, Lisboa (Portugal), 10-12 out. 2011.

BRUSHWOOD, Donald E.; PERKINS, Henry H. Determining the metal content of cotton. **Textile Chemist and Colorist**, v. 26, p. 32-32, 1994.

BRUSHWOOD, D. E. Metals in domestic and non domestic cotton and their frictional properties. **Am. Assoc. Textile Chem. Color**, v. 5, p. 20-24, 2002.

BSI – BRITISH STANDARDS 2011. **PAS 2050:2011 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.** DEFRA, United Kingdom. Disponível em <http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/>. Acesso em 09 jan. 2015.

BUSH, V. **Science, The Endless Frontier: A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research** (reimpressão de 1945). Washington, DC: National Science Foundation, 1990.

BYOUNGHO, J. Achieving an optimal global versus domestic sourcing balance under demand uncertainty. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 24, n. 12, p. 1292–1305, 2004.

CAMARA DI COMMERCIO PRATO. **Cardato Regenerated CO₂ Neutral**. Disponível em file:///C:/Users/W/Downloads/Prato_Chamber_of_Commerce_project_description.pdf. Acesso em 23 dez. 2014.

CARDOSO, J. C. H. B. Entrevista realizada na sede da ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (São Paulo/SP), 2014.

CARVALHO, R. F. **Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira**. 2005. 119 p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2005.

CASTRO, A. B.C.; AMATO-NETO, J. **Inovação na Indústria da Moda: As Contribuições da Teoria Marxistas ao Universo da Moda**. In: Anais do XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru/SP, 05 a 07 de Setembro de 2012.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual para implementação de um programa de prevenção à poluição** (Relatórios ambientais). 4.ed. São Paulo, 2002. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/manual_implem.pdf>. Acesso em 09 jan. 2015.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos. 2013**. São Paulo: CETESB, 2014. 118 p. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/residuos-solidos/residuosSolidos2013.pdf>>. Acesso em 09 jan. 2015.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Licenciamento**. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/licenciamento-ambiental/1-pagina-inicial>>. Acesso em 27 jan. 2015.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida dos produtos – ferramenta gerencial da ISO 14.000**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1998.

CIDADE DE SÃO PAULO. **Dados da cidade de São Paulo**. Disponível em <<http://www.cidadedesao Paulo.com/sp/br/sao-paulo-em-numeros>>. Acesso em 22 jan. 2015.

CITTERIO, S. et al. Heavy Metal Tolerance and Accumulation of Cd, Cr and Ni by *Cannabis sativa* L. **Plant and Soil**, v. 256, n. 2, p. 243-252, 2003.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS e ABIT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA IND. TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Têxtil e confecção: Inovar, desenvolver e sustentar (Cadernos setoriais Rio+20)**. CNI e ABIT. Brasília, 2012. 74 p.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. UNIDADE DE ASSUNTOS LEGISLATIVOS. **Agenda legislativa da indústria – 2014**. Brasília: CNI, 2014a. 240 p.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Perfil da indústria nos estados 2014 – Ed. revisada**. Brasília: CNI, 2014b. 214 p.

CLARK, M. **Dyeing for a Living - A History of the American Association of Textile Chemists and Colorists: 1921–1996**. North Carolina: American Association of Textile Chemists And Colorists, 2001. 438 p.

CMG – GRANULATORS AND SHREDDERS. **Fiber and textile recovery**. Disponível em <<http://www.cmg-america.com/fiber-textile-recovery>>. Acesso em 23 dez. 2014.

COOPA-ROCA. **Quem somos**. Disponível em <http://www.coopa-roca.rj.gov.br/quem_somos.asp> Acesso em 09 jan. 2012.

CORRÊA, L. A. **Comércio e meio ambiente: atuação diplomática brasileira em relação ao selo verde**. Brasília: Instituto Rio Branco/Fundação Alexandre de Gusmão, 1998.

COSTA, A. C. R.; ROCHA, E. R. P. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 29, p. 159-202, 2009.

COSTURE BEM. **Como fazer patchwork – passo a passo**. Disponível em <<http://blog.costurebem.net/2012/08/como-fazer-patchwork-passo-a-passo/>> Acesso em 30 nov. 2014.

ČUNKO, R. Eco-Properties of Textile and contemporary requirements for Quality. **Tekstil**, v. 45, p. 1-18, 1996.

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

DEBASTIANI, E. L.; MACHADO, L. A. **Estudo sobre a geração de resíduos sólidos nas indústrias de confecção têxtil no município de Erechim-RS**. In: 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves/RS, 25 a 27 de abril de 2012. Disponível em <<http://www.proamb.com.br/downloads/0zmrad.pdf>>

DE BRITO, M. P. **Managing reverse logistics or reversing logistics management?** 2003. 327p. Tese (Doutorado em Ciências). Erasmus Research Institute of Rotterdam (ERIM), Erasmus University Rotterdam, 2003.

DE COVERLY, E.; O'MALLEY, L; PATTERSON, M. **Hidden mountain: the social avoidance of waste**. Nottingham/UK: ICCSR Research Paper Series, 2003.

DEFRA – DEPARTMENT OF ENVIRONMENT FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Waste strategy for England 2007**. The Licensing Division, HMSO, St Clements House, 2-16 Colegate, Norwich, 2007.

DE OLIVEIRA, M. C. B. R. **Gestão de Resíduos Plásticos Pós-Consumo: Perspectivas para a Reciclagem no Brasil**. 91 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e prática**. São Paulo: Gaia, 1992.

DOMINA, T.; KOCH, K. The textile waste lifecycle. **Clothing and Textile Research Journal**, v. 15, p. 96-102, 1997.

DOMINA, T.; KOCH, K. Consumer textile recycling as a means of solid waste reduction. **Family and Consumer Sciences Research Journal**, vol. 28, p. 3–17, 1999.

DONKE, A. et al. Life cycle assessment of cotton production in the Brazilian Savanna. **Proceedings of the Vth International Conference on Life Cycle Assessment**. p. 189-195, Mendoza: 2013

ECOFASHIONMAG. **Conselho americano de reciclagem têxtil lança site e promove educação ambiental**. Disponível em <<http://www.ecofashionmag.com/portal/tag/reciclagem-da-industria-textil/>> Acesso em 20 fev. 2012.

ECOFX – ECOLOGICAL EFFECTS / CARBON FOOTPRINTS. **Short list**. Disponível em <<http://ecofx.org/>> Acesso em 06 dez. 2015.

EMPLASA – EMPRESA PAULISTANA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. **Centro Urbano – Bom Retiro**. Disponível em <<http://www.emplasa.sp.gov.br/portalemplasa/uit/CENTRO/BOMRETIRO.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2012.

EMPLASA – EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. **Região metropolitana de São Paulo**. Disponível em <<http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/Indicadores/gsp.asp>> Acesso em 11 de nov. 2015.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Elementos-traço e sua relação com qualidade e inocuidade de fertilizantes, corretivos agrícolas e resíduos orgânicos no Brasil**. Planaltina/DF: EMPRAPA Cerrados, 2009. 45 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Pegada de Carbono de Produtos Agrícolas: Estudo de Caso do Melão**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 34 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão (Bt)**. Disponível em <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=bioss:::23>> Acesso em 14 nov. 2014.

ESSINGTON, M. E. **Soil and water chemistry: an integrative approach**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 534p.

FERMAM, R. K. S. **Comércio internacional e mudanças climáticas: o papel da cadeia de avaliação da conformidade**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.2, n.1, p. 31-44, 2011.

FILTREX & RECICLAGEM. **O que irá acontecer com suas roupas?** Disponível em <<http://www.filtex.pt/index.php/component/content/category/9-sem-categoria>> Acesso em 14 fev. 2015.

FINKLER, M.; SCAPINI, P.; FREIRE, E.; ZATTERA, A. J.; ZENI, M. **Compósitos de HDPE com Resíduos de Fibras Têxteis. Parte I: Caracterização Mecânica**. In: Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 15, n. 3, p. 171-175, 2005.

FIRMINO, A. M. et al. A Relação Da Pegada Ecológica com o Desenvolvimento Sustentável / Cálculo Da Pegada Ecológica de Toribaté. **Caminhos de Geografia – Revista On Line**, v. 10, n. 32, p. 41 – 56, dez/2009.

FOLADORI, G. A reedição capitalista das crises ambientais. **Revista Outubro**, v. 1, n. 17, p. 191-207, 2008. Disponível em <http://www.revistaoutubro.com.br/edicoes/17/Artigo_07.pdf>

FOLHA DE SÃO PAULO. **Reciclagem avança como destino de roupa encalhada**. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/45405-mercado-aberto.shtml>> Acesso em 11 de fev. 2016.

FOURNÉ, F. **Synthetic Fibers: Machines and Equipment, Manufacture, Properties**. Handbook for Plant Engineering, Machine Design, and Operation. Munich (Germany): Hanser Publishers, 1999. 904 p.

FREEMAN, H. S. et al. Synthesizing premetallized acid dyes based of environmental considerations. **Textile Chemist and Colorist**, v. 27, p. 13-16, 1995.

GAM, H. J. et al. Application of design for disassembly in men's jacket: A study on sustainable apparel design. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 23, n. 2/3, p. 83-94, 2011.

GARABRANT, D. H., et al. The University of Michigan dioxin exposure study: predictors of human serum dioxin concentrations in Midland and Saginaw, Michigan. **Environ. Health Perspect**, v. 112, n. 5, p. 818-824, 2009.

GASI, F.; CASSIANO, D. A.; FACO, J. F. B.; VASCONCELOS, F. B. Estudo Comparativo Do Impacto Ambiental de Polímeros Têxteis. **Química Têxtil**, v. XXXVIII, p. 6-12, 2014.

GEISON, G. L. **The private science of Louis Pasteur**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

GEOGRAPHIECULT. **O bairro do Bom Retiro como Patrimônio Cultural**. Disponível em <<http://geographiecult.blogspot.com.br/2010/04/o-bairro-do-bom-retiro-como-patrimonio.html>> Acesso em 26 nov. 2015.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, M.W. **Cia Hering**. 28 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil. 2003.

GRACE, P. Life Cycle Assessment of a 100% Australian-Cotton T-Shirt. In: **Climate Change and Cotton Workshop**. Sidney, 2009a.

GRACE, P. Life Cycle Assessment of a 100% Australian-Cotton T-Shirt. In: **2009 Cotton Matters Forum**. Sidney, 2009b.

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

GRILL, E.; WINNACKER, E.-R.; ZENK, M. H. Phytochelatins: The Principal Heavy-Metal Complexing Peptides of Higher Plants. **Science**, v. 230, n. 4726, p. 674-676, 1985.

GROUPE CTT – CENTRE MULTISERVICES POUR L'INDUSTRIE TEXTILE e ITS – INSTITUTE OF TEXTILE SCIENCE. **Textile Recycling: An Overview on Technologies and Tendencies Applications**. Disponível em <http://www.textilescience.ca/downloads/april12_2013/Recycling_Claire_Guignier_apr12_2013.pdf> Acesso em 10 dez. 2014.

GUARATINI, C.; ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23 n. 1, 2000.

GUARNIERI et al. WMS - Warehouse Management System: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa. **Production**, v.16, n. 1, abril de 2006.

GUILTINAN, J.; NWOKOYE, N. **Reverse channels for recycling: an analysis for alternatives and public policy implications**. In: Curhan, R. G., editor, New marketing for social and economic progress, Combined Proceedings. American Marketing Association, 1974.

GUILHERME, L. R. G. et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 4, p. 345-390, 2005.

GULICH, B. **Designing textile products that are easy to recycle**. In: Recycling in textiles (Edited by Youjiang Wang). Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2006a. 230 p.

GULICH, B. **Development of products made of reclaimed fibres**. In: Recycling in textiles (Edited by Youjiang Wang). Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2006b. 230 p.

H3 POLÍMEROS – LOGÍSTICA REVERSA. **Processo H3 Polímeros**. Disponível em <<http://www.h3polimeros.com.br/processo.html>> Acesso em 12 dez. 2014.

HAJALIGOL, M. R. et al. **Formation of aromatic hydrocarbons from pyrolysis of carbohydrates**. In: Book of Abstracts, 217th ACS National Meeting, Anaheim, CA, American Chemical Society: Washington, 21 a 25 de mar. de 1999.

HALIMI et al. Cotton waste recycling: Quantitative and qualitative assessment. **Recourses, Conservation and Recycling**, vol. 52, p. 785–791, 2008.

HARRINGTON, D. R. Two-stage adoption of different types of pollution prevention (P2) activities. **Resource and Energy Economics**. v. 34, n. 3, p 349–373, Set. 2012.

HAUSER, N. E. Dyeing cotton/wool blends. **Journal of the American Association of Textile Chemists and Colourists**, v. 18, 1986.

HAWLEY, J. M. **Textile recycling: a system perspective**. In: Recycling in textiles (Edited by Youjiang Wang). Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2006. 230 p.

HERBOLD, F.V. **Segurança Química em Têxteis e REACh**. FVH Consultoria / Instituto Hohenstein (Alemanha). Reunião ABIT (Associação Brasileira das Indústrias Têxtil e de Confecção), 01 Nov. 2013. Disponível em <<http://www.abit.org.br/adm/Arquivo/Servico/041617.pdf>> Acesso em 02 Mai 2015.

HOEKSTRA, A. Y. et al. **The water footprint assessment manual: Setting the global standard**. Reino Unido: Earthscan, 2011. 191 p.

HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. **PNAS**, v. 109, n. 9, p. 3232–3237, 2012.

HOLBROOK, M.B. **Consumer Research: Introspective Essays on the Study of Consumption**. Thousand Oaks, CA.: Sage, 2005.

HORSTMANN, M. et al. PCDD/Fs in textiles-part I: a screening method for detection of octachlorodibenzo-p-dioxin and octachlorodibenzofuran. **Chemosphere**, v. 36, p. 1627-1635, 1998.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Instrução Normativa Nº 132, de 10 de Novembro de 2006**. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira/>> Acesso em 08 dez. 2014.

ICCA – INTERNATIONAL CONGRESS AND CONVENTION ASSOCIATION. **A Modern History of International Association Meetings. 1963-2012.** United States of America: ICCA, 2013. Disponível em <file:///C:/Users/W/Downloads/ICCA_A%20Modern%20History%20of%20International%20Association%20Meetings.pdf>

ICIS-LOR. **Banco de dados.** Disponível em <<http://www.icis.com/resources/news/2001/10/01/149728/icis-lor-introduces-real-time-price-reporting/#>> Acesso em 20 dez. 2014.

IEMI - INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira - Brasil Têxtil 2014.** 14ª edição. São Paulo, 2014.

IEMI - INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira - Brasil Têxtil 2015.** 15ª edição. São Paulo, 2015.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Geneva, 2006. Disponível em <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: the physical science basis -contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

IPCC-WGI – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-WORKING GROUP I. **Contribuição do grupo de trabalho I ao 4º relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima: sumário para formuladores de políticas.** Paris: IPGC, 2007.

IPT-SEBRAE – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS / SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis – Guia para Implantação.** São Paulo: Publicação IPT, 2003.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14067:2012- Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification and communication.** Genebra, 2012.

ISMAIL, S. A. et al. Energy uses for cotton ginning in Australia. **Biosystems Engineering**, n. 109, v. 2, p 140-147, 2011.

IUPAC – INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY **“Heavy metals”: a meaningless term? (IUPAC Technical Report)** – by John H. Duffus. Pure and Applied Chemistry, vol. 74, n. 5, 2002. p. 793–807.

JACKSON, T. **Policies for Sustainable Consumption**. Environmental Oxford (England): Change Institute, Oxford University, 2003.

JACKOWISKI T. et al. Influence of spinning process parameters on strength characteristics of cotton yarns. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, v.10, n. 3, p. 27–31, 2002.

JENSEN, A. et al. **Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources**. United Kingdom: European Environment Agency, 1997.

JF FBRAS. **Produtos**. Disponível em <<http://jffibras.com.br/produtos.php>> Acesso em 23 dez. 2014.

JINKINS, R. S.; LEONAS, K. K. Influence of a polyethylene glycol treatment on surface, liquid barrier and antibacterial properties. **Journal of the American Association of Textile Chemists and Colourists**, v. 26, n. 12, p. 9-25, 1994.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3ª ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.

KALLIALA, E. M.; NOUSIAINEN, P. Life Cycle Assessment: Environmental Profile of Cotton and Polyester-Cotton Fabrics. **AUTEX Research Journal**, v. 1, n. 1, p. 8-20, 1999.

KASWELL, E. R. **Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles**. Massachusetts Institute of Technology (MIT) e Wellington Sears Company, Cambridge, Estados Unidos, 1963. 757 p.

KATES, R. W. et al. Sustainability Science. **Science Magazine**, v. 292, n. 5517, p. 641-642, 2001.

KAVURLAR. **Double Box Bailing Machine**. Disponível em <<http://www.shrutex.com/kavurlar.html>> Acesso em 23 dez. 2014.

KAZAZIAN, T. **Haverá a Idade das Coisas Leves: design e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Ed. SENAC, 2005.

KESTENBACH, H. J. et al. Resolução Lamelar num Novo Microscópio Eletrônico de Varredura. **Polímeros**, v. 7, n. 1, 1997.

KLASMEIER, J. PCDD/Fs in textiles part II: transfer from clothing to human skin. **Chemosphere**, v. 38, p. 97-108, 1999.

KLEIN, W. New spinning systems, short-staple spinning series. **The Textile Institute**, v. 5, p. 40-41, 1993.

LAGO, L. et al. Projeto piloto: aproveitamento de retraços têxteis para o artesanato conceitual. **Projética**, v. 1, n.1, p. 201-218, dez. 2010.

LAROCHE – FIBER PROCESSING LINES. **Fiber processign lines**. Disponível em <<http://www.laroche.fr/>> Acesso em 24 dez. 2014.

LAURSEN, S. et al. **Environmental Assessment of Textiles - Environmental Project No. 369**. Life Cycle Screening of Textiles Containing Cotton, Wool, Viscose, Polyester or Acrylic Fibres: DEPA, 1997.

LESSA, J. R. **Empreendimento socioambiental no Brasil: sistematização de uma experiência de criação de negócio social**. 2016. 118p. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental). Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH – USP). São Paulo, 2016.

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

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Ed. Prentice-Hall, 2003.

LIMA, A. M. F. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil - Inserção de Perspectivas**. 2007. 116p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador /BA, 2007.

LINGER, P. et al. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) growing on heavy metal contaminated soil: fibre quality and phytoremediation potential. **Industrial Crops and Products**, v. 16, p. 33-42, 2002.

LOGA – LOGÍSTICA AMBIENTAL DE SÃO PAULO. Entrevista realizada com o Sr. Francisco Vianna no dia 18 ago. 2011.

LOGA – LOGÍSTICA AMBIENTAL DE SÃO PAULO. **Coleta domiciliar**. Disponível em <www.loga.com.br> Acesso em 26 fev. 2014.

LONDON. **Realising Our Potential: A Strategy for Science, Engineering and Technology**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1993. p.15.

LUMI, C. T. **Estudo de Caso para Redução da Geração de Sucata de Alumínio de uma Empresa do Setor Metal-Mecânico**. 2009. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia: Energia, Ambiente e Materiais). Universidade Luterana do Brasil. Canoas/RS, 2009.

MADE-BY. **Environmental Benchmark for Fibres**. Disponível em <<http://www.made-by.org/consultancy/tools/environmental/>>. Acesso em 25 julho 2015.

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 Confecção, 2003. 336 p.

MARTINS, G. E. A. **O comércio internacional de algodão – evolução dos fluxos entre 1975 e 2010 e aspectos ambientais**. 2014. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2014.

MARTINS, G. A. **Metodologias Convencionais e Não convencionais e a pesquisa em Administração**. Caderno de Pesquisas em Administração. São Paulo, 1994.

MARUM, L. L.; GOMES, J. A. **O Bom Retiro: a formação de uma centralidade**. 2005. 26 p. Monografia (Graduação em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). São Paulo, 2005.

MARKS & SPENCER PLC. **Streamlined Life Cycle Assessment of Two - Marks & Spencer plc - Apparel Products** (Final Report). Prepared by: Michael Collins and Simon Aumônier. Oxford (England): Marks & Spencer plc, February 2002. 67 p.

MATOS, T. F. L. **Avaliação da viabilidade de reintegração de resíduos de PET pós-consumo ao meio produtivo**. 2009. 289p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos /SP, 2009.

MATTOS, P. T. L. **O Novo Estado Regulador no Brasil: Eficiência e Legitimidade**. São Paulo: Ed. Singular, 2006. 331 p.

MATTOSINHO, C. M. S et al. Um estudo multicaso sobre a aplicabilidade da metodologia de produção mais limpa em construtoras do setor de edificações da região metropolitana do Recife/PE. In: **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável**. Rio de Janeiro/RJ, 13 a 16 de outubro de 2008.

MDIC – MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Relatório de Diagnóstico**. Rio de Janeiro: SENAI-CETIQT – Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica Industrial, 2002.

MELLO, M. B. C.; CAVALCANTI, G. A.; GONÇALVES, H. S.; DUARTE, S. T. V. G. Inovações Tecnológicas na Cadeia produtiva Têxtil: Análise e estudo de caso em Indústria do nordeste do Brasil. **Revista Produção On Line**, v. 7, n. 2, p. 99-117, 2007.

MELO NETO, G.; STACCIARINI, J. H. R. Educação Ambiental: da disciplinaridade à transdisciplinaridade ao pensamento complexo. In: **Anais do**

II SEAT – Simpósio de Educação Ambiental e Transdisciplinaridade, UFG/IESA/NUPEAT, Goiânia, Maio de 2011.

MERCADO LIVRE. **Forro de Porta Kadett E Ipanema Le Original**. Disponível em <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-620543528-forro-de-porta-kadett-e-ipanema-le-original-_JM> Acesso em 27 jan. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Logística reversa**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa>> Acesso em 29 nov. 2014a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Linha do tempo**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo>> Acesso em 29 nov. 2014b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Relatório técnico de caracterização de resíduos sólidos**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/18018FE8/Relat_LixiviacaoAmbiantoFibrocimento_Rel031E09.pdf> acesso em 10 fev. 2015.

MODA ECOLÓGICA. **Moda ecológica estimula consumo consciente**. Disponível em <<http://modaecologica.blogspot.com/>> Acesso em 11 fev. 2015.

MOGAHZY, Y. E. EL. **Engineering textiles Integrating the design and manufacture of textile products**. Cambridge (England): Woodhead Publishing Limited, 2009. 548 p.

MOLTÓ, J. et al. Organic compounds produced during the thermal decomposition of cotton fabrics. **Environment Science & Technology**, v. 39, n. 14, p. 5141-5147, 2005.

MORITA, A.M.; MAIA, E.R.B.; RAVAGNANI, M.A.S.S. Aplicação da ACV na análise dos impactos ambientais na produção de algodão em pluma. **Anais do 3º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida em Produtos e Serviços**. p. 41-46, 2012.

MUHAMMAD, I. **German Textile Recycling Benchmarking**. 2013. 44 p. Bachelor's thesis (Supply Chain Management). HAMK – University of Applied Sciences. Forssa, 2013.

MULLER, H. et al. Investigations on co-combustion of textile dusts in gas fired plants. **VDI-Berichte**, v. 1750, p. 113-120, 2003.

MUTHU, S. S. et al. Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres. **Ecological Indicators**, v. 13, p. 66–74, 2012.
NEULS, G. Economia movida a CO₂. **Página 22** (Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas), n. 68. São Paulo: Ed. Vox, 2012.

OEKO-TEX ASSOCIATION. **Step by OEKO-TEX®**. Zurich (Switzerland): OEKO-TEX Association, 2014. 142 p. Disponível em <https://www.oeko-tex.com/media/init_data/downloads/Standard%20STeP_es.pdf>

OLSEN J. E.; HASLETT T. Strategic management in action. **Systemic Practice and Action Research**, v. 15, n. 6, p. 449–464, 2002.

PALM, D. **Improved waste management of textiles**. Project 9 – Environmentally improved recycling. Swedish Environmental Research Institute. 2011. 26 p.

PANDEY, D.; AGRAWAL, M.; PANDEY, J. S. Carbon footprint: current methods of estimation. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 178, p. 135-160, 2011.

PEREIRA, U. C. Sustentabilidade: da teoria à prática – por uma educação ambiental transformadora. In: **Anais do II SEAT – Simpósio de Educação Ambiental e Transdisciplinaridade**, UFG/IESA/NUPEAT, Goiânia, Maio de 2011.

PIERZYNSKI, G. M.; SIMS, J. T.; VANCE, G. F. **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 313p.

PNAS – PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Sustainability Science: a room of its own. **Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)**, vol. 104, n. 06, p. 1737–1738, 2007.

PORTAL JOINVILLE. **Lonas são transformadas em aventais**. Disponível em <<http://www.portaljoinville.com.br/v3/?call=noticias.view&id=19718>> Acesso em 02 Set. 2012.

PORTUGAL TÊXTIL. **Reciclagem com novo impulso**. Disponível em <<http://www.portugaltextil.com/tabid/63/xmmid/407/xmid/36301/xmview/2/ID/36301/Default.aspx>> Acesso em 12 fev. 2015.

POULTER, S. **The Primark effect: throwaway fashion that cannot be recycled now makes up 30 per cent of the waste in council tips**. In: Daily Mail, 25 nov. 2008, p. 27.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **“Retalho Fashion” dará destinação correta aos resíduos de confecção**. Disponível em <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/servicos/noticias/?p=170087>> Acesso em 29 nov. 2014.

PREUSSLER, M. F. et. al. Rotulagem Ambiental – Um Estudo Sobre NR'S. In: **1st International Workshop Advances in Cleaner Production e IV Semana Paulista de P+L/Conferência Paulista de P+L**, São Paulo-SP, 2007.

PROFISSIONAIS TI. **Software SolidWorks Sustainability é reconhecido como “Melhor Inovação em Produto Verde”**. Disponível em <<http://www.profissionaisiti.com.br/2010/12/software-solidworks->

sustainability-e-reconhecido-como-melhor-inovacao-em-produto-verde/>. Acesso em 24 março 2016.

PROTÊXTEL – MODELAGEM. **Encaixe Digitalizado**. Disponível em <<http://protexitel.blogspot.com.br/>> Acesso em 25 jan. 2015.

REIFE, A.; FREEMAN, H. S. Pollution prevention in the production of dyes and pigments. **Text. Chem. Color. Am. Dyes**, v. 32, n. 56, p. 56-60, 2000.

RIBEIRO, L.G.; ANDRADE FILHO, J. **Introdução à Engenharia Têxtil**. v. 1 (208 p.), v. 2 (214 p.), v.3. (196 p.) Rio de Janeiro: SENAI, 1987.

RIBEIRO, P. H. **Contribuição ao banco de dados brasileiro para apoio a avaliação do ciclo de vida: fertilizantes nitrogenados**. 2009. 341 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo/SP, 2009.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reno: University of Nevada, 1999.

RUCKER, J. W., FREEMAN, H. S., & HSU, W. N. Evaluation of factors contributing to the light-induced yellowing of white-washed denim. part I: Identification of extractable organics and metal ions. **Journal of the American Association of Textile Chemists and Colourists**, v. 24, n. 9, 1992a.

RUCKER, J. W., FREEMAN, H. S., & HSU, W. N. Evaluation of factors contributing to the light-induced yellowing of white-washed denim. part II: Effects of various treatments on metal content and photo-yellowing. **Journal of the American Association of Textile Chemists and Colourists**, v. 24, n.10, 1992b.

RYBICKI, E. et al. Changes in Hazardous Substances in Cotton after Mechanical and Chemical Treatments of Textiles. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, v. 12, p. 67-73, 2004.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, A. P. L.; FERNANDES, D. S. Análise do Impacto Ambiental gerados no Ciclo De Vida de um tecido de malha. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 7, p. 1-17, Florianopolis/SC, 2012.

SÃO PAULO TURISMO S/A. **Guia São Paulo 2014 – Cidade Global, território da Bola**. São Paulo: São Paulo Turismo S/A, 2014. 130 p.

SARACOGLU, S. et al. Determination of Trace Elements of Some Textiles by Atomic Absorption Spectrometry. **Journal of Trace and Microprobe Techniques**, v. 21, n. 2, p. 389-396, 2003.

SCHWENKER, R. F. et al. Pyrolytic degradation products of cellulose. **Journal of Chemical & Engineering Data**, v. 2, n.1, p. 83-88, 1957.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Produção mais Limpa em Confeções**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas - SENAI, 2007. 64p.

SHEN, L.; WORRELL, E.; PATEL, M. K. Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling. **Resources, conservation and recycling**, v. 55, n. 1, p. 34-52, 2010.

SHIELDS, R. **The last word on disposable fashion**. In: The Independent on Sunday, 28 dez. 2008, p. 12.

SILVA, D. **O Paradigma transdisciplinar: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental**. In: Philippi Jr., Arlindo (Org.). Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus, 2000.

SILVA, A. S. F. **Avaliação de práticas e performance da manufatura enxuta, via benchmarking, para diagnóstico da indústria de confeções**. 2009. 229 p. Tese (Doutorado em Eng. de Produção). Escola de Eng. de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009a.

SILVA, B. C. da. Iniciativas para o desenvolvimento de uma moda sustentável. In: Encontro Anual de Iniciação Científica, 2009, Londrina/PR. **Anais...** Londrina: UEL, 2009b. p. 12.

SILVA, A. N. **Valorização de Resíduos Têxteis**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental). Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Portugal, 2009c.

SILVA, D. A. L. **Avaliação do Ciclo de Vida na produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 2012. 207 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2012.

SINDFIATEC – SINDICATO DE FIAÇÃO E TECELAGEM EM GERAL – CAMPINAS E REGIÃO. **Apresentado mapeamento inédito do setor têxtil em São Paulo**. Disponível em <http://www.sindfiatec.com.br/home/index.php?option=com_content&view=article&id=111:apresentado-mapeamento-inedito-do-setor-textil-em-sao-paulo&catid=21:noticias&Itemid=165> Acesso em 25 mar. 2013.

SINDITÊXTIL – FIEC – SINDICATO DA INDÚSTRIA DE FIAÇÃO E TECELAGEM EM GERAL NO ESTADO DO CEARÁ. **O Fiar e o Tecer – 120 anos da Indústria Têxtil do Ceará**. Elizabeth Fiúza Aragão (coord.) et. al. Fortaleza: SINDITÊXTIL / FIEC, 2002.

SINDITÊXTIL-SP – SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FIAÇÃO E TECELAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil – Série P+L**. São Paulo: CETESB: SINDITÊXTIL-SP, 2009.

SINDITÊXTIL-SP – SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FIAÇÃO E TECELAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Retalho Fashion – Projeto de reciclagem une meio ambiente e inclusão social**. Ano VII, n. 25, Julho de 2012. Disponível em <http://www.sinditextilsp.org.br/jornal/sindi_25.pdf>

SINDITÊXTIL-SP – SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FIAÇÃO E TECELAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Retalho Fashion: Inclusão social e preservação ambiental por meio da reciclagem de resíduos têxteis**. São Paulo /SP, 2013. 15 p.

SINDITÊXTIL-SP – SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE FIAÇÃO E TECELAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeto de Lei dá incentivo fiscal ao fabricante têxtil que usar reciclados**. Disponível em <<http://www.sinditextilsp.org.br/index.php/materias/item/1150-projeto-de-lei-d%C3%A1-incentivo-fiscal-ao-fabricante-t%C3%AAtil-que-usar-reciclados>> Acesso em 29 nov. 2014.

SOUZA, P. A. F. Estética da Salvação X Estética da Perdição – Um Estudo Sobre Sustentabilidade na Indústria da Moda. **E-tec**, v. 1, n. 1, nov. 2008. Disponível em <<http://revistas.unibh.br/index.php/dtec/article/view/445/243>>

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p

SP DESIGN - PROGRAMA SÃO PAULO DESIGN. FIESP/CIESP, IPT, GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SEBRAE-SP. **Estrutura e desempenho da indústria têxtil - A indústria têxtil no estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.spdesign.sp.gov.br/textil/211.htm>> Acesso em 25 mar. 2013.

SP FASHION WEEK. São Paulo Fashion Week. Disponível em <<http://sp.fashionweek.com.br/tag/semana-de-moda/>> Acesso em 11 fev. 2015.

STEINBERGER, J. K.; FRIOT, D.; JOLLIET, O.; ERKMAN, S. A spatially explicit life cycle inventory of the global textile chain. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 5, p. 443-455, 2009.

STOCK, J. R. **Development and implementation of reverse logistics programs**. Oak Book, IL: Council of Logistics Management – CLM, 1998.

STOKES, D. E. **O Quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Campinas: Ed. da Unicamp, 2008.

TECHNOPAK. **New Challenges in the Fashion System – July 2014**. IAF – International Appareal Federation. Nova Delhi: Technopak Adivirsors Pvt. Ltda, 2014. 27 p.

TEIJIN – HUMAN CHEMISTRY, HUMAN SOLUTIONS. **Evolutionary step in recycling**. Disponível em <<http://www.teijin.com/solutions/ecocircle/>> acesso em 06 jan. 2014.

TEX AMIRA. **Política da empresa**. Disponível em <<http://www.texamira.com/portugues-index.html>> acesso em 14 de fev. 2015.

THE LINDE GROUP. **Espectometria de absorção atômica**. Disponível em <http://hiq.linde-gas.com.br/international/web/lg/br/like35lgspgbr.nsf/docbyalias/anal_abs> Acesso em 15 fev. 2015.

TURLEY, D., COPELAND, J., HORNE, M., BLACKBURN, R., STOTT, E., LAYBOURN, R., & HARWOOD, J. **The role and business case for existing and emerging fibres in sustainable clothing**. Final Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2009.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases**. Ed. 2.1. Geneva (Switzerland): UNEP Chemicals, 2005. 253 p. Disponível em <http://www.pops.int/documents/guidance/toolkit/ver2_1/Toolkit-2005_2-1_en.pdf>

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME e STOCKHOLM CONVENTION. **Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and waste disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on POPs**. Châtelaine (Switzerland): Secretariat of the Stockholm Convention e UNEP, 2012. 107 p.

UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Global Warming Potentials**. Disponível em <http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php> Acesso em 25 julho 2015.

UNITED NATIONS. **Sustenaible development knowledge plataforma**. Disponível em <<http://sustainabledevelopment.un.org/>> Acesso em 25 out. 2014.

UFRJ/COPPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO/INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA. **Análise experimental, modelagem mecânica e numérica de materiais à base de cimento: da nano-escala às aplicações estruturais**. Disponível em <<http://wwww.coc.ufrj.br/~eduardo/linhas%20de%20pesquisa.htm>> acesso em 27 jan. 2015.

URIA, L. A. B. **Emissão de gases de efeito estufa no setor de transportes e seu potencial de aquecimento indireto: o caso dos automóveis e veículos comerciais leves no Brasil**. 1996. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

VASCONCELOS, F. B.; CARRIERI, M. Z; SILVA, M. F; EL ATRA, T. H.; GASI, F. Avaliação do Consumo de Água e Energia durante o Ciclo de Vida de Camisetas de Algodão, Poliamida e Poliéster. **Química Têxtil**, v. 109, p. 10, 2012.

VERGARA, S. C. **Métodos de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

VIRTUOSO, J. C. Desenvolvimento, Gestão Ambiental e Sustentabilidade: Compreendendo o Novo Paradigma. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 38, julho de 2004.

VOGEL, A. R. et al. **Análise Química Quantitativa**. 6ª edição. São Paulo: Editora LTC, 2002. 462p.

WASTE ON LINE. **Textile recycling information sheet**. Disponível em <<http://www.wasteonline.org.uk/>> Acesso em 03 dez. 2014.

WASTE SAVERS. **Where does my recycling go?**. Disponível em <http://www.wastesavers.co.uk/index.php?option=com_content&task=view&id=69&Itemid=67> Acesso em 10 fev. 2014.

WATER FOOTPRINT NETWORK. **Introduction**. Disponível em <<http://www.pegadahidrica.org/index.php?page=files/home>> Acesso em 06 dez. 2014.

WIEDMANN, T.; MINX, J. **A definition of carbon footprint**. ISAUK Research Report, 2007.

WOTOL. **Rolando, Gamba. Tearing lines**. Disponível em <http://www.wotol.com/1-rolando-gamba-tearing-machines/second-hand-machinery/prod_id/766742> Acesso em 16 set. 2014a.

WOTOL. **Officine Di Chiavazza. Tearing lines**. Disponível em <https://wotol.com/1-officine-di-chiavazza-rag-tearing-machine/second-hand-machinery/prod_id/214342> Acesso em 16 set. 2014b.

WRI/WBCSD – WORLD RESOURCE INSTITUTE e WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Product life cycle reporting and standard**. Washington/DC, 2011. Disponível em <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/Product%20Life%20Cycle%20Accounting%20and%20Reporting%20Standard.pdf>>

WWF – WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **A Família das Pegadas**. Disponível em http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/a_familia_das_pegadas/ Acesso em 05 dez. 2014.

WWF – WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Thirsty crops – our food and clothes: eating up nature and wearing out the environment?** Gland, Switzerland: WWF, 2003. 20 p.

YÁZIGI, E. **Esse estranho amor dos paulistanos: requalificação urbana, cultura e turismo**. São Paulo: Ed. Global, 2006. 376p.

YOUNG, L.; HAMSHIRE, J. **Promoting practical sustainability**. Canberra (Australia): Australian Agency for International Development (AUSAID), 2000.

ZEINER, M.; REZIĆ, I.; STEFFAN, I. Analitičke metode za određivanje teških metala u tekstilnoj industriji. **Kemija u industriji**, v. 56, n. 11, p. 587-595, 2007.

ZONATTI, W. F. **Estudo interdisciplinar entre reciclagem têxtil e o design: avaliação de compósitos produzidos com fibras de algodão**. 2013. 177 p. Dissertação (Mestrado em Têxtil e Moda). Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2013.

ZONATTI, W. F. et al. Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil: panorama e ações relacionadas. **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, p. 50-69, 2015.

ZONATTI, W. F.; BARUQUE-RAMOS, J.; DULEBA, W. Brazilian Scope of Management and Recycling of Textile Wastes. In: Raul Figueiro; Sohel Rana. (Org.). **Natural Fibres: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications** - RILEM Bookseries. 1ed.: Springer Netherlands, 2016, v. 12, p. 429-439.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Roteiro de entrevista com representante da empresa Laroche – Sr. Cardoso

- 1 – Qual o preço de uma desfibradeira convencional utilizada para reciclagem mecânica têxtil?
- 2 – Qual é o investimento para a aquisição de uma linha de reciclagem têxtil completa?
- 3 – Existe algum tipo de desconto para a aquisição dessas máquinas por empresas brasileiras?
- 4 – Quais os tipos de produtos que os desfibrados têxteis podem compor?

APÊNDICE 2 – Roteiro de entrevista com representantes da “Empresa X” e do Grupo Wolf

- 1 – Quais são as composições dos resíduos têxteis processados pela empresa?
- 2 – Qual é o volume de matéria-prima processada e seu valor comercial?
- 3 – Quais são os maquinários utilizados pela empresa?
- 4 – Quais são as aplicações das principais matérias-primas recicladas?
- 5 – Existem incentivos fiscais para a reciclagem têxtil no Brasil?
- 6 – Quais são as principais problemáticas relacionadas à reciclagem têxtil observadas pela empresa?

APÊNDICE 3 – Microscopias feitas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP)

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Microscopias da amostra do *Black* denim recoberta com ouro: **(a)** aumento de 100x, **(b)** aumento de 100x, **(c)** aumento de 250x, **(d)** aumento de 250x, **(e)** aumento de 1000x e **(f)** aumento de 5000x

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

Microscopias da amostra do tafetá de cor azul recoberta com ouro: **(a)** aumento de 100x, **(b)** aumento de 250x, **(c)** aumento de 1000x, **(d)** aumento de 2500x, **(e)** aumento de 5000x e **(f)** aumento de 7500x

APÊNDICE 4 – Utilização do *SolidWorks® Sustainability* para análise de impacto ambiental das matérias-primas da poliamida 6 e do poliéster (PET)

1 - Poliamida

Pegada de carbono

Energia total consumida

Acidificação do ar

Eutrofização da água

Impacto financeiro do material

58.50 USD

2 – Poliéster

Pegada de carbono

Energia total consumida

Acidificação do ar

Eutrofização da água

Impacto financeiro do material

26.50 USD

ANEXO 1 – Linha de produção dos maquinários de desfibramento de resíduos têxteis

1 – Retalhadora ou picotadeira de aparas grandes

Fonte: (CMG, 2014)

2 – Detalhes da linha de reciclagem mecânica têxtil para desfibrar os resíduos

Continuação

Continuação

Continuação

Fonte: (WOTOL, 2014a; WOTOL, 2014b)

3 – Prensa com enfardadeira acoplada

Fonte: (KAVURLAR, 2014)

ANEXO 2 – Patentes brasileiras de reciclagem química de têxteis

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1104317-2 A2

* B R P I 1 1 0 4 3 1 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 13/10/2011

(43) Data da Publicação: 13/08/2013

(RPI 2223)

(51) Int.Cl.:

C08J 11/04

C08J 11/08

(54) Título: "PROCESSO DE RECICLAGEM DE NYLON CONTIDO EM TECIDOS"

(73) Titular(es): RONALDO DANIEL HEILBERG

(72) Inventor(es): RONALDO DANIEL HEILBERG

(57) Resumo: PROCESSO DE RECICLAGEM DE NYLON CONTIDO EM TECIDOS. Patente de invenção pertencente ao campo dos processos de reciclagem que utilizam produtos químicos a fim de obter um estado de pureza tal que possa levar o resíduo a ser reutilizado de forma como foi concebido e gerado quimicamente, e para tal, é necessário selecionar os resíduos separando os tecidos que contém fibras estranhas ao processo como algodão, polipropileno, poliésteres através de processos manuais e ou equipamentos de medição. Uma vez separados os elementos estranhos deve-se separar os nylons 6 do 6,6 por avaliação de pontos de fusão, que tem características diversas para utilização final tanto a nível têxteis como a nível de Plásticos de Engenharia. O resíduo ou material a ser processado e já selecionado manualmente será dividido em lotes de Nylon 6 e/ou 6,6 sempre dependendo da capacidade de carga do porta material da máquina. Uma vez formados os lotes de materiais, eles são carregados no cesto porta material da máquina, sendo o circuito de processo fechado hermeticamente. Assim, o processo é hermético, isento de oxigênio, com introdução de nitrogênio e utilizando como veículo o solvente Dimethylformamide a quente e à 90° C numa relação de banho de 6 partes de solvente para uma de tecido.

**“PROCESSO DE RECICLAGEM DE NYLON CONTIDO EM
TECIDOS”**

Trata o presente relatório descritivo da patente de invenção de um inédito processo de reciclagem do nylon, existente
5 em tecidos elásticos contendo elastano que é separado através de um processo de dissolução, hermético, isento de oxigênio, com introdução de nitrogênio e utilizando como veículo o solvente Dimethylformamide a quente e à 90°C numa relação de banho de 6 partes de solvente para uma de tecido.

10 Notadamente um processo utilizado para recuperar o nylon ao seu estado puro sem modificar a estrutura molecular da Poliamida, para ser utilizado como nylon puro e ou plástico de engenharia recebendo adição de aditivos como fibra de vidro , talco e ou desformante exigidos no processo subsequente.

15 Processo este de concepção inovadora e dotado de importantes melhoramentos tecnológicos e funcionais, segundo os mais modernos conceitos de engenharia e de química, de acordo com as normas e especificações de procedimentos de segurança exigidas, revestindo-se de características próprias
20 inexistentes no mercado de reciclagem, e dotadas com requisitos fundamentais de novidade e atividade inventiva incluso de preservação do meio ambiente, fazendo resultar uma série de reais e extraordinárias vantagens técnicas, práticas e econômicas.

Nylon é um nome genérico para a família das
25 poliamidas, sendo que o Nylon 6,6 foi sintetizada pelo químico chamado Wallace Hume Carothers em 1935 nos Estados Unidos e o Nylon 6 pouco depois por Paul Schlack na Alemanha . Foi a primeira fibra têxtil sintética produzida. Dos fios desses polímeros fabricam-se diversos produtos têxteis como o velcro, meias femininas, roupas

íntimas, maiôs, biquínis, bermudas, shorts e outras roupas esportivas com características performáticas.

Outro uso do nylon também conhecido como plástico de engenharia pela resistência ao desgaste, tracionamento e flexibilidade dependendo sempre da necessidade de uso podendo ser usado com aditivos como a fibra de vidro para peças técnicas para toda a indústria da pesca, indústria automobilística, eletroeletrônica, engrenagens, rodízios, moveis entre varias outras utilizações. O nylon também é muito utilizado em funções nobres para realização de suturas em ferimentos, uma vez que é um material inerte ao organismo e não apresenta reação inflamatória como outros fios de sutura (ex: vicryl, cat-gut, seda, algodão).

O fio proveniente do nylon é semelhante ao fio que forma as teias da aranha e isto se deve a uma certa semelhança química entre o que seja o nylon e as proteínas. Os polímeros que genericamente são chamados de nylon são resultado da polimerização de ácidos dicarboxílicos alternadamente com diaminas, enquanto as proteínas são polímeros de aminoácidos.

O Nylon pode demorar 400 anos para se degradar, o que gera um grande passivo ambiental. Este processo permite o reaproveitamento do material, reduzindo os impactos ao meio ambiente e melhorando a cadeia produtiva.

O nylon é uma das fibras artificiais mais comuns, sendo obtido através de combinações de diaminas com ácidos dicarboxílicos.

Processo de fabricação:

Nylon 6.6: são produzidos a partir de dois monômeros cloreto de adipolantes com hexamethyleno diamida

Nylon 6: são produzidos a partir de um tipo de

monomero chamado Caprolactama.

Levando em consideração o longo tempo de
degradação entendemos a urgência do desenvolvimento de um
processo fechado e seguro para recuperar esta matéria prima tão
5 nobre, adicionando valor a um resíduo sem valor e que tanto mal pode
fazer ao meio ambiente se não descartado e ou reciclado da forma
correta com um padrão de segurança testado.

Portanto, os principais objetivos da presente
patente e/ ou inovação tecnológica são:

10 a) prover a indústria de um processo de
reciclagem ou logística reversa industrial testado e funcional em
circuito fechado, seguro e limpo para o meio ambiente e operadores.

b) beneficiar o meio ambiente por eliminação
de um elemento nocivo e de difícil degradação colocando em risco
15 inclusive a vida marinha em alguns casos.

c) gerar valor e reutilização do Nylon de forma
nobre e diferenciada, a partir de um resíduo que seria descartado com
riscos potenciais para o meio ambiente.

Nota: os números 6 e 6.6, referentes ao nylon,
20 referem-se ao número de carbonos de cada um de seus constituintes.

ROTEIRO DO PROCESSO INDUSTRIAL DE LOGÍSTICA REVERSA

Resumidamente, busca-se através de um
processo industrial um estado de pureza tal que possa levar o resíduo
a ser reutilizado de forma como foi concebido e gerado quimicamente,
25 e para tal, é necessário selecionar os resíduos separando os tecidos
que contem fibras estranhas ao processo como algodão,
polipropileno, poliésteres através de processos manuais e ou
equipamentos de medição. Uma vez separados os elementos
estranhos, deve-se separar os nylons 6 do 6,6 por avaliação de

pontos de fusão, que tem características diversas para utilização final tanto a nível têxteis como a nível de Plásticos de Engenharia.

O resíduo ou material a ser processado e já selecionado manualmente será dividido em lotes de Nylon 6 e/ou 6,6
5 sempre dependendo da capacidade de carga do porta material da máquina. Uma vez formados os lotes de materiais, eles são carregados no cesto porta material da máquina, sendo o circuito de processo fechado hermeticamente.

A seguir, o circuito hermético é monitorado de
10 forma a obter um ambiente de trabalho isento de Oxigênio, através da introdução de Nitrogênio de forma autônoma e monitorada durante todo o processo para garantir que o nível de oxigênio nunca ultrapasse o de 10%.

A partir deste ponto, o solvente
15 Dimetilformamida (DMF) contido em um dos três reservatórios do equipamento é utilizado para este processo, e aquecido pelo "Schiller" da máquina e introduzido no circuito de trabalho inundando o cesto porta material rotativo em uma proporção de 6 partes de solvente para cada 1kg de resíduo num processo que pode durar até uma hora
20 dependendo sempre da porcentagem de elastano e da densidade da malha do tecido em processo no equipamento.

O solvente aquecido penetra nas fibras do resíduo e dissolve o elastano num processo gerado pela movimentação e rotação do porta material criando as condições para
25 a obtenção do nylon isento de elastano. Este processo de "lavagem" do material através do solvente pode ocorrer em uma ou duas fases dependendo do estado de pureza requerido, e para garantir que todo o elastano contido na fibra seja retirado. Entre os dois processos a máquina é sempre drenada de todo o solvente que vai para tanques

específicos.

A seguir, num processo de centrifugação rápida, a 500 RPM, retira-se todo o solvente ainda presente no resíduo que neste ponto já deverá ser constituído de Nylon puro e
5 isento de todo o elastano.

Uma vez finalizado o processo de centrifugação, o nylon ainda deve passar por um processo de secagem feito através da abertura do circuito e da introdução de ar quente que circula através do material movimentado dentro do cesto
10 porta material rotativo.

Em paralelo com o processo do resíduo, o solvente passa por um processo de filtração e destilação e decantação para que haja a separação de todas as impurezas geradas pelo processo e para que o elastano contido no tecido seja
15 depositado no tanque de decantação de modo a que possa ser retirado de forma pastosa para seguir para outro processo não descrito neste nosso procedimento. Uma vez o solvente isento de elastano e pronto para novo processo, este é depositado em um dos três tanques do nosso equipamento.

20 Contamos com 3 tanques para permitir que sempre existam 2 tanques com solvente limpo e um terceiro, pronto para receber o solvente em processo que acaba de ser utilizado (a descrição do fluxo do processo e a ilustração do equipamento a ser utilizado encontra-se a seguir e pode ser avaliada de forma mais
25 detalhada).

Na sequência, o material gerado em nosso processo origem da presente patente, é processado em equipamento específico para ser compactado a fim de facilitar e aumentar a velocidade do processo de extrusão.

Uma vez compactado, o material é processado em extrusoras a quente (com 1 ou 2 parafusos) específicas para este processo, recebendo a adição de aditivos determinados pela utilização final à qual se destinam os grãos, denominados de "Chips",
5 "Pellets" ou "Flakes".

Os aditivos são colocados na medida da necessidade do usuário final dos grãos para auxiliar em "performances" específicas como resistência, flexibilidade, tração, e auxiliar na desmoldagem. Assim que os grãos são processados pela
10 extrusora, são resfriados e secos e em seguida embalados hermeticamente para evitar a absorção de umidade pelo nylon altamente higroscópico.

Este material que pode ser puro e/ou com aditivos poderá ser reutilizado pela Indústria Automobilística, Têxtil ou
15 Eletroeletrônica, Decoração, Equipamentos de Movimentação ou para Pesca, e enfim, para uma gama enorme de funções e objetivos.

Assim, retornamos ao processo industrial de origem o Nylon do resíduo com enormes economias para a indústria, enfatizando que desta forma não seria necessário processar o
20 Petróleo, e geraria riqueza a partir de resíduos, beneficiando o meio ambiente pela retirada de resíduos de contaminação de longa duração, além de gerar empregos para a indústria de transformação.

Em conclusão, o processo objeto da presente patente de Reciclagem, dentro da visão de Logística Reversa, atende
25 todas as expectativas e requisitos de inovação e/ou invenção, geração de riqueza, benefício ao meio ambiente, geração de empregos e implementa um processo único e inovador, não utilizado previamente pela indústria.

Segue em paralelo, a descrição do processo

industrial economicamente viável, de logística reversa para recuperação do Nylon do resíduo de um tecido comercializado no mercado.

Este processo industrial adiciona valor
5 agregado ao resíduo, evitando que o mesmo seja depositado no meio ambiente, através da extração do elastano, por um processo de dissolução do elastano, através do solvente DMF (Dimetilformamida) a quente, em ambiente hermético e tendendo a ser isento de oxigênio, através da injeção de Nitrogênio no equipamento, conforme esquema
10 em anexo.

Após a introdução do material a ser tratado no cesto rotativo do equipamento, o processo é fechado hermeticamente, sendo o Oxigênio retirado pela introdução e substituição pelo Nitrogênio, monitorado automaticamente para que o Oxigênio nunca
15 ultrapasse 10% da mistura.

Na figura 2 pode-se ver o solvente retirado do tanque (2) através de uma bomba (3) e passando pelo sistema de aquecimento (1) que é um Schiller usado no processo para aquecer o elastano e a seguir também vai servir para condensar o próprio
20 elastano.

A figura 3 representa o Nitrogênio (4), oxigênio (5) e moléculas de carbono (6). O nitrogênio (4) é um gás inerte que participa em 80% do ar que respiramos. No processo objeto da presente patente, o nitrogênio é usado para criar uma atmosfera inerte
25 dentro da máquina, equipada com um sistema que automaticamente produz o nitrogênio necessário a partir de ar comprimido.

O Nitrogênio permite que os solventes sejam utilizados de uma maneira segura mesmo aquecido acima do ponto de flamabilidade.

Conforme figura 4 em anexo, a bomba (7) retira do tanque de solvente limpo (8) e injeta no cesto rotativo através dos bicos (9), passando antes por um pré-filtro (10) e um filtro (11) a fim de garantir a isenção de resíduos e inunda a câmara chegando a uma
5 relação de banho de 6 litros de solvente para 1 Kg de material.

Na figura 5 pode-se melhor entender o processo de tratamento do solvente utilizado através de um sistema de destilação e decantação onde no tanque (12) o solvente contaminado é armazenado sendo que gradativamente passa pelo
10 condensador (13), sendo esta alimentação controlada pela bomba de vácuo (14).

A seguir o solvente condensado no reservatório (15) vai para o separador (17) sendo armazenado no reservatório (18) para ser novamente utilizado no processo.

15 A parte importante ocorre no tanque (16) ou tanque de destilação onde o resíduo do elastano retirado no processo fica depositado.

Uma vez finalizado o processo de extração do elastano, o produto é centrifugado a 500 RPM recuperando o restante
20 do solvente que ainda encharca o tecido a fim de evitar todas as perdas possíveis e recuperando o máximo possível do DMF.

Uma vez o processo de centrifugação finalizado e todo o solvente possível recuperado o circuito é aberto para que o processo de secagem seja efetivado como na figura 6
25 sendo entrada de ar (19), direcionador de fluxo (20) e filtro de saída (21).

O produto resultante segue a seguir para ser processado com ou sem aditivos em grãos a fim de retornar ao processo industrial de Plásticos de engenharia ou fiação.

REIVINDICAÇÕES

1 - "PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS", caracterizado pelo fato do circuito
hermético ser monitorado de forma a obter um ambiente de trabalho
5 isento de oxigênio, através da introdução de nitrogênio de forma
autônoma e monitorada durante todo o processo para garantir que o
nível de oxigênio nunca ultrapasse o de 10%, sendo que, a partir
deste ponto, o solvente Dimetilformamida (DMF) contido em um dos
três reservatórios do equipamento e utilizado para este processo, é
10 aquecido pelo "Schiller" da máquina e introduzido no circuito de
trabalho inundando o cesto porta material rotativo em uma proporção
de 6 partes de solvente para cada 1kg de resíduo num processo que
pode durar até uma hora dependendo sempre da porcentagem de
elastano e da densidade da malha do tecido em processo em nosso
15 equipamento;

2 - "PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS", caracterizado pelo fato do
solvente aquecido penetrar nas fibras do resíduo e dissolver o
elastano num processo gerado pela movimentação e rotação do porta
20 material criando as condições para a obtenção do nylon isento de
elastano; este processo de "lavagem" do material através do solvente
pode ocorrer em uma ou duas fases dependendo do estado de pureza
requerido, e para garantir que todo o elastano contido na fibra seja
retirado; entre os dois processos a máquina é sempre drenada de
25 todo o solvente que vai para tanques específicos, de modo que, a
seguir, num processo de centrifugação rápida, a 500 RPM, é retirado
todo o solvente ainda presente no resíduo que neste ponto já deverá
ser constituído de Nylon puro e isento de todo o elastano, de maneira
que, uma vez finalizado o processo de centrifugação, o nylon ainda

deve passar por um processo de secagem feito através da abertura do circuito e da introdução de ar quente que circula através do material movimentado dentro do cesto porta material rotativo;

5 **3 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato de, em paralelo com o processo do resíduo, o solvente passa por um processo de filtragem e destilação e decantação para que haja a separação de todas as impurezas geradas pelo processo e para que o elastano contido no tecido seja depositado no cesto de decantação e
10 destilação e que possa ser retirado de forma pastosa para seguir para outro processo não descrito neste nosso procedimento; uma vez o solvente isento de elastano e pronto para novo processo, este é depositado em um dos três tanques do nosso equipamento; conta com 3 tanques para permitir que sempre existam 2 tanques com
15 solvente limpo e um terceiro, pronto para receber o solvente em processo que acaba de ser utilizado, onde, na sequência, o material gerado é processado em equipamento específico para ser compactado a fim de facilitar e aumentar a velocidade do processo de extrusão;

20 **4 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato de, uma vez compactado, o material é processado em extrusoras a quente (com 1 ou 2 parafusos) específicas para este processo, recebendo a
adição de aditivos determinados pela utilização final à qual se
25 destinam os grãos, denominados de “Chips”, “Pellets” ou “ Flakes”; os aditivos são colocados na medida da necessidade do usuário final dos grãos para auxiliar em “performances” específicas como resistência, flexibilidade, tração, e auxiliar na desmoldagem; assim que os grãos são processados pela extrusora, são resfriados e secos e em seguida

embalados hermeticamente para evitar a absorção de umidade pelo nylon altamente higroscópico;

5 **5 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato de
dissolver o elastano, através do solvente DMF (Dimetilformamida) a
quente, em ambiente hermético e tendendo a ser isento de oxigênio,
através da injeção de Nitrogênio no equipamento, sendo que, após a
introdução do material a ser tratado no cesto rotativo do equipamento,
o processo é fechado hermeticamente, sendo o oxigênio retirado pela
10 introdução e substituição pelo nitrogênio, monitorado
automaticamente para que o Oxigênio nunca ultrapasse 10% da
mistura;

**6 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato do
15 solvente ser retirado do tanque (2) através de uma bomba (3) e
passando pelo sistema de aquecimento (1) que é um Schiller usado
no processo para aquecer o elastano e a seguir também vai servir
para condensar o próprio elastano, sendo o nitrogênio (4), oxigênio (5)
e moléculas de carbono (6);

20 **7 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE
NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato da bomba
(7) retirar do tanque de solvente limpo (8) e injetar no cesto rotativo
através dos bicos (9), passando antes por um pré-filtro (10) e um filtro
(11) a fim de garantir a isenção de resíduos e inundar a câmara
25 chegando a uma relação de banho de 6 litros de solvente para 1 Kg
de material, de maneira que um sistema de destilação e decantação
onde no tanque (12) o solvente contaminado é armazenado sendo
gradativamente passa pelo condensador (13), sendo esta alimentação
controlada pela bomba de vácuo (14), sendo que a seguir o solvente

condensado no reservatório (15) vai para o separador (17) sendo armazenado no reservatório (18) para ser novamente utilizado no processo;

- 8 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE**
- 5 **NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato de no tanque (16) ou tanque de destilação onde o resíduo do elastano retirado no processo fica depositado, e uma vez finalizado o processo de extração. do elastano o produto é centrifugado a 500 RPM recuperando o restante do solvente que ainda encharca o tecido a fim
- 10 de evitar todas as perdas possíveis e recuperando o máximo possível do DMF, de maneira que, uma vez o processo de centrifugação finalizado e todo o solvente possível recuperado o circuito é aberto para que o processo de secagem seja efetivado, sendo entrada de ar (19), direcionador de fluxo (20) e filtro de saída (21), de modo que o
- 15 produto resultante segue para ser processado com ou sem aditivos em grãos a fim de retornar ao processo industrial de Plásticos de engenharia ou fiação;

- 9 - “PROCESSO DE RECICLAGEM DE**
- 20 **NYLON CONTIDO EM TECIDOS”**, caracterizado pelo fato de ser hermético, isento de oxigênio, com introdução de nitrogênio e utilizando como veículo o solvente Dimethylformamide a quente e à 90°C numa relação de banho de 6 partes de solvente para uma de tecido.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

RESUMO

“PROCESSO DE RECICLAGEM DE NYLON CONTIDO EM TECIDOS”. Patente de invenção pertencente ao campo dos processos de reciclagem que utilizam produtos químicos a fim de obter um estado de pureza tal que possa levar o resíduo a ser reutilizado de forma como foi concebido e gerado quimicamente, e para tal, é necessário selecionar os resíduos separando os tecidos que contem fibras estranhas ao processo como algodão, polipropileno, poliésteres através de processos manuais e ou equipamentos de medição. Uma vez separados os elementos estranhos deve-se separar os nylons 6 do 6,6 por avaliação de pontos de fusão, que tem características diversas para utilização final tanto a nível têxteis como a nível de Plásticos de Engenharia. O resíduo ou material a ser processado e já selecionado manualmente será dividido em lotes de Nylon 6 e/ou 6,6 sempre dependendo da capacidade de carga do porta material da máquina. Uma vez formados os lotes de materiais, eles são carregados no cesto porta material da máquina, sendo o circuito de processo fechado hermeticamente. Assim, o processo é hermético, isento de oxigênio, com introdução de nitrogênio e utilizando como veículo o solvente Dimethylformamide a quente e à 90°C numa relação de banho de 6 partes de solvente para uma de tecido.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21)

PI 9301022-2 A

(22) Data de Depósito: 28/04/93

(43) Data de Publicação 22/11/94 (RPI 1251)

(51) Int Cl⁵.
D01F 13/00,
D01G 11/00,
B09B 3/00

INPI
CEDIN
DOCUMENTO ORIGINAL
BANCO DE PATENTES

(54) Título: *Processo de separação do nylon e da lycra em meias finas, tecidos, rendas e fitas elásticas de lycra*

(71) Depositante(s): Nastrotec Indústria Textil Ltda.
(BR/SP)

(72) Inventor(es): Daniel Wolff

(74) Procurador: M. Rosário Assessoria em
Propriedade Industrial S/C Ltda.

(57) **Resumo:** Trata esta patente de um processo físico-químico que separa "nylon" e "lycra" de alguns tecidos e artigos finos de vestuário, permitindo sensível economia com a reciclagem destes materiais e contribuindo para a redução da poluição ambiental. Em suas linhas gerais, o novo processo prevê a colocação de meias finas no interior de um tanque de aço inoxidável (2) que recebe ácido fórmico (3) na proporção de 5 partes de ácido para cada parte de material a ser processado, sendo o conteúdo do tanque (1), após um tempo médio de reação de cerca de 10 minutos à temperatura ambiente, forçado a passar por um filtro (4) que retém a parte sólida, na forma de uma esponja leve de "lycra", que é submetida a uma lavagem, enquanto a fase líquida é enviada a um condensador (5), onde é aquecida a 50° Celsius, de forma a evaporar o ácido fórmico, desviado para um recipiente (6) onde é forçado a atravessar uma lâmina de água (7), que o retém, com o "nylon" ficando depositado no condensador (5), sob a forma de uma espessa massa, que é resfriada a 25° Celsius e removida por meio de uma espátula.

FIGURA 1

**Relatório descritivo da patente de Invenção de
" PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO NYLON E DA LYCRA EM MEIAS
FINAS, TECIDOS, RENDAS E FITAS ELÁSTICAS DE LYCRA ".**

Refere-se a presente patente a um processo
5 físico-químico que determina a separação de " nylon " e
de " lycra ", materiais sintéticos que, na forma de fios
entrelaçados, constituem a matéria-prima utilizada na
confecção de tecidos renda, fitas elásticas de lycra e
alguns artigos finos de vestuário, em especial meias
10 femininas, permitindo este novo processo a obtenção de
sensível economia com a reciclagem dos dois componentes,
além de contribuir para a redução da poluição ambiental.

Observa-se, nos tempos que correm, uma
crescente preocupação com a racionalização do uso de
15 recursos naturais não-renováveis, buscando-se no
reaproveitamento de matérias-primas uma alternativa
válida para se postergar a inevitável exaustão de tais
recursos.

Dentre os diversos segmentos industriais em
20 que se verifica continua disseminação destes princípios,
destaca-se a indústria plástica, fundamentalmente
dependente da disponibilidade do petróleo, de onde são
derivados os compostos com que são obtidos os diferentes
materiais sintéticos produzidos pelas empresas do setor.

25 Além de considerações de ordem econômica,
cumpre mencionar as questões que envolvem aspectos
relativos à preservação ambiental, uma vez que diversos
materiais termoplásticos não apresentam características
que favoreçam sua biodegradabilidade, agravando de
30 maneira aguda os problemas de eliminação de resíduos

gerados pela progressão geométrica experimentada no emprego de tais substâncias.

Muitas peças fabricadas em um único material termoplástico permitem fácil reaproveitamento da
5 matéria-prima, bastando para tanto que sejam colocadas em um moinho triturador, sendo o material particulado resultante embalado e enviado às fábricas de peças e componentes, onde alimenta os funis das máquinas injetoras ou extrusoras, reiniciando o processo
10 produtivo.

Este método, porém, não pode ser aplicado a alguns produtos constituídos por dois ou mais materiais combinados, como é o caso de tecidos finos, renda e das meias femininas, fabricadas por meio de processo que
15 utiliza dois fios entrelaçados, compostos respectivamente pelas fibras sintéticas conhecidas comercialmente como " nylon " e " lycra ".

A inexistência de uma metodologia conhecida para o reaproveitamento destas matérias-primas,
20 possibilitando sua separação para posterior reciclagem, determina que as meias em fase final de vida útil, bem como os resíduos gerados no processo de fabricação daquelas peças de vestuário -- basicamente, pedaços de tecido e pontas de fios -- transformem-se em lixo
25 industrial, que permanece imutável na natureza, poluindo o meio ambiente.

O objeto desta patente é um processo que elimina este inconveniente, por meio de separação química, sucedida por filtração, tendo como resultado
30 uma espuma de " lycra " e u'a massa espessa constituída pelo " nylon " recuperado, materiais em condições de reaproveitamento industrial.

De início, efetua-se uma prévia seleção das meias " velhas " cuja matéria-prima se quer recuperar,
35 separando-as conforme sua cor e a qualidade do fio, e dispondo-as no interior de um tanque de aço inoxidável,

acrescentando-se ainda ácido fórmico na proporção de 5 partes de ácido para cada parte de material a ser processado.

Após cerca de dez minutos à temperatura ambiente, o conteúdo do tanque é forçado a atravessar um filtro que retém a parte sólida, na forma de uma esponja leve de " lycra ", assemelhando-se à conhecida estôpa de algodão.

Esta fase sólida é lavada, para a remoção de quaisquer resíduos de " nylon " remanescentes, sendo posteriormente retirada e armazenada, para emprego como material de enchimento de bonecas, almofadas e outras peças, podendo ainda ser reextrudada.

Por seu turno, a fase líquida é enviada a um condensador, onde é aquecida a 50° Celsius, o que provoca a separação do ácido fórmico, que passa à fase gasosa e é desviado para um recipiente onde é forçado a atravessar uma lâmina de água, que o retém. O " nylon " fica depositado no condensador, sob a forma de uma espessa massa, sendo resfriado a 25° Celsius e removido por meio de uma espátula, podendo ser reutilizado na indústria textil e de plásticos.

Para maior conhecimento e compreensão da novidade, o desenho em anexo ilustra-a, sendo a figura 1 um diagrama esquemático do novo processo.

De acordo com as ilustrações e em seus pormenores, a novidade consiste de um processo de separação de " nylon " e " lycra " constituintes de peças de vestuário (1), tais como meias finas, peças estas que são dispostas no interior de um tanque de aço inoxidável (2) que recebe ácido fórmico (3) na proporção de 5 partes de ácido para cada parte de material a ser processado, sendo o conteúdo do tanque (1), após um tempo médio de reação de cerca de 10 minutos à temperatura ambiente, forçado a passar por um filtro (4) que retém a parte sólida, na forma de uma

esponja leve de " lycra ", que é submetida a uma lavagem, enquanto a fase líquida é enviada a um condensador (5), onde é aquecida a 50° Celsius, de forma a evaporar o ácido fórmico, desviado para um
5 recipiente (6) onde é forçado a atravessar uma lâmina de água (7), que o retém, com o " nylon " ficando depositado no condensador (5), sob a forma de uma espessa massa, que é resfriada a 25° Celsius e removida por meio de uma espátula.

10 A massa de " nylon " obtida com este procedimento apresenta condições adequadas para sua remoção do interior do condensador (5), armazenagem e posterior reaproveitamento através extrusão ou outro processo adequado. Da mesma forma, a esponja de
15 " lycra " retida no filtro (4) é facilmente retirada, podendo ser empregada como material de enchimento de almofadas, poltronas, bonecos e outras peças de uso cotidiano, ou ainda passar por novo processo de extrusão, para confecção de fios utilizados na indústria
20 textil.

Evidentemente, processos similares, diferindo deste aqui descrito sob aspectos de importância secundária, permanecerão indissoluvelmente ligados ao espírito e ao escopo desta patente.

9301022

9301022

- 1 -

REIVINDICAÇÕES

1a) " *PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO NYLON E DA LYCRA EM MEIAS FINAS, TECIDOS, RENDAS E FITAS ELASTICAS DE LYCRA* ", de modo a permitir a reciclagem de ambas as
5 matérias-primas, sendo o referido processo
c a r a c t e r i z a d o por dispor as meias (1) no
interior de um tanque de aço inoxidável (2) que recebe
ácido fórmico (3) na proporção de 5 partes de ácido
para cada parte de material a ser processado, sendo o
10 conteúdo do tanque (1), após um tempo médio de reação
de cerca de 10 minutos à temperatura ambiente, forçado a
passar por um filtro (4) que retém a parte sólida na
forma de uma esponja leve de " lycra ", que é submetida
a uma ulterior lavagem, enquanto a fase líquida é
15 enviada a um condensador (5), onde é aquecida a 50°
Celsius, de forma a evaporar o ácido fórmico, desviado
para um recipiente (6) onde é forçado a atravessar uma
lâmina de água (7), que o retém, com o " nylon "
ficando depositado no condensador (5), sob a forma de
20 uma espessa massa, que é resfriada a 25° Celsius e
removida por meio de uma espátula.

FIGURA 1

- 1 -

RESUMO

Patente de Invenção de " *PROCESSO DE SEPARAÇÃO DO NYLON E DA LYCRA EM MEIAS FINAS, TECIDOS, RENDAS E FITAS ELASTICAS DE LYCRA* ".

5 Trata esta patente de um processo fisico-químico que separa " nylon " e " lycra " de alguns tecidos e artigos finos de vestuário, permitindo sensível economia com a reciclagem destes materiais e contribuindo para a redução da poluição ambiental.

10 Em suas linhas gerais, o novo processo preve a colocação de meias finas no interior de um tanque de aço inoxidável (2) que recebe ácido fórmico (3) na proporção de 5 partes de ácido para cada parte de material a ser processado, sendo o conteúdo do tanque
15 (1), após um tempo médio de reação de cerca de 10 minutos à temperatura ambiente, forçado a passar por um filtro (4) que retém a parte sólida, na forma de uma esponja leve de " lycra ", que é submetida a uma lavagem, enquanto a fase líquida é enviada a um
20 condensador (5), onde é aquecida a 50° Celsius, de forma a evaporar o ácido fórmico, desviado para um recipiente (6) onde é forçado a atravessar uma lâmina de água (7), que o retém, com o " nylon " ficando depositado no condensador (5), sob a forma de uma
25 espessa massa, que é resfriada a 25° Celsius e removida por meio de uma espátula.