

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO DE APOIO A DECISÃO PARA MELHORIA DA
PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO APL DE CONFECÇÕES DO
AGRESTE PERNAMBUCANO**

LUIZA CRISTINA JORDÃO BRAGA VILAÇA DA ROCHA
Orientadora: Prof^a. Suzana de França Dantas Daher, DSc

CARUARU, DEZEMBRO / 2014

R672m	Rocha, Luiza Cristina Jordão Braga Vilaça da. Modelo de apoio a decisão para melhoria da produção mais limpa no APL de confecções do Agreste de Pernambuco. / Luiza Cristina Jordão Braga Vilaça da Rocha. - Caruaru: O Autor, 2014. 91f.: il. ; 30 cm. Orientadora: Suzana de França Dantas Daher Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2014. Inclui referências bibliográficas 1. Métodos multicritério de apoio à decisão. 2. Produção. 3. PROMETHEE. I. Daher, Suzana de França Dantas. (Orientadora). II. Título. 658.5 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2014-167)
-------	--

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORADA COMISSÃO DE DEFESA
DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE**

LUIZA CRISTINA JORDÃO BRAGA VILAÇA DA ROCHA

**MODELO DE APOIO A DECISÃO PARA MELHORIA DA
PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO APL DE CONFECÇÕES DO
AGRESTE PERNAMBUCANO**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DECISÃO MULTICRITÉRIO

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a candidata Luiza Cristina Jordão Braga Vilaça da Rocha **APROVADA**.

Caruaru, 17 de Dezembro de 2014.

Prof^a. Suzana de França Dantas Daher, DSc (UFPE)
Orientadora

Prof^a. Ana Paula Henrique Gusmão, DSc (UFPE)

Prof^a. Luciana Hazin Alencar, DSc (UFPE)

*Aos meus filhos,
com amor.*

AGRADECIMENTOS

Ao bom Deus, por iluminar meus caminhos e me dar força para superar todas as dificuldades, e à Virgem Maria, pela intercessão e exemplo de vida.

Ao meu esposo, Anderson Rocha, por acreditar em mim. Agradeço pelo carinho e compreensão, que sempre me fortaleceram.

Aos meus filhos, Letícia e Rafael, pelo afeto e sorrisos que me animaram durante toda a caminhada.

Aos meus pais, por acreditarem sempre em mim. Agradeço todos os esforços que fizeram para que eu alcançasse meus objetivos.

Às minhas irmãs, pela ajuda incondicional que recebi. Agradeço por saber que sempre poderei contar com vocês.

Aos meus avós, tios e primos, que sempre estiveram próximos a mim, proporcionando diversos momentos de descontração.

À minha orientadora, professora DSc. Suzana de França Dantas Daher, pelos ensinamentos e orientação que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

A todos os professores, em especial a Ana Paula Gusmão, Lúcio Camara, Maisa Silva, Marcele Elisa, Marcelo Hazin, Marina Duarte e Renata Maciel, que não mediram esforços para nos proporcionar conhecimentos durante as aulas.

Às amigas que conquistei, em especial a Djuri, Géssika, Isabela, Victor, Milka e Renata, pelos estudos em grupo e, sobretudo, pelo desejo de crescermos juntos, apoiando uns aos outros sempre que necessário.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – Centro Acadêmico do Agreste (PPGEP-CAA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pela oportunidade de realizar o curso.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro sob a forma de bolsa ao longo do curso e do período de execução do trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram direta, ou indiretamente, para a minha formação, o meu muito obrigada!

*“Sou aquele que não escolhe as estradas
Vou aonde minha vida me leva
Vou ao vento buscando fugir à treva
Iluminado pelas emoções em casa deixadas.”*

Luís Eduardo Almeida

RESUMO

A Produção mais Limpa (PmaisL) vem se mostrando uma ferramenta útil para viabilizar o desenvolvimento sustentável das empresas. Um dos motivos é a sua capacidade de proporcionar a essas organizações benefícios ambientais e econômicos, com poucos investimentos de recursos financeiros. É crescente o número de empresas, nos mais diferentes setores produtivos, que têm incluído, dentre as suas atividades no chão de fábrica, ações que viabilizam o atendimento a objetivos ambientais e em alinhamento com os objetivos estratégicos da organização e da produção. No entanto, ao analisar as empresas pertencentes ao Arranjo Produtivo Local (APL) de Confecções do Agreste de Pernambuco, percebeu-se que se trata de uma realidade ainda distante da maioria dessas empresas. Face a importância deste APL para o desenvolvimento regional e estadual, este trabalho propõe um modelo multicritério de apoio a decisão baseado no método PROMETHEE V para a definição de um portfólio de ações voltadas para PmaisL que permita a melhoria da produtividade dessas empresas. O modelo proposto considera tanto o sistema de preferências do tomador de decisão quanto as restrições inerentes ao negócio. A aplicação numérica desenvolvida ilustra a pertinência do modelo com a problemática analisada. Este trabalho focou apenas na redução de resíduos sólidos para as empresas do setor de confecções, não obstante seja possível incorporar outros aspectos da PmaisL, tais como, a redução do consumo de energia, reciclagem, entre outros.

Palavras-chaves: Produção mais limpa. PROMETHEE V. Modelo de apoio a decisão.

ABSTRACT

Cleaner Production (CP) has proved to be a useful tool for supporting companies in achieving a sustainable development. One reason for that is the possibility to gather environmental and economic benefits with just a few investments. A growing number of companies in different production sectors are including activities on their production plant, actions that enable the fulfillment of environmental goals and in accordance with the strategic objectives and production goals. However, when analyzing the companies belonging to the Pólo de Confecções do Agreste Pernambucano, a Local Productive Arrangement (LPA) of State of Pernambuco, focused on apparel sector it was realized that exists a long distance from the actual reality of most of these companies. Given the importance of this LPA for the development of the region and the State, this research proposes a multi-criteria decision model based on the PROMETHEE V method for defining a portfolio of actions for PmaisL enabling improved productivity of these companies. The proposed model considers both system of preferences of decision maker and the restrictions inherent of the business. A numerical application was developed to illustrate the applicability of the model with the problem analyzed. This research focused only on reducing solid waste of companies in the apparel industry, nevertheless it is possible to incorporate other aspects of cleaner production, such as reducing energy consumption, recycling, among others.

Keywords: Cleaner Production. PROMETHEE V. Decision support model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Tipos de pesquisa científica	5
Figura 2.1 – Fatores de tomada de decisão.....	9
Figura 2.2– Interação entre os atores no processo decisório de uma organização	10
Figura 2.3 – Critério usual.....	15
Figura 2.4 – Quase critério	15
Figura 2.5 – Limiar de preferência	15
Figura 2.6 – Pseudo critério.....	16
Figura 2.7 – Área de indiferença	16
Figura 2.8 – Critério gaussiano	16
Figura 2.9 – Fluxo que sai da alternativa.....	17
Figura 2.10 – Fluxo entrante.....	17
Figura 2.11 – Pilares do desenvolvimento sustentável.....	23
Figura 2.12 – Fluxograma da PmaisL	24
Figura 3.1 – Fluxograma da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecção.....	32
Figura 3.2 – Indicador do número de empresas na cadeia têxtil em 2010	35
Figura 3.3 – Indicador do número de empregos na cadeia têxtil em 2010.....	35
Figura 3.4 – Distribuição do setor pelo porte das empresas em 2011	36
Figura 3.5 – Cidades que compõem o Polo de Confecção do Agreste de Pernambuco	37
Figura 3.6 – Ciclo básico do processo produtivo têxtil	39
Figura 3.7– Classificação dos resíduos.....	41
Figura 3.8 – Custo da geração de resíduos	42
Figura 3.9 – Sobras de tecido do processo de corte.....	43
Figura 3.10 – Acúmulo diário de retalhos	43
Figura 4.1 – Interface inicial do modelo.....	45
Figura 4.2 – Fluxo do modelo	46
Figura 4.3 – Interface para a definição dos critérios	48
Figura 4.4 – Interface para a definição das alternativas	49
Figura 4.5 – Interface da definição das restrições do problema	51
Figura 4.6 – Interface da matriz de consequências.....	51
Figura 5.1 – Matriz de consequências	58
Figura 5.2 – Resultado do PROMETHEE II	59

Figura 5.3 – interface da planilha de portfólio das alternativa de ações	59
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Matriz de Consequências	12
Tabela 2.2 – Critérios gerais para o PROMETHEE	15
Tabela 3.1 – Valor da produção e pessoal ocupado em 2010.....	34
Tabela 5.1 – Definição da escala de 5 pontos.....	55
Tabela 5.2 – Restrição de Orçamento e Tempo.....	57
Tabela 5.3 – Análise de sensibilidade	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Análise de SWOT do APL de confecções no Agreste	3
Quadro 2.1 – Comparação da abordagem convencional com a PmaisL	22
Quadro 2.2 - Exemplos de modificações no processo no contexto têxtil.....	24
Quadro 4.1 – Lista de critérios para avaliação da PmaisL	47
Quadro 5.1 – Critérios para avaliação das alternativas	54
Quadro 5.2 – Definição dos pesos e estrutura de preferência dos critérios.....	55
Quadro 5.3 – Alternativas de ações estratégicas para implementação da PmaiL.....	56
Quadro 5.4 – Portfólio de ações	60

LISTA DE SIGLAS

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
APL	Arranjo Produtivo Local
ELECTRE	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Category-Based Evaluation Technique</i>
MAUT	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
MCDA	Modelo Multicritério de Apoio a decisão
PmaisL	Produção mais Limpa
PNUMA	Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
SMART	<i>Simple Multi-attribute Rating Technique</i>
SWOT	<i>Strengths / Weaknesses / Opportunities / Threats</i>
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i> (Organização pelo Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativa	2
1.2	Objetivos	4
1.2.1	Objetivo geral	4
1.2.2	Objetivos específicos	4
1.3	Metodologia da pesquisa	4
1.4	Organização do trabalho	6
2	BASE CONCEITUAL.....	8
2.1	Fatores de tomada de decisão	8
2.2	Métodos Multicritérios de apoio a decisão	10
2.2.1	Métodos PROMETHEE	14
2.2.2	PROMETHEE V	17
2.3	Uso da Produção mais limpa para melhoria dos processos produtivos	20
2.3.1	História da PmaisL	20
2.3.2	Objetivos da PmaisL.....	22
2.4	Revisão da Literatura	26
2.5	Considerações finais do capítulo	29
3	O SETOR TÊXTIL NO AGRESTE PERNAMBUCANO	31
3.1	Contexto histórico da cadeia produtiva têxtil e de confecção brasileira e sua participação no âmbito mundial	31
3.2	O APL de confecção do agreste pernambucano	37
3.3	Problemática dos resíduos sólidos nas empresas têxteis	40
3.4	Considerações finais do capítulo	44
4	MODELO PROPOSTO	45
4.1	Considerações finais do capítulo	52
5	APLICAÇÃO NUMÉRICA.....	53
5.1	Empresa do APL de confecção no Agreste pernambucano	53
5.2	Estruturação do problema e aplicação do modelo	53
5.3	Discussão dos resultados	60
5.3.1	Análise de sensibilidade	61
6	CONCLUSÕES	63

REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES.....	71
ANEXOS.....	75

1 INTRODUÇÃO

A preservação ambiental converteu-se em um dos fatores de maior influência no comportamento da sociedade a partir dos anos 90. A necessidade de conciliar preservação ambiental e crescimento sócio-econômico, duas questões que anteriormente eram tratadas separadamente, foi intensificada, acentuando também a pressão sobre as organizações que passaram a contemplar a dimensão ambiental em suas estratégias sob risco de perderem competitividade.

Tais empresas começaram a adotar uma postura proativa, evoluindo de uma abordagem de “fim-de-tubo” ou sanitaria, típica nos estudos de engenharia sanitária (associada a sistemas de saneamento básico), para a abordagem preventiva de engenharia ambiental (Seiffert, 2009). Passou-se a enfatizar medidas de prevenção da poluição, maximização do uso das matérias-primas e diminuição do consumo de energia e água como forma de reduzir os impactos ambientais negativos oriundos de suas atividades. Em diversos contextos de decisões empresariais, a questão ambiental tornou-se um elemento importante, estando sujeita a aspectos e pressões legais, sociais e mercadológicas.

As decisões empresariais, no entanto, geralmente não estão baseadas em um único enfoque ou critério. Vários aspectos, muitas vezes conflitantes, devem ser simultaneamente considerados (Vincke, 1992; Almeida, 2011) e, em algumas situações, a necessidade de considerar as preferências de mais de um decisor (Daher & Almeida 2012; Daher & Almeida, 2010). Diante dessa complexidade, assim como da diversidade e quantidade de dados disponíveis, o processo de tomada de decisão necessita de um tratamento mais adequado, de forma a fornecer ao decisor o suporte ideal para o direcionamento do seu negócio (Bidgoli, 1989; Binder, 1994; Stabell, 1994; Stair, 1998).

Tomar uma decisão consiste na escolha de uma alternativa, dentre várias, que ofereça, tanto quanto possível, as melhores consequências (Cardoso et al., 2009). No cenário das indústrias de confecção, a tomada de decisão torna-se um desafio ainda mais complexo devido à imprevisibilidade do mercado global da moda, caracterizado pelo curto ciclo de vida dos produtos, tempo de resposta rápido e grande variedade de produtos, que acarreta, por exemplo, em várias mudanças em termos de demanda, estilo e quantidade, intensificando a globalização nestes mercados (Ngai et al., 2014). Esse desafio é intensificado pelo aumento da consciência ambiental por parte dos clientes/consumidores, provocando a necessidade de adoção de medidas corretas que envolvam uma produção mais limpa (PmaisL), isto é, uma aplicação contínua de estratégias ambientais preventivas e integradas com a finalidade de

reduzir os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente, conforme definido pela UNIDO (Organização pelo Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas) e pelo PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente).

1.1 Justificativa

A forte concorrência no setor de confecção de vestuário fez com que surgisse no Arranjo Produtivo Local (APL) do agreste pernambucano um número cada vez maior de empresas concorrendo pelo mesmo mercado (Lima; Sicsú; Padilha, 2007). Esse acirramento exige que tais empresas sejam cada vez mais competitivas e definam suas estratégias e ações de modo mais eficiente.

É sabido, entretanto, que as empresas deste APL conduzem seus negócios de forma desestruturada, muitas vezes em virtude da informalidade do setor e do despreparo de seus gestores, tendo como características produtos com baixo valor agregado, predominância de micro e pequenos empreendimentos e mão de obra pouco qualificada. Tais características representam um entrave para o crescimento e modernização do setor, desfavorecendo seu sucesso competitivo no mercado (Rocha & Daher, 2014). O processo de tomada de decisão, em especial as decisões estratégicas para o negócio foco deste APL, deveria passar a ser feito de maneira mais técnica e fundamentada e não apenas baseada no “sentimento” dos gestores.

Conforme apontam dados da matriz SWOT apresentados no relatório anual do SEBRAE (2013), ilustrados no Quadro 1.1, a questão ambiental é um dos principais pontos fracos das empresas do APL de confecções do agreste pernambucano. Alinhado a isso, o aumento da consciência ambiental pelos clientes/consumidores também representa uma potencial ameaça para estas empresas.

É perceptível que a consciência ambiental ainda não faz parte da realidade de todas as empresas do APL de confecções. Muitas delas, principalmente as empresas de menor porte, priorizam apenas a necessidade de reduzir custos de produção e aumentar a eficiência dos processos para se manterem competitivas no mercado, dando um tratamento superficial à dimensão ambiental. Entretanto, verifica-se que, tradicionalmente, essas empresas consomem altos índices de energia elétrica e geram grande quantidade de resíduos, tais como aparas de tecido, pó e artefatos com defeito de estamparia ou corte (Faria & Pacheco, 2011).

Nascimento et. al. (2008), argumentam que é necessário modificar a forma de agir em relação às questões socioambientais, sendo possível conciliar a sustentabilidade econômica

com a sustentabilidade social e ambiental. Ou seja, é preciso integrar objetivos ambientais ao processo estratégico organizacional.

Quadro 1.1 – Análise de SWOT do APL de confecções no Agreste

	Pontos Fortes	Pontos Fracos
	Ambiente Interno	Ambiente Externo
	• Preço baixo do produto; • Baixo custo da mão de obra; • Capacidade empreendedora; • Adaptabilidade à mudança; • “Pessoas bravas, guerreiras”; • Formas de negociar adotadas; • Capacidade produtiva das pessoas e máquinas; • Localização do Polo; • Radiação do Polo; • Alta concentração de empresas em pequeno espaço.	• Má formação da mão de obra; • Escassez de trabalhadores, especialmente, qualificados; • Falta de profissionalismo; • Predominância de empresas informais; • Carga tributária excessiva; • Questão ambiental; • Imagem da região, como produtora de bens de baixa qualidade; • Falta de segurança.
	Oportunidades	Ameaças
	• Formalização; • Conquista de mercados no Sul e Sudeste.	• Concorrência de fora (produtos chineses, sobretudo); • Informalidade, especialmente, nas relações de trabalho; • Aumento da consciência ambiental; • Carga tributária alta para os formais; • Especulação imobiliária; • Guerra fiscal (ICMS de confecções reduzido em vários estados).

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2013)

A reciclagem de resíduos se mostra uma excelente alternativa para a busca do desenvolvimento sustentável por completo, por permitir a economia de energia elétrica, bem como um menor uso de recursos naturais na produção. Nesse sentido, o estudo da gestão de resíduos sólidos tem atraído a atenção de muitos pesquisadores da área de modelos de apoio a decisão nos últimos anos, pois através do desenvolvimento destes, pode-se representar uma situação do mundo real, estudar seu comportamento e tomar decisões com base nas conclusões dele extraídas (Simonetto, et al. 2014).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Esse estudo concentrou-se nas empresas do APL de Confecções do Agreste de Pernambuco e tem por objetivo geral propor um modelo de apoio a decisão que permita a definição de um portfólio de ações relativas à redução da emissão de resíduos gerados durante a produção na indústria têxtil, considerando as necessidades, limitações e estratégias das empresas deste APL.

1.2.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos deste trabalho têm-se:

- Modelar o processo produtivo das empresas pertencentes ao APL de Confecções;
- Identificar o macroambiente e ambiente setorial onde a APL de Confecções do Agreste pernambucano está inserido;
- Realizar levantamento sobre o contexto do APL de Confecções do Agreste pernambucano quanto às políticas de produção mais limpa;
- Propor modelo multicritério de apoio a decisão para auxiliar as empresas a atingir de maneira mais eficiente os objetivos estratégicos do negócio quanto à redução dos resíduos sólidos;

1.3 Metodologia da pesquisa

Prodanov & Freitas (2013) definem uma pesquisa como a atividade de conhecer cientificamente e explicar fenômenos, fornecendo respostas às questões ou problemas significativos, mediante a aplicação de procedimentos científicos. Já a metodologia, que, segundo Fonseca (2002), deriva das palavras *methodos* (organização) *logos* (estudo sistemático), compreende a escolha realizada pelo pesquisador para abordar o objeto de estudo. Assim, entende-se por metodologia da pesquisa a forma escolhida pelo pesquisador para resolver problemas a partir do conhecimento científico ou explicar o acontecimento de fenômenos. A Figura 1.1 resume os tipos de pesquisas científicas, destacando a abordagem usada neste trabalho.

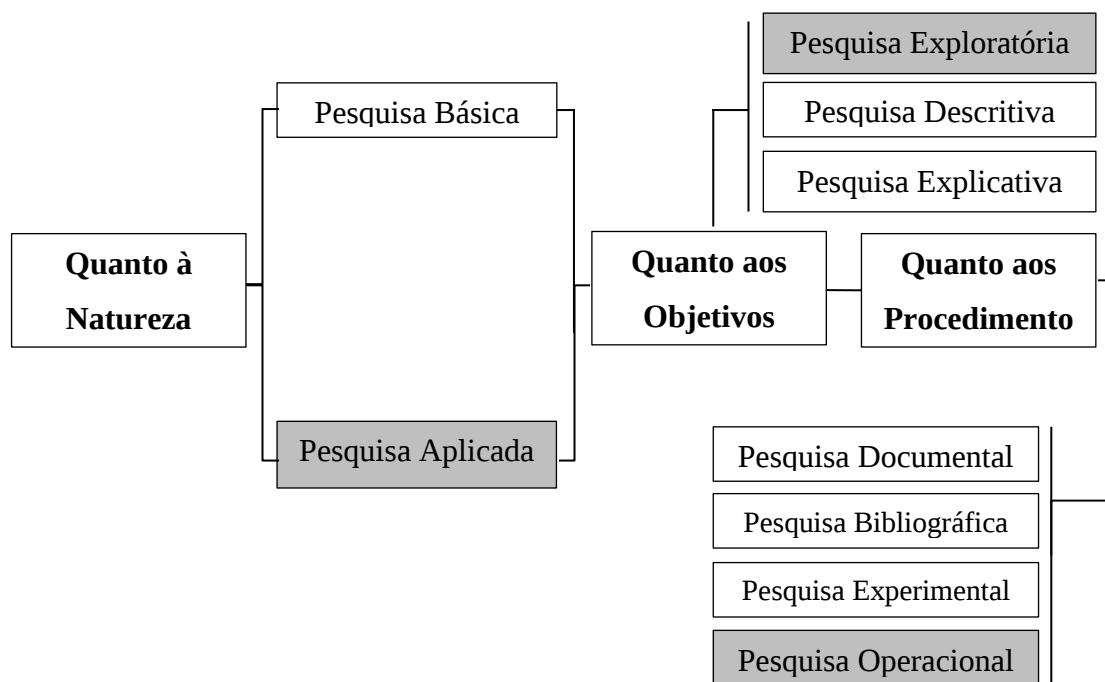


Figura 1.1 – Tipos de pesquisa científica
 Fonte: Adaptado de Prodanov & Freitas (2013)

A partir deste entendimento, a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho baseia-se nos conceitos da pesquisa aplicada, fundamentada, quanto aos procedimentos, pela pesquisa bibliográfica sobre os modelos multicritérios, para cenários envolvendo um ou mais decisores, e uso da PmaisL como ferramenta de melhoria dos processos produtivos, focando no estudo detalhado do contexto no qual se encontra o APL de confecções do Agreste de Pernambuco.

Para tal, serão realizados estudos exploratórios em artigos científicos, livros, relatórios, análise de exemplos e entrevistas com alguns gestores das indústrias de confecção do APL do Agreste, reunindo informações sobre o assunto, com interesse em proporcionar maior familiaridade com o problema da pesquisa.

Quanto aos procedimentos, a metodologia adotada neste trabalho baseia-se na modelagem da Pesquisa Operacional de Mitroff et al. (1974), caracterizada por quatro fases: contextualização, modelagem, aplicação e implantação dos resultados propostos pelo modelo.

Na contextualização são descritas as características do problema e as variáveis necessárias para a criação do modelo. Na fase da modelagem, são estabelecidas as especificações do modelo e o desenvolvimento do modelo em si. A terceira fase diz respeito à aplicação numérica do modelo. Para esta aplicação, utilizaram-se valores numéricos fictícios para avaliação das alternativas segundo os critérios definidos pelo decisor. A quarta, e última,

fase envolve a implantação dos resultados propostos pelo modelo. A implantação dos resultados, contudo, foge ao escopo deste trabalho.

Sob o ponto de vista do enfoque do problema, a pesquisa caracteriza-se como quantitativa, por analisar e aplicar uma metodologia numérica, e qualitativa, por compreender o contexto e a realidade das empresas desse APL.

Diante do exposto, o desenvolvimento do projeto dar-se-á da seguinte forma: (1) Levantamento de dados para identificação e estruturação do problema em questão. Para isso, será analisado o cenário no qual o Polo de Confeccões está inserido, assim como as atividades produtivas críticas que geram maior índice de resíduos sólidos; (2) Proposição de um modelo, baseado em um método multicritério de apoio a decisão, que facilite a identificação de um portfólio de alternativas de ações que aumente a eficiência da produção com a redução de resíduos, dado às restrições existentes. Nesta fase, também são listados possíveis critérios de avaliação que representam os objetivos do problema e as alternativas de ação para implantação da PmaisL; (3) Aplicação do modelo proposto em uma empresa deste Polo, considerando o contexto da empresa e a estrutura de preferências do decisor; (4) Análise e discussão dos resultados obtidos.

1.4 Organização do trabalho

Além deste capítulo onde foram apresentados a justificativa, os objetivos e a metodologia, o presente trabalho encontra-se dividido em mais cinco capítulos, conforme descritos a seguir.

O segundo capítulo apresenta a temática do trabalho através da base conceitual, fornecendo a fundamentação teórica e uma revisão da literatura. Neste capítulo são apresentados os principais conhecimentos sobre modelos multicritérios de apoio a decisão e uso da produção mais limpa para melhoria dos processos produtivos.

O terceiro capítulo contextualiza o setor têxtil nacional e, posteriormente, evidencia a realidade do agreste pernambucano, abordando a problemática dos resíduos sólidos e as consequências da deterioração ambiental ocasionada por suas atividades produtivas.

O quarto capítulo apresenta um modelo de apoio a decisão, baseado em um método multicritério que dá suporte ao processo decisório no que tange à gestão de resíduos sólidos têxteis;

No quinto capítulo é apresentada uma aplicação numérica baseada numa empresa do setor de confecções do APL do Agreste de Pernambuco. Nesta seção também são apresentadas as discussões e os resultados referentes à pesquisa.

E, por último, o sexto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, comentando sobre as limitações e escopo do trabalho, bem como sugestões para futuros trabalhos.

2 BASE CONCEITUAL

A grande concorrência advinda, principalmente, do aumento da tecnologia, faz com que os gestores procurem informações cada vez mais precisas como fonte estratégica para a organização. A esse respeito, Almeida & Ramos (2002) afirmam que, em função dessa concorrência, a gestão da informação tem se tornado objeto de preocupação crescente não só para estudiosos, como também para estas empresas, através de seus gerentes e executivos.

O aumento da concorrência também tem exigido que as empresas definam suas estratégias e ações de forma mais eficiente, enfatizando também a necessidade por ferramentas que auxiliem seus gestores no processo de tomada de decisão.

2.1 Fatores de tomada de decisão

Em geral, solucionar problemas é uma das atividades mais importantes que um gestor desempenha na organização (Stair, 1998), visto que os problemas acontecem constantemente em toda e qualquer organização. Várias decisões precisam ser tomadas em todo momento sempre que há um problema com pelo menos duas alternativas de ação e múltiplos objetivos a serem atendidos, muitas vezes conflitantes (Gomes, 2002; Almeida, 2013). Muitas dessas decisões, entretanto, são bastante complexas, pois envolvem grande quantidade de informações quantitativas e qualitativas que precisam ser consideradas no processo decisório (Hammond et al., 1998 *apud* Clericuzi et al., 2006).

O modelo desenvolvido por Herbert Simon, e posteriormente expandido por George Huber, divide o processo decisório em cinco fases: inteligência, projeto, escolha, implementação e monitoramento (Almeida, 2013). A Figura 2.1 ilustra esta visão do processo decisório.

No primeiro estágio da fase de decisão, o da inteligência, faz-se um estudo sobre a organização e o ambiente no qual ela está inserida, investigando os problemas de decisão/oportunidades em potencial, ou seja, as situações que requerem uma decisão. São coletados e processados dados de diferentes fontes relacionados com a causa e escopo do problema, objetivando obter uma visão proativa através da antecipação dos problemas.

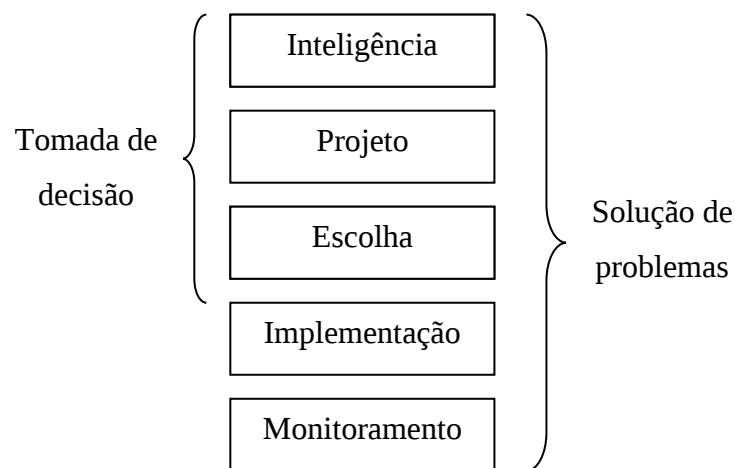


Figura 2.1 – Fatores de tomada de decisão

Fonte: Adaptado de Bidgoli, 1989; Stair, 1998 e Almeida, 2013.

No estágio do projeto são geradas e avaliadas possíveis alternativas, analisando cursos de ação, viabilidade, implicações e acessibilidade de cada solução. Nesse estágio, também se desenvolvem a criação do modelo de decisão e as interações com o decisor para verificação de sua estrutura de preferências.

O terceiro estágio, o da escolha, representa o último no processo de tomada de decisão. Nele, as alternativas são comparadas, visando escolher a melhor ou sugerir melhorias, conforme seja a problemática. Tal problemática, no entanto, não se limita à escolha da melhor alternativa, também pode estar relacionada à ordenação, descrição, classificação e portfólio (maiores detalhes sobre os tipos de problemática na seção 2.2 deste trabalho).

As duas últimas fases, referentes à solução de problemas, dizem respeito à implantação, ou execução da alternativa de ação escolhida, e ao monitoramento, onde ocorre a avaliação da implementação, comparando os resultados previstos com os que foram alcançados.

O processo de tomada de decisão, entretanto, não é uma abordagem fácil de ser resolvida, dada a complexidade da quantidade de variáveis envolvidas. Simon (1960) *apud* Clericuzi et al. (2006), acrescenta que essa dificuldade aumenta devido ao fato de que as pessoas têm capacidades limitadas para considerar as diferentes consequências oriundas do processo decisório. Uma forma de diminuir esse risco é através do uso de modelos confiáveis e adaptáveis às mudanças do negócio, capazes de empregar informações importantes de forma rápida para a tomada de decisão (Clericuzi, et al., 2006).

2.2 Métodos Multicritérios de apoio a decisão

Decisões são necessárias sempre que estamos diante de um problema com pelo menos duas alternativas de ação e a escolha é conduzida pelo anseio de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes, necessitando de um balanceamento entre eles (Almeida, 2013; Belton & Stewart, 2002). À medida que estas decisões tornam-se complexas demais, o uso de abordagens multicritério de apoio a decisão é tido como uma opção construtiva, pois ajuda os decisores a estabelecer sua estrutura de preferências, avaliar as alternativas que estão sendo consideradas, assim como considerar as consequências geradas por sua decisão (Rocha & Daher, 2014).

Entende-se por decisões complexas aqueles problemas com grande número de critérios, normalmente conflitantes, em que os critérios e as alternativas estão interligados e/ou não são definidos de forma clara, e a solução do problema envolve julgamentos de valores pessoais (Almeida, 2013). É importante frisar que, mesmo que a responsabilidade pela decisão, em última análise, seja de um único indivíduo, essas decisões raramente são tomadas de forma isolada e, em alguns casos, necessitam que sejam tomadas por grupos de decisores (Daher & Almeida 2012; Almeida; Moraes; Costa; Alencar; Daher, 2012). A decisão será geralmente o produto de uma interação entre as preferências de diversos indivíduos. A esse respeito, Roy (1996) afirma que, na realidade, a decisão global se desenvolve de uma forma um tanto caótica, evoluindo dos confrontos entre as preferências dos diferentes atores envolvidos no processo. A figura 2.2 representa como ocorre a influência dos diferentes atores envolvidos nesse processo decisório.

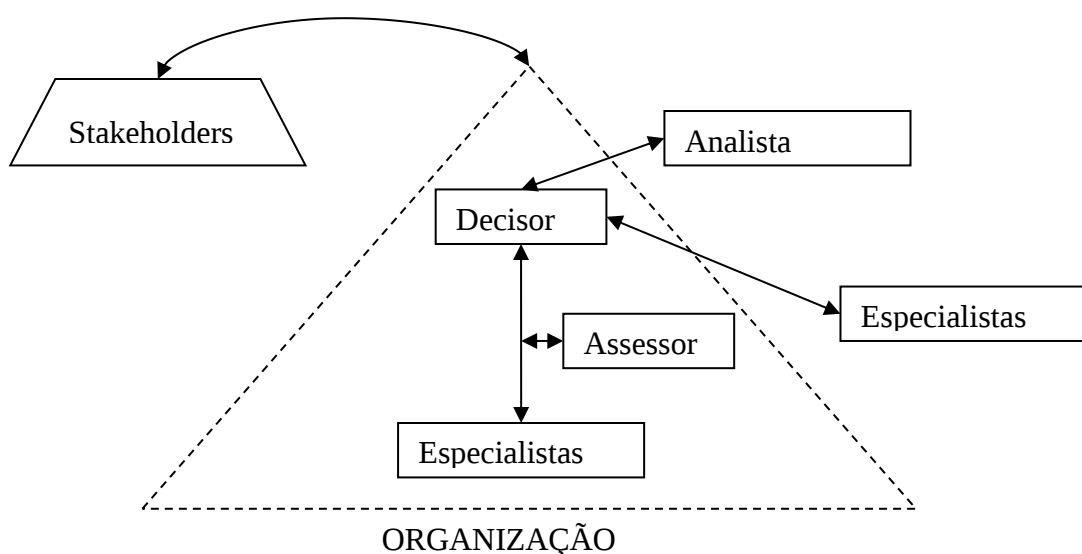


Figura 2.2– Interação entre os atores no processo decisório de uma organização

Fonte: Adaptado de Almeida (2013).

Ao decisor, figura chave no processo decisório, confere-se o poder sobre a decisão final a ser tomada, assim como a responsabilidade pelas consequências da decisão. A competitividade da organização, desta forma, está relacionada ao desempenho do decisor e a forma como este analisa os problemas (Almeida, 2013). Os demais atores são, portanto, influenciadores no processo decisório, ou seja, eles não exercem qualquer poder decisório, mas têm a capacidade de influenciar o decisor.

Deste modo, ao analista cabe o papel de facilitador, fornecendo o suporte metodológico ao processo, ou seja, auxilia o decisor no entendimento do problema e na obtenção de informações relevantes. O assessor, ou cliente, ou ainda preposto, tem a função de intermediar a relação entre o decisor e o analista. Geralmente é alguém mais próximo ao decisor. O especialista, por sua vez, pode estar interno ou externo à organização e desempenha um papel importante no processo, pois entende do problema em si. Assim, cabe a ele fornecer informações factuais sobre o problema em questão. Por fim, os *stakeholders*, segundo Roy (1996), são as figuras que tentam influenciar o decisor, visto que são afetados pela decisão a ser tomada. O autor ainda acrescenta que podem existir outros autores, chamados de “terceira parte”, que são afetados pela decisão, mas que têm um papel passivo no processo.

Assim, as abordagens multicritério de apoio a decisão têm início quando alguém percebe que o problema é importante o suficiente para explorar o potencial da modelagem formal (Belton & Stewart, 2002). Modelos de apoio a decisão correspondem, portanto, a uma representação formal, mas simplificada do problema enfrentado, fazendo uso de um método de apoio multicritério a decisão (*Multiple-Criteria Decision Analysis* - MCDA). Os autores complementam que a expressão MCDA é usada como um termo genérico para descrever um conjunto de abordagens formais que procuram atender explicitamente múltiplos critérios no intuito de ajudar os indivíduos, ou grupos, a explorarem suas decisões.

Os MCDA objetivam dar ao decisor algumas ferramentas, a fim de capacitá-lo a avançar na resolução de um problema de decisão onde vários pontos de vista devem ser considerados. Trata-se de uma área da Pesquisa Operacional surgida na década de 70 que tem tido um considerável crescimento ao longo dos últimos anos, perceptível tanto pelo aumento do número de artigos publicados em periódicos de Pesquisa Operacional e de Teoria da Decisão, quanto pelo grande número de comunicações sobre o tema em reuniões científicas (Vincke, 1992).

A literatura mostra uma série de contextos em que os MCDA podem ser aplicados. Tais métodos, no entanto, diferem de acordo com o tipo de saída requisitado pelo decisor, ou seja,

pela forma como este decisor classifica e compara as alternativas. Nesse sentido, Roy (1996) identificou quatro tipos de problemáticas: (1) Problemática de Escolha (P. α) – possibilita a decisão pela simples escolha de um subconjunto das alternativas; (2) Problemática de Classificação (P. β) – classifica as ações dentro de classes ou categorias. As categorias são definidas *a priori* conforme um conjunto de normas; (3) Problemática de Ordenação (P. γ) – coloca as ações segundo alguma forma de preferência de ordenação; (4) Problemática de Descrição (P. δ) – descreve ações e suas consequências de maneira sistemática e formalizada.

Posteriormente, Belton & Stewart (2002) adicionaram mais duas problemáticas (1) Problemática do Desenho – pesquisa, identifica ou cria novas alternativas de decisão para alcançar as metas e aspirações reveladas por meio do processo MCDA; (2) Problemática de Portfólio – objetiva escolher um subconjunto de alternativas de um grande conjunto de possibilidades, considerando não apenas as consequências das alternativas individualmente, mas também a maneira com que estas alternativas interagem entre si.

As alternativas são avaliadas em função de suas consequências e consistem na combinação de valores assumidos por um conjunto de variáveis contínuas. Assim, para cada alternativa, o decisor obtém uma consequência que tem várias dimensões. Cada dimensão representa uma consequência em um dos critérios (Almeida, 2013). Para avaliar as alternativas considera-se uma matriz de consequência representada conforme a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Matriz de Consequências

	Critério 1	Critério 2	Critério m
Alternativa 1	$v_1(a_1)$	$v_2(a_1)$	$v_m(a_1)$
Alternativa 2	$v_1(a_2)$	$v_2(a_2)$	$v_m(a_2)$
Alternativa n	$v_1(a_n)$	$v_2(a_n)$	$v_m(a_n)$

Fonte: Este estudo

Existem diversos tipos de classificações para os métodos MCDA. É possível classificar os métodos quanto às características de suas alternativas, podendo ser do tipo discreto ou contínuo; pode-se classificar quanto ao tipo de agregação, sendo ordinal, baseada em informação parcial e lógica *fuzzy*; e pode-se também classificá-los quanto à estrutura de preferências do decisor e ao tipo de racionalidade que este considera no contexto do estudo, dividindo-se em métodos compensatórios e métodos não compensatórios (Almeida, 2013). No entanto, a classificação mais usual está dividida em três grandes famílias (Roy, 1996; Vincke,

1992; Pardalos, et al., 1995): Critério único de síntese, Método de Sobreclassificação e Método interativo.

A primeira família de métodos, de origem Americana, consiste em agregar os diferentes pontos de vista em uma única função global, o que dá uma característica compensatória ao modelo. Ou seja, esse conjunto de métodos permite compensar um menor desempenho de uma alternativa em um dado critério por meio de um melhor desempenho em outro critério. Nesse conjunto de métodos encontram-se o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Category-Based Evaluation Technique*), o SMART (*Simple Multi-attribute Rating Technique*) e suas derivações, e o MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*).

Com inspiração francesa, os métodos de sobreclassificação, realizam comparação par a par das alternativas, sem buscar uma função de agregação analítica entre elas. Isto é, não são métodos compensatórios, assim, a preferência por dada alternativa depende apenas dos critérios que a favorecem. Nessa segunda classificação, a literatura apresenta duas principais vertentes: a família do ELECTRE e a família do PROMETHEE (Almeida, 2013; Belton & Stewart, 2002; Roy, 1996; Vincke, 1992). Dentre os métodos da família do ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*), encontram-se: ELECTRE I (problemática de escolha, com uso de critério verdadeiro), ELECTRE IS (problemática de escolha, com uso de pseudocritério), ELECTRE II (compreende uma problemática de ordenação das alternativas, com uso de critério verdadeiro), ELECTRE III (problemática de ordenação, com uso de pseudocritério), ELECTRE IV (problemática de ordenação, com uso de pseudocritério, sem uso dos pesos para os critérios), ELECTRE TRI (problemática de classificação, com uso de pseudocritério) (Almeida, 2013).

Na família do PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), por sua vez, destacam-se: PROMETHEE I (produz uma pré-ordem parcial das alternativas para problemas de ordenação), PROMETHEE II (fornece uma pré-ordem completa para a problemática de ordenação), PROMETHEE III (indicado para problemas de decisão mais sofisticados com tratamento probabilístico dos fluxos), PROMETHEE IV (envolve variáveis contínuas para problemas de ordenação e escolha), PROMETHEE V (incorpora as restrições do problema com otimização inteira e se aplica a problemática de portfólio) e, por fim, PROMETHEE VI (especifica intervalos de valores para situações em que o decisor não está apto ou não quer definir pesos precisos para os critérios).

Por fim, os métodos interativos baseiam-se na heurística. São métodos que alternam entre etapas de cálculo, produzindo soluções sucessivas, e etapas de diálogo, que permitem uma fonte de informações extra sobre as preferências do decisor (Vincke, 1992). Sobre esse conjunto de métodos, pode ser citado o TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) que busca modelar os padrões de preferência em tomadas decisões que envolvem situações de risco (Gomes & Lima, 1992).

2.2.1 Métodos PROMETHEE

A família de métodos de sobreclassificação PROMETHEE foi desenvolvida e apresentada pela primeira vez por Jean-Pierre Brans em 1982 em uma conferência da Universidade Laval, em Quebec no Canadá (Brans, 1982 *apud* Behzadian et al., 2010). A aplicação dos métodos dessa família pode ser observada em diferentes campos de estudo dado suas propriedades matemáticas e sua facilidade de uso (Rocha & Daher, 2014; Wang & Yang, 2006; Silva; Levino; Silva, 2013).

Para a implementação dos métodos dessa família, faz-se necessário uma aplicação em duas fases. Na primeira fase, objetiva-se construir uma relação de sobreclassificação das alternativas, isto é, são realizadas as comparações par a par entre as alternativas para um dado conjunto de critérios. As consequências das alternativas avaliadas devem ser maximizadas ou minimizadas, conforme cada critério. Nesta etapa, o decisor também estabelece o peso p_i (grau de importância) para cada critério. A partir desses pesos, obtém-se o grau de sobreclassificação $\pi(a, b)$ para cada par ordenado de alternativas (a,b), conforme fórmula seguinte:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b) \quad (2.1)$$

Onde:

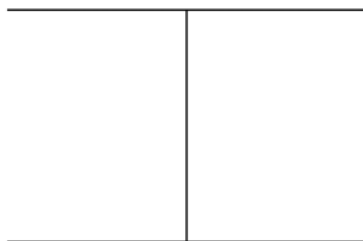
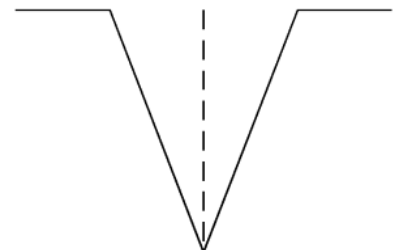
$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (2.2)$$

De acordo com Belton & Stewart (2002), a intensidade de preferência da alternativa ‘a’ sobre a alternativa ‘b’, $F_i(a, b)$, é descrita por uma função de diferença nos níveis de desempenho nesse critério para as duas alternativas ($g_i(a) - g_i(b)$). Esta função tem valores entre o intervalo zero e um, sendo zero para indiferença entre as duas alternativas, ou não preferência, e um para preferência estrita. Há seis formas básicas para estimar os parâmetros dessa função ($g_i(a) - g_i(b)$). A Tabela 2.2 resume essas formas.

Tabela 2.2 – Critérios gerais para o PROMETHEE

1. <i>Critério usual</i> ; não há parâmetro a ser definido (Figura 2.3).	$g_i(a) - g_i(b) > 0$ $g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F_i(a, b) = 1$ $F_i(a, b) = 0$
2. <i>Quase critério</i> ; define-se o parâmetro q (Figura 2.4).	$g_i(a) - g_i(b) > q$ $g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F_i(a, b) = 1$ $F_i(a, b) = 0$
3. <i>Limiar de preferência</i> ; define-se o parâmetro p (Figura 2.5).	$g_i(a) - g_i(b) > p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$F_i(a, b) = 1$ $F_i(a, b) = g_i(a) - g_i(b)/p$ $F_i(a, b) = 0$
4. <i>Pseudo critério</i> ; definem-se os parâmetros q e p (Figura 2.6).	$g_i(a) - g_i(b) > p$ $q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F_i(a, b) = 1$ $F_i(a, b) = 1/2$ $F_i(a, b) = 0$
5. <i>Área de indiferença</i> ; definem-se os parâmetros q e p (Figura 2.7).	$g_i(a) - g_i(b) > p$ $q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$ $g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$F_i(a, b) = 1$ $F_i(a, b) =$ $(g_i(a) - g_i(b) - q)/p - q$ $F_i(a, b) = 0$
6. <i>Critério gaussiano</i> ; o desvio-padrão deve ser fixado (Figura 2.8).	$g_i(a) - g_i(b) > 0$ $g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	A preferência aumenta segundo uma distribuição normal. $F_i(a, b) = 0$

Fonte: Almeida (2013)

Figura 2.3 – Critério usual
Fonte: Almeida (2013)Figura 2.4 – Quase critério
Fonte: Almeida (2013)Figura 2.5 – Limiar de preferência
Fonte: Almeida (2013)

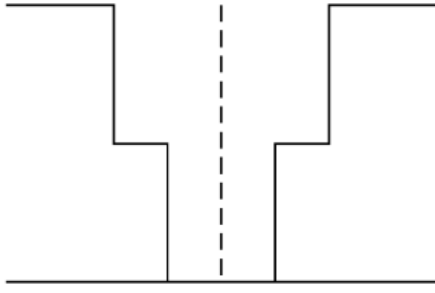


Figura 2.6 – Pseudo critério
Fonte: Almeida (2013)

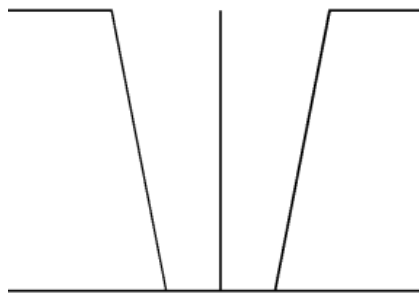


Figura 2.7 – Área de indiferença
Fonte: Almeida (2013)

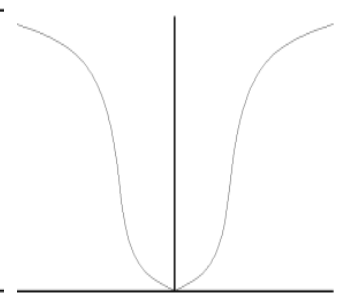


Figura 2.8 – Critério gaussiano
Fonte: Almeida (2013)

O próximo passo consiste, então, na exploração dessa relação de sobreclassificação. Assim, com a avaliação das alternativas para todos os critérios, duas pré-ordens são construídas. A primeira representada pelas alternativas em que ‘a’ sobreclassifica as outras alternativas (Figura 2.9), e a segunda com as alternativas em que ‘a’ é sobreclassificada pelas demais (Figura 2.10). Esses valores são originados do somatório das avaliações de cada alternativa diante dos critérios, multiplicadas pelos pesos relativos de cada critério e dividido pelo número de alternativas menos um, conforme fórmulas seguintes:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in a} [P_i(a, b)] \quad (2.3)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{a \in b} [P_i(b, a)] \quad (2.4)$$

Assim, são formados dois fluxos: o primeiro com a ordem de sobreclassificação de uma alternativa sobre as demais, e o segundo com a ordem de sobreclassificação de todas as alternativas sobre a primeira. Cada um desses fluxos define uma pré-ordem completa das alternativas. O PROMETHEE I baseia-se na interseção desses fluxos e fornece uma ordem parcial, indicando quando uma alternativa sobreclassifica a outra, quando são indiferentes entre si ou quando são incomparáveis.

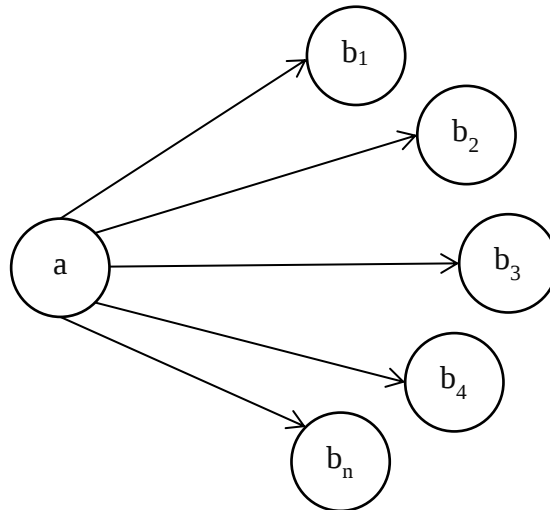


Figura 2.9 – Fluxo que sai da alternativa
Fonte: Adaptado de Almeida (2013).

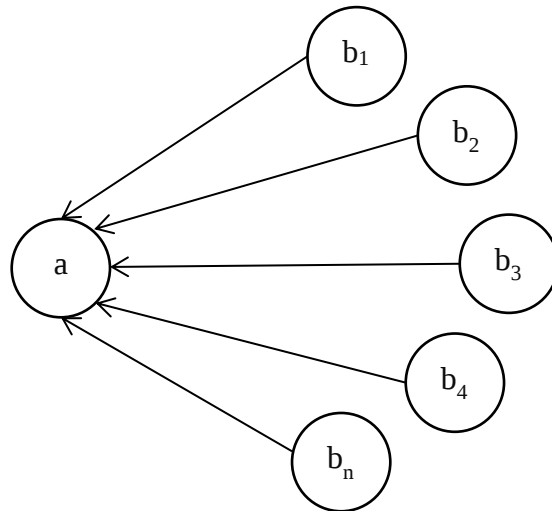


Figura 2.10 – Fluxo entrante
Fonte: Adaptado de Almeida (2013).

Por sua vez, o PROMETHEE II apresenta uma pré-ordem completa, através da definição de um fluxo líquido que pode ser obtido a partir da fórmula:

$$\phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (2.5)$$

Segundo Brans & Vincke (1985), a pré-ordem completa pode ser questionável uma vez que há perda de informação no processo decisório.

2.2.2 PROMETHEE V

O método PROMETHEE V é a combinação do método PROMETHEE II com otimização linear inteira binária para a problemática de portfólio. Essa problemática do

portfólio se caracteriza por levar em consideração não apenas os benefícios e restrições individuais de cada alternativa de ação, mas a sinergia entre elas, ou seja, considera as alternativas como um conjunto, onde o valor total agregado pelo portfólio é superior à soma dos valores das alternativas agregadas individualmente (López & Almeida, 2014).

Vetschera & Almeida (2012) definem um problema de portfólio como um problema que envolve: (1) A seleção de um ou mais de um conjunto de alternativas possíveis; (2) Certas restrições, que limitam a possibilidade de selecionar as alternativas; (3) Resultados determinados por alguma agregação de propriedades dos itens selecionados.

Assim, o PROMETHEE V utiliza, inicialmente, os conceitos do PROMETHEE II para a ordenação das alternativas da melhor para a pior, utilizando o fluxo líquido como sua função objetivo, e considerando as restrições identificadas no problema para se aplicar a seleção do conjunto de alternativas. A função objetivo é, então, aplicada utilizando a programação inteira binária, descrita pela seguinte fórmula:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n \phi_i x_i \quad (2.6)$$

Sujeito a:

$$\sum_r \delta_n x_i \begin{bmatrix} \geq \\ = \\ \leq \end{bmatrix} \varphi_r \quad (2.7)$$

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{se } x_i \text{ for selecionada} \\ 0 & \text{se } x_i \text{ não for selecionada} \end{cases}$$

Onde:

ϕ_i é o fluxo líquido da alternativa x_i ;

x_i é uma variável binária indicando se a alternativa relacionada está incluída no portfólio;

δ_n é a contribuição da alternativa x_i relativa à restrição r ;

φ_r é o valor referente à restrição r .

Há um importante aspecto relacionado aos fluxos líquidos do PROMETHEE II, entretanto. Alguns de seus fluxos têm scores positivos e outros negativos (permitidos no PROMETHEE II), porém a existência de valores negativos na função objetivo do PROMETHEE V caracterizaria que esta alternativa traria prejuízos para a organização, o que não condiz com a realidade, pois uma alternativa é considerada devido à possibilidade de trazer benefícios. Mavrotas et al. (2006 *apud* Almeida et al., 2014) mencionam que esta

questão não fora esclarecida em estudos anteriores do PROMETHEE V. Assim, para que haja sentido sua utilização no PROMETHEE V, seus valores negativos devem ser alterados.

O fluxo líquido de cada alternativa é, então, subtraído do menor fluxo líquido, tornando todos os valores não negativos (Almeida & Costa, 2010), conforme fórmula a seguir:

$$\phi = \phi_i + |\min \phi_i| \quad (2.8)$$

Onde:

$\min \phi_i$ representa o menor fluxo líquido (valor negativo), considerando-se todas as alternativas.

Estudos recentes, contudo, têm mostrado a existência de problemas com esta transformação de escala, visto que a alternativa com menor fluxo líquido passaria a ter valor zero, deixando de ser considerada no portfólio. Isto poderia sugerir que, ao ser adicionado um valor ε , conforme fórmula seguinte, o problema seria superado (Almeida & Vetschera, 2012).

$$\phi = \phi_i + |\min \phi_i| + \varepsilon \quad (2.9)$$

Assim, sendo $k > |\min \phi_i|$, a transformação de escala poderia ser aplicada da seguinte forma:

$$\phi'_i = \phi_i + L \quad (2.10)$$

A esse respeito, Almeida & Vetschera (2012) mostraram que apenas essa transformação dos fluxos em valores positivos não é suficiente. Os autores afirmam que, enquanto as transformações lineares nas escalas dos fluxos líquidos não alteram os resultados do PROMETHEE II, elas podem mudar o resultado para os portfólios do PROMETHEE V. Ou seja, as mudanças de escala podem incorrer em distorções, levando a escolha de conjuntos de portfólios diferentes, dependendo do valor da constante L .

Para ultrapassar este problema de escala, os autores criaram o conceito de c-ótimo PROMETHEE V (do inglês, *c-optimum*) que se baseia na resolução do seguinte modelo:

$$\max \sum_i \phi_i x_i \quad (2.11)$$

Sujeito a:

$$\sum_r \delta_r x_i \begin{cases} \geq \\ = \\ \leq \end{cases} \varphi_r \quad (2.12)$$

$$\sum_i x_i = c \quad (2.13)$$

O modelo acima incide em selecionar o melhor portfólio com um número de c projetos. Almeida & Vetschera (2012) provaram que o portfólio utilizando o conceito de c-ótimo para um dado valor de c permanece o mesmo para qualquer valor do parâmetro de transformação k

para a formulação do modelo. Mais detalhes sobre o conceito em Almeida & Vetschera (2012).

2.3 Uso da Produção mais limpa para melhoria dos processos produtivos

2.3.1 História da PmaisL

A preocupação com os problemas ambientais decorrentes do crescimento do consumo, do avanço tecnológico e do aumento da população teve início, de maneira lenta e diferenciada entre os diferentes agentes, a partir da década de 60, quando iniciaram as discussões sobre os riscos da degradação do meio ambiente (Barbieri, 2008; Simonetto et al., 2014). Uma das teses destas discussões, baseada na Teoria Populacional Malthusiana, alegava que se o crescimento da população, o nível de industrialização, a produção de alimentos e a poluição e o consumo de recursos se mantivessem constantes, os limites de desenvolvimento do planeta seriam atingidos dentro de cem anos (Meadows et al., 1972 *apud* Barbieri, 2008).

Baseado nesse cenário pessimista, um novo entendimento foi firmado sobre a relação entre meio ambiente e desenvolvimento a partir da Conferência de Estocolmo (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, 1972) que tinha como lema a frase “Uma Terra só”. A conferência constituiu-se um marco fundamental para a evolução da percepção planetária do problema ambiental (Barbieri, 2008). O autor apresenta como se deu a evolução dessa percepção, em três fases: (1) Percepção local dos problemas ambientais, atribuídos à negligência das pessoas. As ações usadas para corrigir tais práticas eram de natureza passiva, corretiva e reativa. (2) Percepção generalizada do problema ambiental, atendo-se, contudo, aos limites territoriais dos estados nacionais. Às práticas corretivas e repressivas foram acrescentadas a prevenção da poluição e a melhoria dos sistemas. (3) Percepção planetária do problema decorrente do desenvolvimento praticado pelos países. Questionaram-se as políticas e as metas de desenvolvimento praticadas pelos estados nacionais, baseados numa visão economicista, onde há poucos países desenvolvidos e, a maioria deles, não desenvolvidos.

A preocupação planetária ocorreu depois do lançamento das bombas nas cidades de Hiroshima e Nagasaki no Japão, onde o ser humano realmente passou a considerar a hipótese de que o mundo pudesse de fato ser destruído pelo ser humano.

Em 1980, surgiu pela primeira vez a expressão “Desenvolvimento Sustentável” com o objetivo de harmonizar três pilares: o desenvolvimento social, econômico e a conservação ambiental, considerando a capacidade do planeta em sustentar o desenvolvimento e as necessidades das futuras gerações (CMMAD, 1991 *apud* Terra, 2010). A definição mais

aceita para desenvolvimento sustentável é a de que se trata do desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem diminuir a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. Ou seja, é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) complementa que desenvolvimento sustentável é um processo de transformação em que a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, para atender as necessidades humanas (Barbieri, 2008).

As empresas, por sua vez, também começaram a buscar soluções para alcançar o desenvolvimento sustentável e, ao mesmo tempo, aumentar seu lucro, através de tecnologias ambientalmente saudáveis. Entende-se por tecnologias ambientalmente saudáveis, as tecnologias que protegem o meio ambiente, ou seja, as tecnologias menos poluentes, que usam os recursos de forma sustentável, reciclam mais seus resíduos e produtos e tratam os despejos residuais de maneira mais aceitável do que as tecnologias tradicionais que vieram a substituir (Conferência..., 1995).

Tal expressão (“tecnologias ambientalmente saudáveis”) deu origem, em 1984, ao conceito de Produção mais Limpa (PmaisL), que vem do termo em inglês *Cleaner Production Programme*, quando o PNUMA concluiu que o custo de tratar o resíduo gerado era maior do que o custo de reduzi-lo na fonte (Faria & Pacheco, 2011). Os autores ainda acrescentam que, em 1994, foram criados os Centros Nacionais de PmaisL para ajudar as empresas e políticas governamentais de alguns países em desenvolvimento, a implementar as estratégias de PmaisL. No Brasil, o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) foi sediado no SENAI do Rio Grande do Sul e teve como lema “prevenir é sempre mais barato que remediar”.

A PmaisL tinha três propósitos: lançar menos poluição ao meio ambiente, gerar menos resíduos e consumir menos recursos naturais, principalmente os não-renováveis (Barbieri, 2008). Ela representa a evolução de uma abordagem de “fim-de-tubo” (*end-of-pipe*), ou sanitária, típica nos estudos de engenharia sanitária (associada a sistemas de saneamento básico), que se baseia no controle da poluição no final do processo produtivo, em que as empresas buscam amenizar os prejuízos ambientais causados pelos processos produtivos, tratando o problema sob uma ótica reativa e seletiva. O Quadro 2.1 apresenta uma comparação entre as abordagens convencional e PmaisL.

Dentro dessa ótica, algumas empresas, então, passaram a adotar essa postura proativa, enfatizando medidas de prevenção da poluição, maximização do uso das matérias-primas e

diminuição do consumo de energia e água. O uso racional dos recursos passou a ser uma opção econômica para aumentar a eficiência dos processos produtivos e melhorar a competitividade das organizações, consolidando a PmaisL como uma ferramenta extremamente útil para a promoção do desenvolvimento sustentável (SENAI, 2007).

Quadro 2.1 – Comparação da abordagem convencional com a PmaisL

Gestão convencional de resíduos	Produção mais Limpa
O que se pode fazer com os resíduos existentes?	De onde vêm os resíduos?
Quais as formas de se livrar deles?	Como eliminar ou reduzir na fonte?
Quem pode comprar retalho?	Por que são gerados?

Fonte: SENAI (2007)

2.3.2 Objetivos da PmaisL

A PmaisL refere-se a uma abordagem de proteção ambiental mais ampla que considera todas as fases do processo de manufatura, assim como o ciclo de vida do produto, incluindo também seu uso e descarte. Trata de uma aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica que contempla mudanças nos produtos e processos produtivos para reduzir ou eliminar os rejeitos antes que eles sejam criados (Barbieri, 2008). Ou seja, o principal objetivo da PmaisL é chegar ao final do processo sem redução dos valores qualitativos e quantitativos dos produtos, minimizando gastos com energia, água e material e gerando menos poluentes. Esse objetivo é possível através da alteração de linhas de processo, substituição de matérias-primas e capacitação de trabalhadores (SENAI, 2007).

Baseada no conceito de desenvolvimento sustentável, a PmaisL está alicerçada nos três pilares da sustentabilidade: social, econômico e ambiental. A Figura 2.11 ilustra estes três pilares e as interações existentes entre eles.

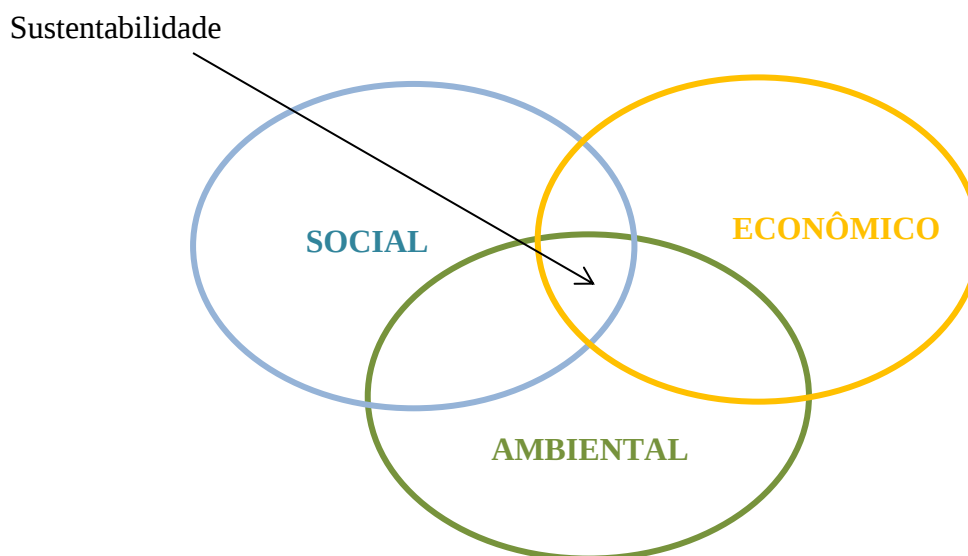


Figura 2.11 – Pilares do desenvolvimento sustentável

Fonte: Este estudo

Por meio da PmaisL, é possível fazer uma análise de como as operações são realizadas e diagnosticar em quais as etapas existe desperdício. A Figura 2.12 exibe, através de um fluxograma, os níveis de prioridade da PmaisL e suas respectivas ações.

A sequência de prioridade da PmaisL segue da esquerda para a direita, ou seja, primeiro busca-se evitar ou minimizar a geração de resíduos e emissões na fonte (nível 1). Este primeiro nível compreende duas sequências alternativas:

1. Modificação no processo – esse tipo de modificação contempla mudanças na etapa de transformação da matéria-prima em produto acabado, envolvendo uso de energia e recursos diversos. Um conjunto de medidas práticas pode ser adotado como forma de modificação de processo:
 - a. *Housekeeping* – são alterações no processo sem exigência de mudanças tecnológicas significativas. Incluem mudanças organizacionais, como, por exemplo, o uso cuidadoso das matérias-primas e insumos, organização do estoque e *layout*. Na maioria dos casos, estas medidas são economicamente viáveis e mais fáceis de serem colocadas em prática (SENAI, 2007).
 - b. Substituição de matéria-prima – substituição de matérias-primas com baixo aproveitamento devido à má qualidade, por exemplo.
 - c. Modificação de tecnologia – tais modificações variam de um nível mais simples até mudanças tecnológicas substanciais.

2. Modificação no produto – as modificações envolvem a substituição do produto ou de alguns de seus detalhes.

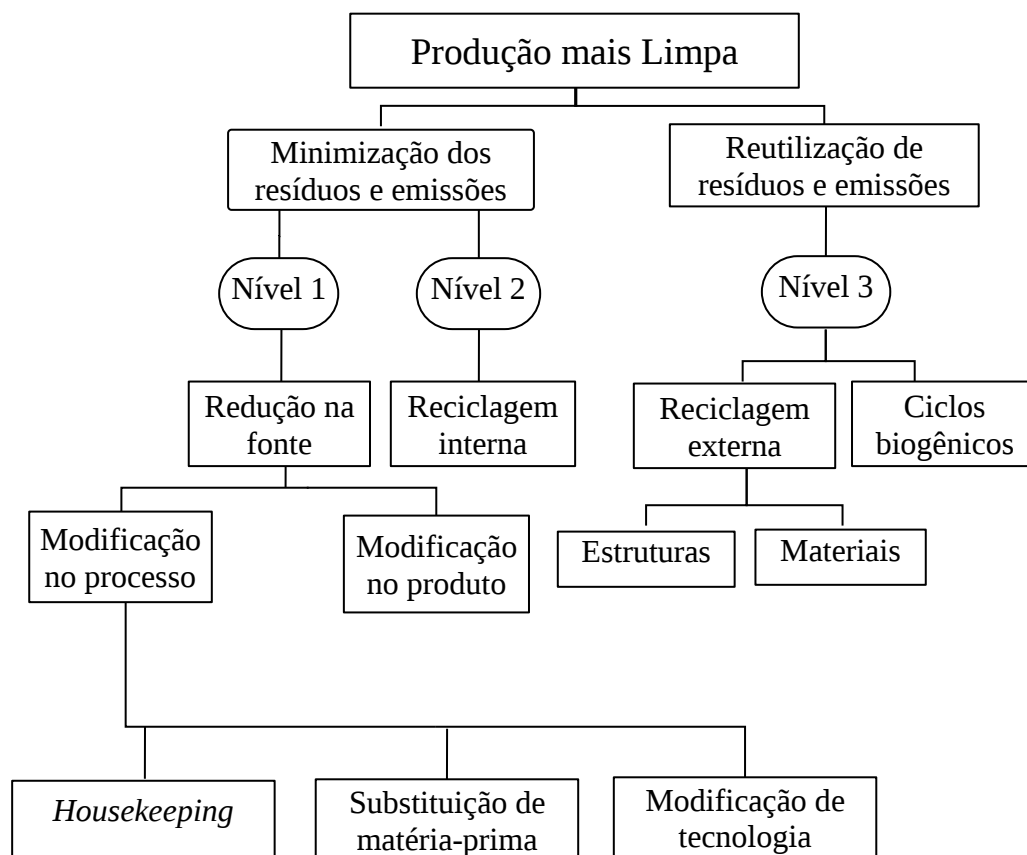


Figura 2.12 – Fluxograma da PmaisL

Fonte: SENAI (2007)

O relatório do SENAI (2007) traz vários exemplos de medidas de modificação no processo que podem ser realizadas no contexto das empresas de confecção (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 - Exemplos de modificações no processo no contexto têxtil

Modificações no Processo	Ações
<i>Housekeeping</i>	• Organização do estoque de matéria-prima e aviamentos; • Organização do <i>layout</i> conforme a sequência operacional de montagem das peças; • Reorganização dos intervalos de limpeza e de manutenção; • Eliminação de perdas devido à procura de materiais; • Melhoria de logística de compra, estocagem e distribuição de

	matérias-primas, insumos e produtos; • Elaboração de manuais de boas práticas operacionais; • Capacitação de pessoal envolvido no programa de PmaisL; • Otimização dos fluxos de material; • Melhoria do sistema de informação; • Padronização de operações e procedimentos; • Substituição de matérias-primas e aviamentos.
Substituição de matéria-prima	• Substituição de fornecedor cujos tecidos possuem alto grau de defeitos ou irregularidade na largura.
Substituição tecnológica	• Substituição do processo de encaixe e risco da modelagem, de um modelo manual para digitalizado.

Fonte: SENAI (2007)

Os resíduos que não puderem ser evitados com as medidas expostas acima, devem ser reciclados internamente (nível 2), isto é, reintegrados ao processo produtivo da empresa. Uma opção para a reciclagem interna, descrita pelo SENAI (2007), é a utilização dos resíduos das matérias-primas no desenvolvimento de produtos alternativos.

Por fim, depois de esgotadas as alternativas anteriores, os resíduos que não puderem ser reutilizados no próprio processo da empresa, passam para o próximo nível (nível 3) que compreende a reciclagem externa e o reaproveitamento em ciclos biogênicos, ou seja, o tratamento de emissões e a disposição de resíduos no meio ambiente. Vale destacar, no entanto, que a priorização desses níveis é definida em cada empresa, de acordo com seu contexto e suas estratégias de negócio.

Outro ponto que também merece destaque é que a adoção dessa ferramenta (PmaisL) tornou-se bastante apropriada para empresas de menor porte por não exigir tecnologias sofisticadas nem grandes aquisições, podendo gerar benefícios ambientais e econômicos com pequenos investimentos (Domingues & Paulino, 2009). Os autores ainda apontam que, entre as principais dificuldades para o acesso das microempresas e empresas de pequeno porte à ferramenta, estão a ausência de sistemas de gestão ambiental e de ferramentas destinadas ao controle, monitoramento, destinação final e reciclagem dos resíduos gerados no processo produtivo. Alguns outros obstáculos destacados pelos mesmos autores são resistência à mudança; falta de informação sobre a técnica; barreiras técnicas (novas tecnologias) e

econômicas (investimentos ambientais incorretos); inexistência de políticas nacionais de suporte às atividades de PmaisL.

Por outro lado, as razões para implantação da ferramenta são: melhoria da eficiência produtiva e qualidade do produto; redução de custo com matérias-primas, insumos e energia; melhoria nas condições de trabalho; estímulo a inovações no processo e nos produtos; melhoria da imagem da empresa; aumento da vantagem competitiva; minimização das pressões da legislação ambiental.

2.4 Revisão da Literatura

Diferentes estudiosos têm pesquisado sobre como as ferramentas de apoio a decisão podem contribuir para a melhoria do processo decisório na gestão das empresas (Meirelles & Gomes, 2009; Zamberlan & Zamberlan, 2011; Athayde et al., 2014; de Sant'anna et al., 2011; Serrano & Peça, 2008).

Para esse fim, os modelos de apoio a decisão são vistos como importantes ferramentas no auxílio ao processo decisório de áreas distintas. Almeida Filho & Costa (2010), por exemplo, apresentaram um modelo para otimização dos ganhos competitivos advindos da implantação dos sistemas de informações. O trabalho usa técnicas da programação linear para otimizar os ganhos competitivos da organização, permitindo considerar as restrições pertinentes ao contexto da organização.

Cunha & Cortes (2014) desenvolveram um sistema baseado em planilha eletrônica para otimizar o problema de programação diária das entregas de concreto produzidos em centrais dosadoras de uma empresa. O sistema engloba decisões de qual central dosadora deverá atender cada cliente e em qual horário cada veículo de entrega deverá ser carregado nessa central. Seguindo também a linha de otimização.

Munhoz & Morabito (2013), propuseram um modelo que busca a excelência na gestão da cadeia de suprimentos de uma indústria cêtrica localizada no estado de São Paulo. O modelo é baseado em um método determinístico de programação linear com múltiplos produtos, estágios e períodos, visando suprir o decisor com uma ferramenta de suporte e análise efetiva à tomada de decisão em nível tático, para a modelagem das incertezas inerentes ao planejamento agregado de produção.

Métodos de apoio a decisão também são uma opção amplamente utilizada atualmente. Aydin & Kahraman (2012) avaliaram a qualidade dos sites de e-commerce na Turquia através da metodologia AHP associada à lógica *fuzzy* devido à complexidade da estrutura que inclui

fatores quantitativos e qualitativos, depois usaram os resultados para comparar essa metodologia com a metodologia VIKOR, chegando às mesmas avaliações com ambos os métodos.

Wang & Yang (2006) propuseram um modelo de decisão quantitativo baseado no AHP, usado para estruturar o problema e determinar os pesos dos critérios, e no PROMETHEE II, usado no ranqueamento final das alternativas, para auxiliar os decisores na definição de prioridades da terceirização das atividades de SI, buscando colher o máximo de benefícios da terceirização.

Zandi & Tavana (2010) também apresentaram um modelo híbrido que integra uma técnica para ordenar preferências pela similaridade da solução ideal (TOPSIS) com decisão multi-objetivo (MODM), usando uma abordagem multi-atributo (MADM) para construir uma relação de preferências para ordenamento das alternativas relacionadas à avaliação de projetos na área de tecnologia da informação.

Almeida, Almeida e Costa (2014) propuseram um modelo de decisão multicritério para a seleção de um portfólio de projetos de sistema de informação (SI) que busca integrar a visão estratégica e organizacional dentro de uma estrutura de decisão multicritério, baseado no PROMETHEE V. Chaves & Gomes (2013) utilizaram a metodologia MACBETH para avaliar alternativas de biocombustíveis menos agressivas que o petróleo que fossem, ao mesmo tempo, adequadas ao contexto nacional.

Já sobre MCDA no contexto têxtil, Yesim, Yildiz, Özbek, 2012 utilizaram a metodologia TOPSIS auxiliar no processo decisório da seleção e avaliação de fornecedores de uma dada empresa de vestuário na Turquia. Zamcopé, et al. (2010), por sua vez, também utilizaram uma empresa do setor têxtil e de confecção do Paraná para avaliar a performance dos operadores logísticos. O trabalho também faz uso do *software* Macbeth, objetivando aprimorar o gerenciamento dos operadores logísticos e da cadeia como um todo, gerando recomendações para melhoria de seu desempenho. Zamcopé, et al. (2012) utilizaram a metodologia multicritério construtivista, utilizando do *software* Macbeth, para identificar os indicadores de desempenho de sustentabilidade e mensurar o grau de alcance das propriedades analisadas da organização quanto ao seu compromisso com a sustentabilidade, tanto individual quanto globalmente, de uma indústria do setor têxtil e vestuário de médio porte do estado do Paraná. Rocha & Daher (2014) propuseram a metodologia PROMETHEE II a fim de ordenar as alternativas para melhoria de um dos fatores críticos de sucesso

identificado na matriz de importância e desempenho para o setor de confecção do Agreste de Pernambuco.

Não obstante, o conceito de sustentabilidade também tem sido aplicado em áreas distintas. Molinari et al. (2012) que contribuíram com os avanços científicos relacionados a PmaisL, buscando formas de reduzir as perdas de matéria-prima no processo de fabricação de tintas anticorrosivas para revestimentos. O resultado deste trabalho foi a construção de uma ferramenta gráfica que fornece uma comparação em termos de custo econômico e risco ambiental.

Pimenta & Gouvinhas (2007) estimaram os impactos da implementação da PmaisL em uma empresa do setor de panificação da cidade de Natal-RN. Terra (2010) realizou um estudo para avaliar os princípios de ecoeficiência na gestão dos processos industriais no setor gráfico. Simonetto, et al. (2014) apresentam o desenvolvimento, validação e experimentação de um modelo de simulação de cenários para um município da região sul do Brasil, o qual permite um planejamento e dimensionamento das áreas para destinação dos resíduos gerados pela população.

Vinodh, et al. (2014) avaliaram o nível de sustentabilidade da produção de uma empresa de fabricação de máquinas e auto-peças situada em Tiru-chirappalli, Tamil Nadu e Índia, utilizando um sistema de apoio a decisão computacional baseado numa lógica fuzzy. Cardoso et al. (2009) analisaram, por meio de dois estudos de caso, a gestão de resíduos plásticos e a gestão de materiais, avaliando as consequências da substituição do material utilizado na embalagem por um material mais sustentável. Para esta avaliação, fez-se uso da metodologia de análise multicritério THOR, alinhando o conceito de sustentabilidade às ferramentas de MCDA. Outros estudos sobre geração e avaliação de soluções mais sustentáveis para melhoria da qualidade e/ou quantidade das águas também são muito discutidos na literatura (Chamberlain, et al., 2014; Gonçalves, 2009; Azevedo; Porto; Porto, 1998).

Com foco na ferramenta de sustentabilidade PmaisL no contexto têxtil, Faria & Pacheco (2011) pesquisaram sobre a relevância e aplicabilidade do tema para auxiliar os profissionais da área têxtil a minimizarem o consumo de insumos como água, energia e produtos químicos, bem como a geração de resíduos e efluentes na fonte. Em seus resultados estão incluídos as experiências nacionais e internacionais com a implementação da ferramenta na indústria têxtil, ilustrando casos de sucesso em vários países que mostram os ganhos financeiros e ambientais alcançados.

Freire & Lopes (2013), por sua vez, fizeram uma investigação sobre as práticas de gestão dos resíduos gerados pelos processos produtivos têxteis e suas implicações diante das exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12305, de agosto de 2010. Milan et al. (2010) objetivaram despertar o interesse dos responsáveis pelas indústrias de confecção para as práticas de redução de resíduos provenientes, principalmente, do seu processo de corte.

Assis et al. (2008) estimaram a quantidade de retalhos gerada por uma indústria de confecção de vestuário de médio porte localizada na cidade de Colatina, Espírito Santo, e, mediante esse levantamento de informações, propuseram uma cartilha com o objetivo de ser utilizada em qualquer empresa, contendo as diretrizes necessárias para um gerenciamento adequado dos resíduos da confecção. A cartilha traz orientações sobre o manejo de forma adequada dos tecidos, a redução, reutilização/reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos.

É possível observar, no entanto, que há uma lacuna na literatura recente com a problemática que agregue a construção de modelos de apoio a decisão para a sustentabilidade no contexto têxtil, sendo esta um das contribuições deste estudo.

2.5 Considerações finais do capítulo

A utilização de modelos de apoio a decisão possibilita aumentar a eficiência do processo produtivo das empresas, assistindo aos decisores na tomada de decisão mais rápida e segura, já que ele permite simular cenários estratégicos e considerar inúmeras alternativas em tempo e custo reduzidos.

Quando estas decisões são complexas demais, entretanto, o uso de métodos multicritérios de apoio a decisão, tornam-se facilitadores bastante úteis no processo decisório por propiciarem a avaliação de múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes, de forma integrada, considerando o conjunto de alternativas possíveis. Em vista disso, percebe-se um aumento do número de aplicações desta metodologia em áreas distintas.

Na esfera ambiental do setor têxtil e de confecção, a metodologia MCDA permite o desenvolvimento de modelos capazes de avaliar a sustentabilidade conforme os aspectos e ambiente de cada empresa. A MCDA, alinhada a ferramentas de abordagem de proteção ambiental, tal como a PmaisL, proporciona uma visão ampla da problemática de resíduos sólidos, propondo meios para a avaliação das alternativas que estão sendo consideradas no problema de decisão.

No capítulo seguinte, traz-se uma revisão sobre o setor têxtil e de confecção no contexto nacional, focando, posteriormente, na região do Agreste pernambucano, onde há alta concentração de pequenos e micro produtores desse ramo. O próximo capítulo também abordará a problemática de resíduos sólidos, contextualizando o cenário no qual estas empresas estão envolvidas.

3 O SETOR TÊXTIL NO AGRESTE PERNAMBUCANO

A indústria têxtil e de confecção surgiu dando origem ao processo de industrialização nacional, possuindo, atualmente, uma representação ativa no PIB e na geração de empregos do país. Entretanto, a expectativa da sociedade por melhores condições de vida tem exigido uma maior dinamicidade dessas organizações, no intuito de se adequarem e se desenvolverem ante a instabilidade do mercado global (Silva; Feitosa; Aguiar, 2012). Conscientes das consequências de suas atividades produtivas no meio ambiente, algumas dessas empresas têm incluído em seus objetivos a questão ambiental. No entanto, esta ainda representa um ponto fraco para o setor.

Estudos recentes enfatizam a importância do tratamento ou disposição adequada dos resíduos como forma de minimizar os impactos ao meio ambiente (Freire & Lopes, 2013; Milan et al., 2010; Simonetto, et al., 2014; Cardoso et al., 2009).

3.1 Contexto histórico da cadeia produtiva têxtil e de confecção brasileira e sua participação no âmbito mundial

A cadeia produtiva têxtil e de confecção tem início no campo, através das indústrias agropecuárias com fibras naturais, ou na indústria petroquímica, onde são produzidas as fibras sintéticas e artificiais. Essa cadeia é formada pela união de dois grandes grupos de cadeias produtivas, um da cadeia têxtil e outro da cadeia de confecção. No grupo da cadeia têxtil estão as empresas cuja finalidade é a transformação de fibras em tecido. Ou seja, diz respeito às indústrias de fiação e de tecelagem, que se subdividem em tecelagem plana ou tecelagem de malha. Já no segundo grupo, geralmente complementar ao primeiro, estão as indústrias de confecção, responsáveis por transformar os tecidos, ou malhas, em produtos finais do complexo têxtil (Freire & Lopes, 2013). A análise setorial do Valor Econômico (2006, *apud* BNDES Setorial, 2009, p. 162), descreve que as estruturas das cadeias seguem a seguinte ordem:

Os negócios do setor se iniciam com a matéria-prima (fibras têxteis), sendo transformadas em fios nas fábricas de fiação, de onde seguem para tecelagem (que fabrica os tecidos planos) ou para malharia (tecidos de malha). Posteriormente, passam pelo acabamento para finalmente atingir a confecção. O produto final de cada uma dessas fases é a matéria-prima da fase seguinte. (...)

A Figura 3.1 ilustra essa estrutura da cadeia produtiva têxtil e de confecção de forma ampla, incluindo alguns exemplos de tecidos originados por cada um dos tipos de fibra, descritos anteriormente.

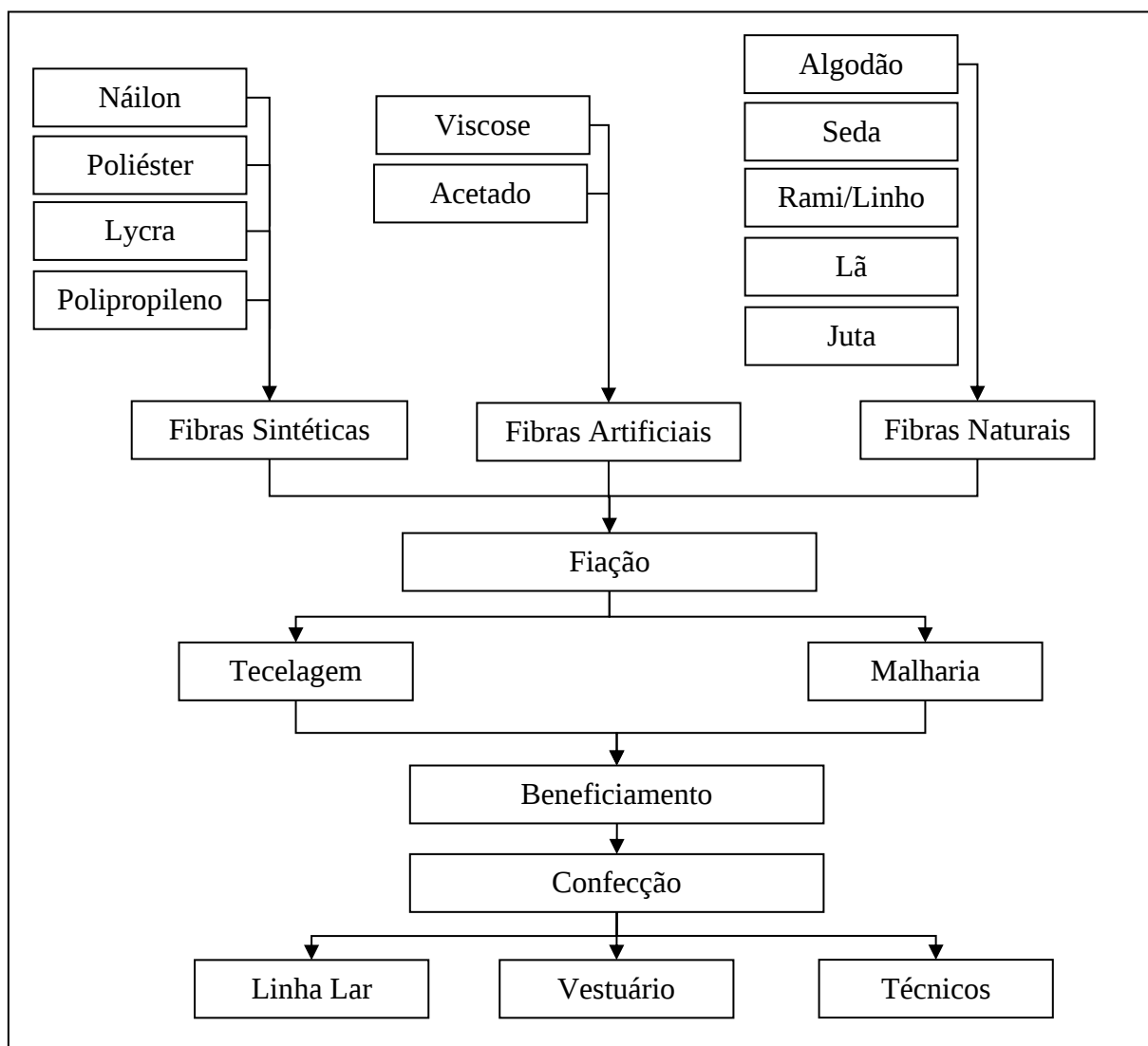


Figura 3.1 – Fluxograma da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confecção

Fonte: BNDES Setorial (2009)

Tendo originado o processo de industrialização no Brasil, a história da indústria têxtil e de confecção precede a época da colonização portuguesa, já que os indígenas exerciam atividades artesanais de entrelaçamento manual de fibras vegetais, produzindo telas, dentre outras finalidades, para proteção corporal (SENAI, 2007). A produção de tecidos com o algodão, por exemplo, passou a ser cultivada também pelos portugueses em algumas capitanias, dando origem a uma produção têxtil doméstica (Clementino, 2012).

Segundo dados do relatório do SENAI (2007), durante o período da colonização, a indústria sofria grandes influências dos acordos internacionais, sendo extremamente descontínua. Entretanto, com a elevação das tarifas alfandegárias para a média de 30% no ano de 1844, teve início a primeira política industrial nacional que propiciou um estímulo à industrialização, especialmente no ramo têxtil. Vinte anos após esse início, em 1864, havia, no Brasil, vinte fábricas têxteis funcionando com cerca de 15.000 fusos e 385 teares, aumentando para quarenta e quatro fábricas no ano de 1881, o que totalizava 60.000 fusos e cerca de 5.000 empregos.

Os primeiros anos da década de noventa foram excelentes impulsionadores para expansão da indústria têxtil algodoeira que teve a aceleração do processo de industrialização acentuada. No Brasil, às vésperas da I Guerra Mundial, já existiam por volta de duzentas fábricas que empregavam 78.000 pessoas (SENAI, 2007).

Finda a I Guerra Mundial, a capacidade produtiva continuou crescendo moderadamente. Em 1926, entretanto, os indícios da crise de 1929, que culminaram na Grande Depressão, afetaram o setor industrial brasileiro, provocando um grande desequilíbrio que durou até a deflagração da II Guerra Mundial. Clementino (2012) aponta que os preços dos produtos têxteis brasileiros perderam competitividade internacional, já que a indústria têxtil brasileira tornou-se defasada tecnologicamente em relação aos EUA e aos países industrializados da Europa. Percebeu-se, pois, a necessidade de modernização do parque têxtil a fim de que a indústria têxtil nacional pudesse continuar a competir no exterior e atender também a crescente demanda interna.

A II Guerra Mundial representou, portanto, esse marco na mudança do cenário da produção brasileira de produtos têxteis, provocando um aumento da produção para atender a economia de guerra, pois, tudo que não se conseguiu vender aos preços vigentes no mercado interno, a guerra consumiu. De acordo com Clementino (2012) esse aumento desencadeou, no imediato pós-guerra, a modernização do parque têxtil nacional. O autor ainda afirma que “as repercussões do conflito mundial foram altamente favoráveis para a indústria têxtil brasileira. Os empresários têxteis foram surpreendidos com a oportunidade de abastecer a América latina, a Europa e o Oriente Próximo” (Clementino, 2012, p. 6).

Nos últimos anos, no contexto mundial, essa cadeia produtiva possibilitou ao país uma posição de destaque no comércio mundial do setor, sendo o quinto maior produtor no segmento têxtil e o quarto no de confecção (vide Anexos 1 e 2).

No cenário nacional, a cadeia representa pouco mais de 4% do PIB total brasileiro e 5,5% da indústria de transformação. Em termos de empregos, possui mais de 1,6 milhões de trabalhadores, totalizando 16,4% do total dos trabalhadores alocados na indústria de transformação. A Tabela 3.1 resume estes dados.

Tabela 3.1 – Valor da produção e pessoal ocupado em 2010

	Valor da Produção (US\$ bi)	Pessoal ocupado (mil)
Cadeia têxtil	60,5	1.680,0
Indústria de transformação	1.101,8	10.192,6
Participação percentual	5,5%	16,4%

Fonte: CNI & ABIT (2012).

Dentre os dois tipos de cadeia produtiva, têxtil e de confecção, as indústrias de confecção se sobressaem em vários indicadores, tais como os ilustrados nas Figuras 3.2 e 3.3, sendo constituída por um expressivo número de micro e pequenas empresas, como mostra a Figura 3.4, característica comum do setor em todo o mundo, que se deve, principalmente, à reduzida barreira tecnológica para novos entrantes, ampla disseminação das técnicas utilizadas e baixos investimentos para a instalação de novas unidades produtivas.

Outra característica peculiar dessas empresas de confecção é o agrupamento em APLs. Os APLs correspondem à organização das empresas em redes, nas quais as relações viabilizam a troca de informações entre seus agentes (Silva; Feitosa; Aguiar, 2012), assim como o compartilhamento de habilidades e recursos. O SEBRAE (2003) complementa que os APLs são empresas aglomeradas em um mesmo território que apresentam produção especializada e que mantêm algum vínculo de interação, articulação, cooperação, ou, até mesmo, de aprendizagem entre si. Os agentes atuam de maneira conjunta, por meio da cooperação, com o objetivo de tornar as micros e pequenas empresas competitivas no mercado.

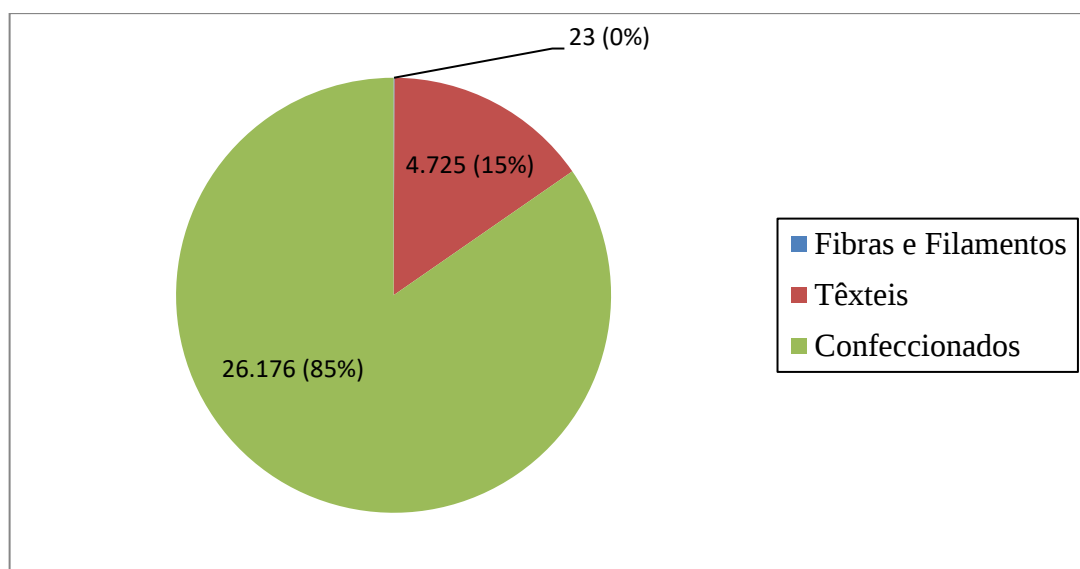


Figura 3.2 – Indicador do número de empresas na cadeia têxtil em 2010

Fonte: CNI & ABIT (2012.)

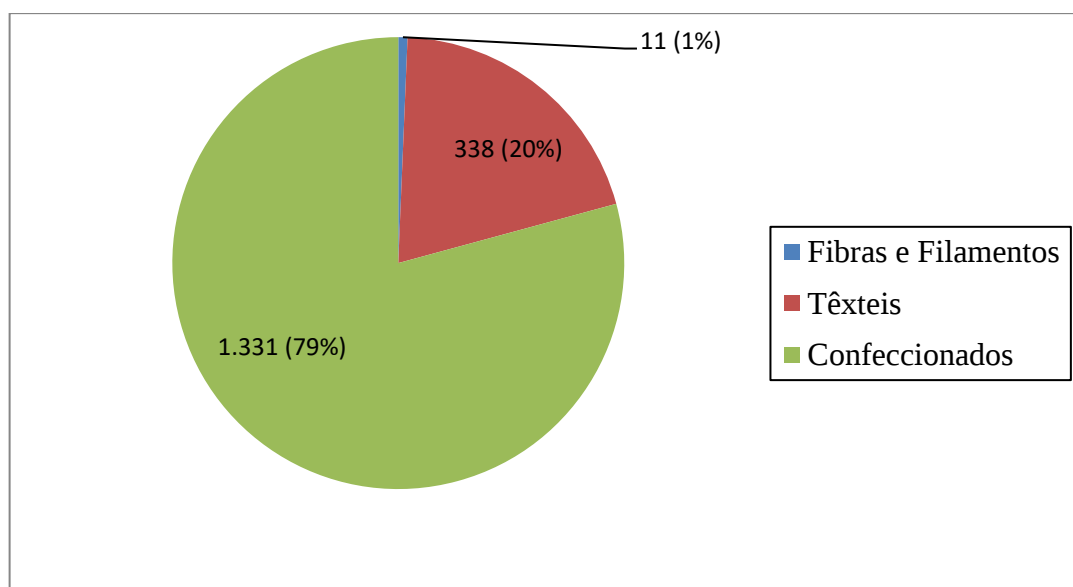


Figura 3.3 – Indicador do número de empregos na cadeia têxtil em 2010

Fonte: CNI & ABIT (2012).

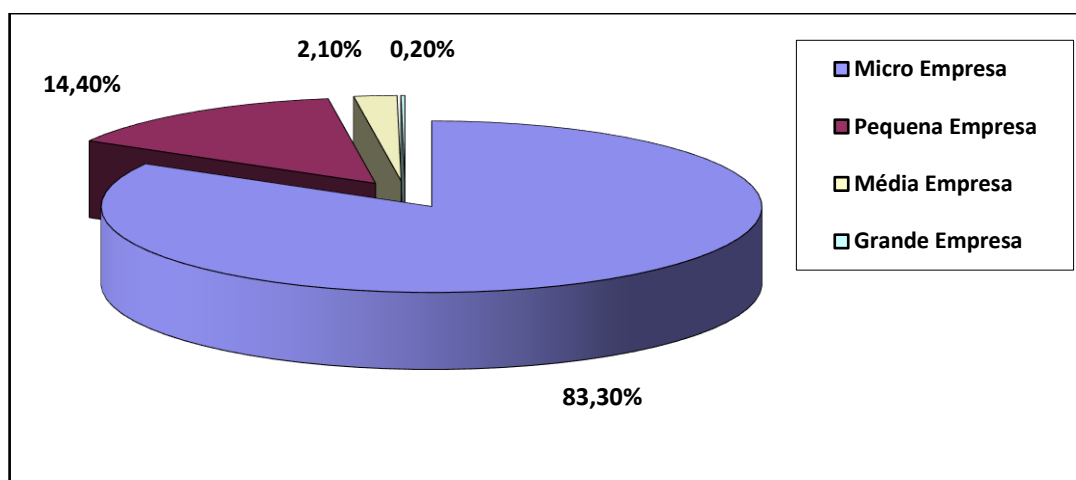


Figura 3.4 – Distribuição do setor pelo porte das empresas em 2011

Fonte: CNI & ABIT (2012)

Dentre as principais características dos APLs, Hoffmann et al. (2004, *apud* Silva; Feitosa; Aguiar, 2012) citam: interação entre as partes – contínuas trocas de informações, visando uma participação ativa das partes; interdependência das partes – há uma facilitação para a mobilidade dos recursos entre os atores da rede; complementaridade – o contexto permite que haja a complementação entre as competências das empresas da rede; especialização nas atividades da empresa – aperfeiçoamento no negócio chave da empresa; competitividade entre as empresas – uma vez que as empresas da rede atuam em negócios similares, estas também são concorrentes entre si.

Uma pesquisa realizada pelo SEBRAE (2013) permitiu identificar setenta e seis concentrações geográficas de indústrias de confecções no Brasil, sendo sessenta e quatro quantitativamente relevantes em termos de números de estabelecimentos e vínculos empregatícios formais e dezenove, especialmente, significativas, por terem mais de 10.000 empregos formais. O Anexo 3 traz a relação destas dezenove concentrações geográficas, com suas respectivas quantidades de empresas e empregos formais para o ano de 2011.

Entretanto, os investimentos em APLs ainda beneficiam apenas o aspecto econômico, fazendo com que o desenvolvimento decorrente das ações da rede não propicie uma sustentabilidade que inclua as dimensões sociais, culturais, ambientais, dentre outras (Silva; Feitosa; Aguiar, 2012).

3.2 O APL de confecção do agreste pernambucano

O agreste pernambucano define-se por uma área aproximada de 24.400 km², inserida entre a Zona da Mata e o Sertão, representando cerca de 24,7% do território pernambucano. As principais cidades do Agreste pernambucano são Caruaru, Garanhuns, Santa Cruz do Capibaribe, Toritama, Gravatá, Belo Jardim, São Bento do Una e Pesqueira. Essas cidades têm como principal fonte de renda, o comércio, a indústria (com destaque para o Polo de confecções) e o turismo.

Estruturado como um arranjo produtivo local (APL), o Polo de Confecção do Agreste pernambucano é um dos polos de desenvolvimento da economia do estado de Pernambuco. Dez cidades que compõem este Polo, a saber: Agrestina, Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Cupira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Taquaritinga do Norte, Toritama e Vertentes. A Figura 3.5 ilustra a localização do Polo de Confecções dentro do estado de Pernambuco.



Figura 3.5 – Cidades que compõem o Polo de Confecção do Agreste de Pernambuco

Fonte: Lima (2007)

A importância deste APL para o desenvolvimento local pode ser registrada segundo os dados fornecidos pela Agência de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco (AD Diper), onde esse APL é considerado o segundo maior produtor de vestuário do Brasil e responsável pela fabricação de 15% do jeans nacional (Rocha & Daher, 2014). Tal concentração de produtores de roupas nas cidades do agreste pernambucano tem sido notada há mais de vinte e cinco anos. Segundo o SEBRAE (2013), baseado nas estimativas fornecidas pela Datamétrica, tem-se que o número total de unidades produtivas nos dez principais municípios do Polo de

confeccões é de 18.803, sendo a maior concentração de unidades distribuída nas cidades de Santa Cruz do Capibaribe (38% do total de unidades produtivas), município que impulsionou a consolidação desse APL, seguida de Caruaru (24%) e Toritama (15%). Essas três cidades formaram o núcleo original do Polo e continuam mantendo sua posição de destaque, abrangendo 77% do total de unidades produtivas (vide Anexo 4).

Em termos demográficos, esse Polo de Confeção cresceu rapidamente 2,2 vezes mais do que o Brasil e 2,4 vezes mais do que o Nordeste e do que Pernambuco. O crescimento econômico dos referidos municípios, por sua vez, medido pelo PIB real, apresentou taxas de 1,5 vezes mais rápido do que a do Brasil, 1,2 vezes mais do que a do Nordeste e 1,3 vezes mais do que Pernambuco (SEBRAE, 2013). Os Anexos 5 e 6 ilustram, respectivamente, o crescimento demográfico e o PIB das dez cidades principais, trazendo o marco de comparação com o estado de Pernambuco, a região Nordeste e com o Brasil.

Com relação ao processo decisório, a tomada de decisão é, em geral, desestruturada e sem planejamento, sendo a maior parte das decisões tomadas à medida que os problemas surgem e de acordo com o conhecimento e/ou experiência do decisor que, normalmente, são os próprios proprietários. Em alguns casos, dependendo do tipo de decisão, os decisores contam com a opinião dos funcionários que apresentam algum conhecimento específico, mas, comumente, não há participação de especialistas, analistas ou até mesmo de empresas de consultoria como, por exemplo, SEBRAE e SENAI. Da mesma forma, não há uso de qualquer ferramenta de apoio a decisão.

Sobre o ciclo produtivo, estimativas apontam que a produção do Polo gira em torno de 842,5 milhões de peças por ano. Três quartos (cerca de 74,9%) do que é produzido é consumido na própria região Nordeste, sendo 31,3% em Pernambuco, 15% na Bahia e 10,5% na Paraíba. O Sudeste é o segundo destino, com 12,8%, seguido pelo Norte, com 6,9%, Centro-Oeste com 3,4% e o Sul com 2% (Freire & Lopes, 2013).

Ainda sobre a produção, constata-se que a atividade produtiva segue basicamente a mesma estrutura: compra do tecido, enfesto, risco, corte, costura, acabamento, embalagem e venda. As diferenças acontecem conforme o ramo produtivo, como o jeans, por exemplo, ao qual é acrescentado o processo de lavagem, às peças com estampas soma-se a etapa de estamparia ou bordado, e assim por diante. A Figura 3.6 representa o processo produtivo básico dessas empresas.

Assim, o ciclo produtivo se inicia com a compra dos insumos que, basicamente, se resumem aos rolos de tecido (vide Apêndice 1) e aviamentos, tais como: zíperes, botões,

linhas, elásticos, velcros, rebites, entre outros. O próximo passo do processo é o enfesto que consiste na sobreposição de camadas de tecido sobre a mesa de corte, ou seja, diz respeito ao processo de empilhamento das folhas de tecido, de forma a facilitar o corte (vide Apêndice 2).

A partir do enfesto, faz-se o risco no tecido buscando encaixar os moldes das peças, que geralmente são de papel ou de tecido, a fim de minimizar as sobras (vide Apêndice 3). Na maioria das empresas de confecção do APL do Agreste de Pernambuco, entretanto, não se faz uso de quaisquer métodos de auxílio da modelagem para o risco. O encaixe dos moldes é feito apenas com base na experiência/conhecimento dos operários. O tecido é, então, cortado e, posteriormente segue para costura (vide Apêndice 4).



Figura 3.6 – Ciclo básico do processo produtivo têxtil

Fonte: Este estudo

Na etapa de acabamento, o processo de costura é finalizado (são colocados o cós, as reatas e o caseado dos botões, por exemplo) e os acessórios são colocados (botões, etiquetas e zíperes). As máquinas que costumam ser usadas para o acabamento das peças são a máquina travete, botoneira e caseadeira (vide Apêndicescv ml,vc vcv,vl,vv cmvc m, 5, 6 e 7). Nesta etapa de acabamento, também são retirados os pelos e as sobras de linhas provenientes das costuras das peças. As peças prontas seguem para embalagem e, por fim, são separadas e encaminhadas para venda.

Para as peças do tipo “modinha”, que são as confecções de peças femininas produzidas de acordo com a moda vigente, diferentes coleções são criadas semanalmente para

atendimento das necessidades dos clientes, que cobram peças novas a cada feira, exigindo dos produtores um acompanhamento contínuo das tendências da moda. A maior parte da produção desse APL é destinada à venda nas feiras, entretanto, há empresas que trabalham apenas com produção sob encomendas.

3.3 Problemática dos resíduos sólidos nas empresas têxteis

As empresas estão cada vez mais conscientes das consequências da deterioração ambiental ocasionada por suas atividades produtivas. A geração de resíduos, contudo, é um elemento inevitável que acontece nas indústrias em volumes e composições que variam de acordo com o segmento da empresa e nível produtivo (Milan et al., 2010).

Esse crescente interesse pela consciência ambiental também tem sido observado nas indústrias de confecção, potenciais geradoras de resíduos, principalmente devido à característica efêmera da moda, que torna curto o ciclo de vida de seus produtos.

Com a finalidade de minimizar o impacto ao meio ambiente, vários dispositivos legais estão sendo criados no intuito de regulamentar o tratamento dos resíduos de forma adequada, tais como: Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981 – que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências; Lei nº 7.347, de 24 de Julho de 1985 – que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências; Lei nº 12.305, de Agosto de 2010 – que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências (Brasil, 2010).

Entende-se por resíduo, os restos ou as sobras provenientes de atividades industriais, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (SENAI, 2007), que são consideradas inúteis, indesejáveis ou inapropriadas, podendo ser apresentadas nos estados sólido, semi-sólido ou semi-líquido (Jardim, et al., 2000 *apud* Milan, et al., 2010).

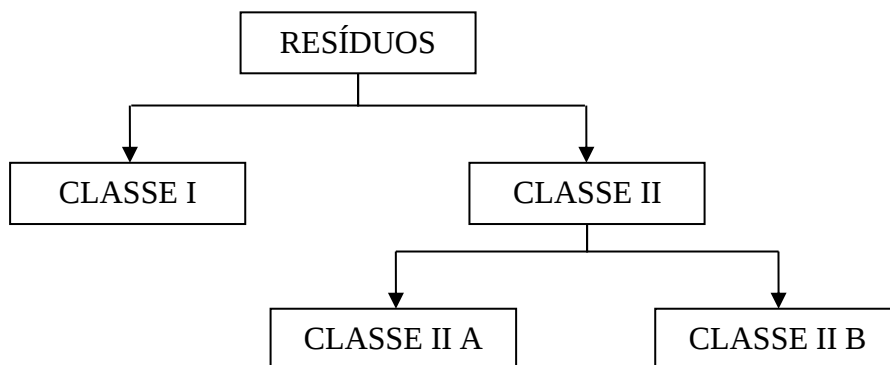
Segundo ABNT, a NBR 10004/2004, quanto à sua periculosidade, os resíduos sólidos são classificados em:

- 1) Resíduos Classe I – Perigoso: são aqueles que apresentam riscos à saúde pública, provocando ou acentuando mortalidade e incidência de doenças, ou que apresentam riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada. Estes resíduos podem apresentar uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

2) Resíduos Classe II – Não perigoso:

- a) Resíduos Classe II A – Não inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de Resíduo Classe I (perigoso) ou de Resíduo Classe II B (inertes), nos termos da norma. Podendo ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Ex.: resíduos têxteis, retalhos e aparas de tecido, resíduos de plástico, resíduos de papel e papelão, resíduos de linhas e fios.
- b) Resíduos Classe II B – Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Ex.: resíduos de vidro, sobras de botões.

A Figura 3.7 ilustra a classificação dos resíduos.



Figura

3.7–
Classificação

dos resíduos
Fonte: Este estudo

Milan et al. (2010), apontam que a principal causa da geração de resíduos nas indústrias de confecção é decorrente do mau planejamento do processo produtivo (criação, modelagem, corte e encaixe), falta de padronização das matérias-primas, mão-de-obra desqualificada, máquinas inapropriadas, entre outros fatores. Não obstante, o setor de confecções também

gera desperdícios significativos, principalmente, no processo de corte. Os autores argumentam que esse desperdício no processo do corte, decorre da falta de encaixe dos moldes, que apresentam curvas e pontas, números de referências a serem cortados no mesmo tecido inapropriados, falta de padronização na largura dos rolos e falhas nos tecidos, má combinação de tamanhos realizada no momento do encaixe, entre outros. Vale destacar que não é de costume produzir diferentes lotes, referências, encomendas ou tamanhos, simultaneamente, como forma de aproveitar ao máximo o encaixe dos moldes, gerando maiores níveis de resíduos.

Embora haja tecnologias que permitam um sistema de modelagem, encaixe e risco otimizados, esta não é uma realidade que se aplica à maioria das empresas do APL de confecções do Agreste. Este processo é feito apenas com base na experiência dos funcionários, sendo os tamanhos, formas e volumes das sobras variados e em conformidade com os moldes das peças e a largura do tecido. Sob a ótica econômica, esses resíduos são indesejáveis, pois caracterizam perdas de materiais e demandam investimento para tratamento e disposição das sobras, sendo incluídos nos custos dos seus respectivos produtos e/ou serviços (Figura 3.8).

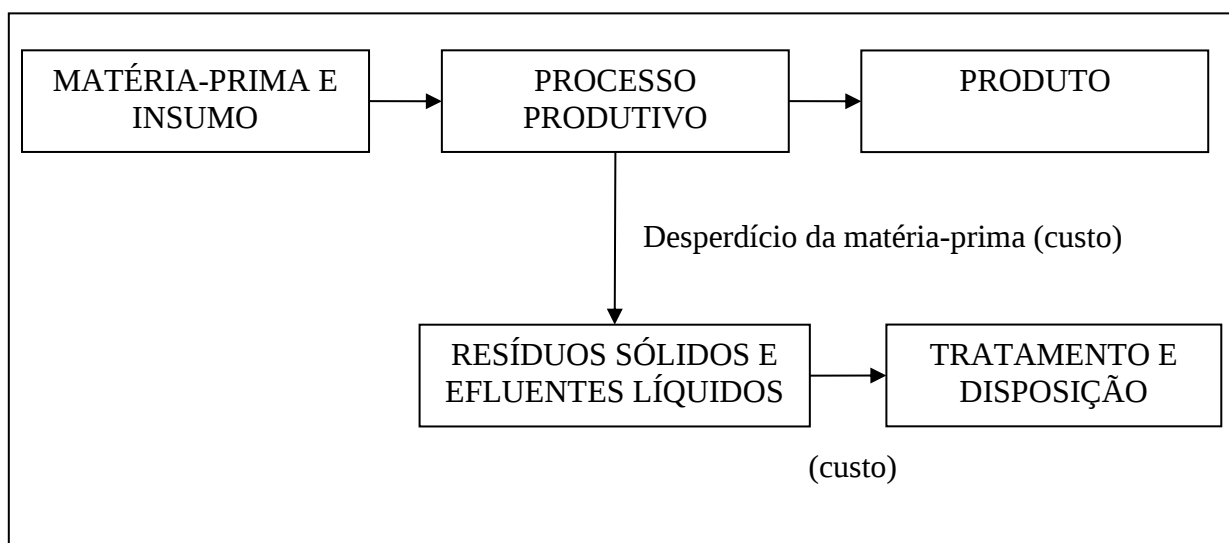


Figura 3.8 – Custo da geração de resíduos

Fonte: Este estudo

Analizados pela esfera ambiental, a geração de resíduos, assim como sua destinação, representa um aumento do risco de contaminação do meio ambiente (Freire & Lopes, 2013). No contexto das indústrias têxtil e de confecção, Assis et al. (2008) identificaram 54 tipos de resíduos gerados pelo setor de confecções. Dentre eles, alguns resíduos típicos do setor são:

retalhos (Figuras 3.9 e 3.10); pó de overlock; linhas; carretéis de linhas e elásticos; desgastes de jeans; tubos de papelão e PVC.



Figura 3.9 – Sobras de tecido do processo de corte

Fonte: Este estudo



Figura 3.10 – Acúmulo diário de retalhos

Fonte: Este estudo

3.4 Considerações finais do capítulo

Mesmo diante da dimensão e da importância do mercado têxtil e de confecção em termos de movimentação econômica, crescimento demográfico das cidades, capacidade de produção, entre outros fatores destacados durante este capítulo para o contexto nacional, sobretudo na região pernambucana, é perceptível a existência de alguns entraves no desenvolvimento deste setor, principalmente no que diz respeito à área ambiental. Embora haja a preocupação de algumas empresas por processos de produção com maior responsabilidade ambiental, esta realidade não se aplica à maioria delas.

Neste sentido, as empresas de confecções, potenciais geradoras de resíduos sólidos, necessitam buscar alternativas que permitam minimizar os efeitos negativos oriundos de suas atividades produtivas.

O modelo que será proposto no Capítulo 4 representa um instrumento útil na seleção de alternativas que forneçam uma combinação ótima de ações, dado às restrições, para implementação da ferramenta PmaisL, auxiliando os decisores na tomada de decisão por práticas que reduzam a geração de resíduos sólidos e, conseqüentemente, diminuam os custos com perdas de materiais e tratamento/disposição das sobras.

4 MODELO PROPOSTO

Este capítulo apresenta o modelo para a seleção de um portfólio de ações para implementação da PmaisL dentro do contexto das empresas de confecção do Agreste de Pernambuco. O modelo de apoio a decisão foi elaborado através do Microsoft® Excel por ter uma interface amigável, simples, consistente e flexível para navegação. A base de dados consiste de dados baseados no conhecimento *a priori* dos decisores, além de alguns dados de fontes externas, e, como base de modelos, o método PROMETHEE V, que considera a otimização de um portfólio de alternativas. A Figura 4.1 mostra a interface inicial do modelo desenvolvido.

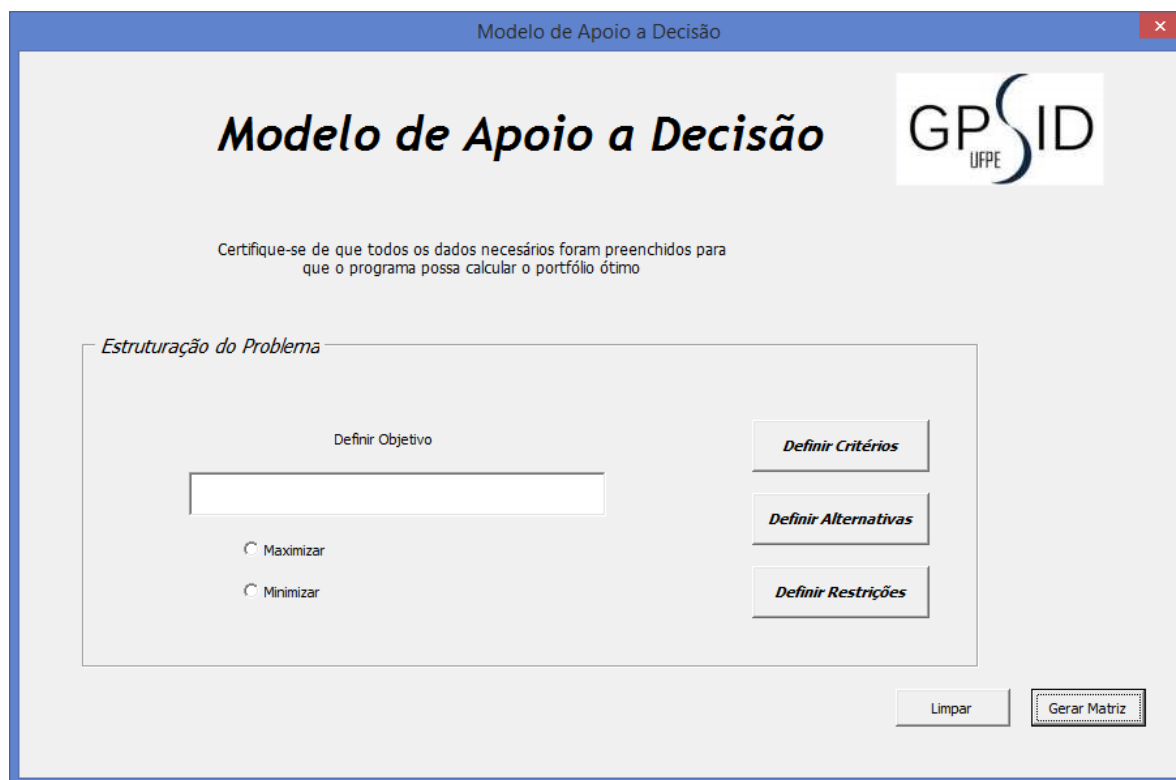


Figura 4.1 – Interface inicial do modelo

Fonte: Este estudo

O procedimento para construção do modelo de apoio a decisão é mostrado na Figura 4.2 e consiste numa sequência das etapas. Aplica-se a quaisquer destas etapas a abordagem de refinamentos sucessivos, proposta por Ackoff & Sasieni (1968 *apud* Almeida, 2013) que permite a passagem pelas etapas de forma não conclusiva, com a possibilidade de retornar às etapas anteriores caso haja a possibilidade de rever ou melhorar o resultado daquela etapa,

seja por informação adicional, mudança de entendimento do decisor, inclusão de nova alternativa ou novo critério, aumento da confiança pelo decisor, correção de um dado fornecido, enfim. Tal flexibilidade na abordagem proporciona um importante enriquecimento ao modelo.

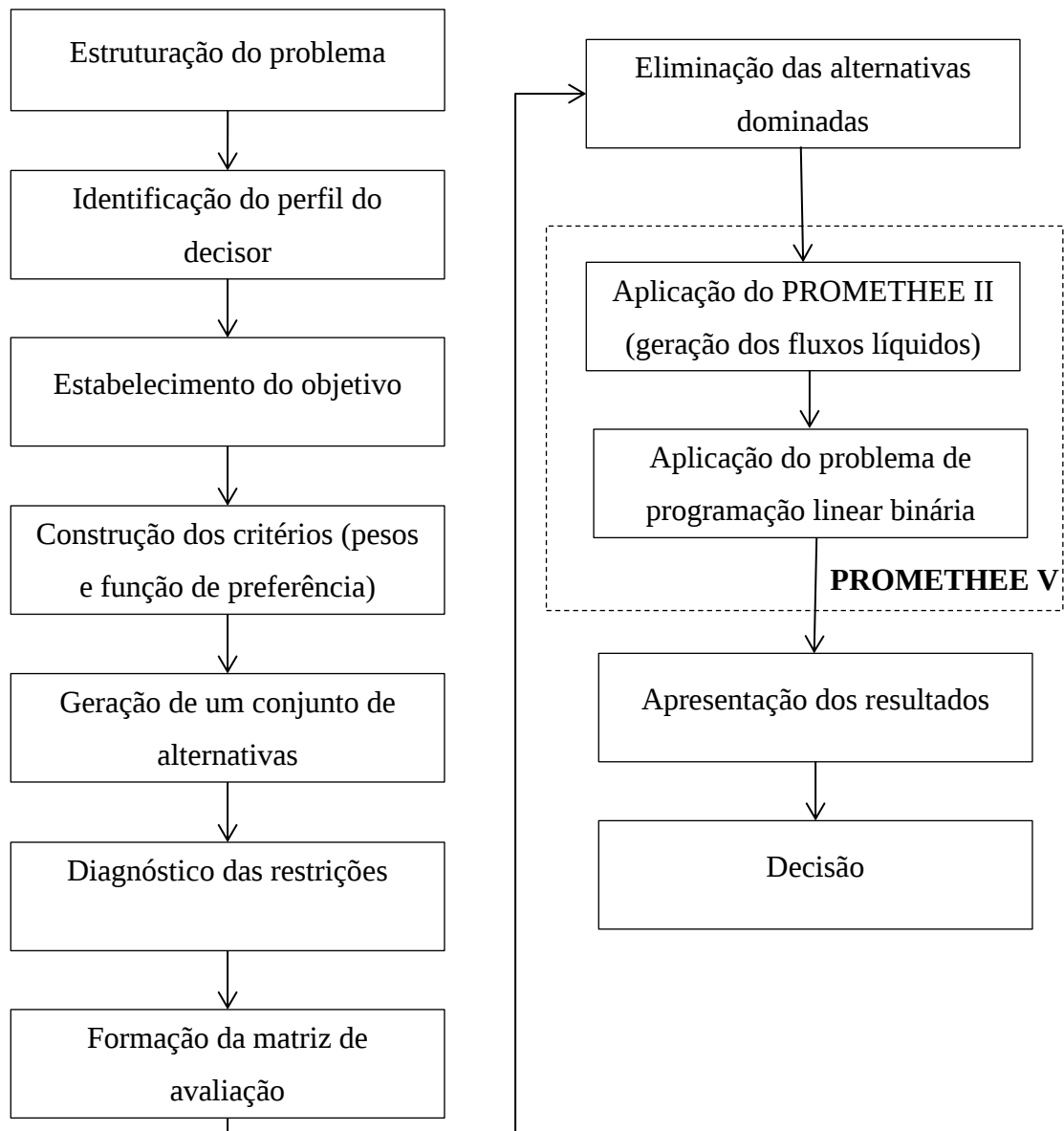


Figura 4.2 – Fluxo do modelo

Fonte: Este estudo

As primeiras cinco etapas correspondem às etapas preliminares, nas quais os elementos básicos para a formulação do problema de decisão são definidos (Almeida, 2013). Primeiramente acontece a estruturação o problema, buscando entender o contexto no qual as empresas de confecção do APL atuam, ou seja, é o processo de dar sentido a uma questão,

modelando uma realidade até então abstrata. Essa primeira etapa é de extrema importância, já que um problema bem estruturado é um problema parcialmente resolvido (Belton & Stewart, 2002).

O próximo passo consiste na identificação do perfil do decisor de forma clara, onde são esclarecidas a estrutura de preferências e a racionalidade deste decisor. Nesta etapa, todos os atores envolvidos no processo decisório também devem ser detalhados procurando identificar o papel de cada um (Almeida, 2013). A terceira etapa consiste na definição do objetivo para o problema do decisor. Esta etapa é feita selecionando o botão de opção “Maximizar” ou “Minimizar” na interface inicial do modelo (Figura 4.1). Também é possível descrever qual objetivo será maximizado ou minimizado.

Na quarta etapa, são desenvolvidos os critérios, ou atributos, para representar o objetivo definido anteriormente na modelagem do problema. Ainda nesta etapa, são definidos, pelo decisor, os respectivos pesos dos critérios (grau de importância) e a função de preferências, definidos na sessão 2.3.1. Para Roy (1996), um conjunto coerente de critérios deve atender às seguintes propriedades: não redundância – o mesmo ponto de vista não deve ser repetido; exaustividade – todos os critérios que representam os objetivos do problema devem estar presentes; consistência – as preferências do decisor devem ser coerentes com a avaliação global.

No que tange à ferramenta de PmaisL, que se baseia no conceito de desenvolvimento sustentável, os critérios são derivados dos três pilares nos quais a sustentabilidade está alicerçada: social, econômico e ambiental, conforme definido na sessão 2.3.2. O Quadro 4.1 traz uma lista de critérios comumente usados pelo SEBRAE e SENAI que podem ser utilizados pelo decisor para avaliar as alternativas, classificando-os conforme seus pilares. Trata-se de uma lista não exaustiva que pode ser utilizada e adaptada como referência para diferentes cenários.

Quadro 4.1 – Lista de critérios para avaliação da PmaisL

Econômico	• Investimento para implementação da alternativa; • Custo de operação para manter a alternativa em funcionamento; • Quantidade de peças produzidas; • Prazo para implantação; • Tempo mínimo necessário para alcançar os benefícios da ação; • Quantidade de matéria-prima consumida na produção;
Social	• Impacto positivo que a ação irá exercer nas vendas;

	• Nível de eficiência dos resultados da ação; • Grau de satisfação dos clientes; • Grau de satisfação dos fornecedores; • Aderência dos funcionários à ação; • Nível de adequação às demandas do mercado; • Grau de melhoria na qualidade de vida dos funcionários;
Ambiental	• Quantidade de resíduos reutilizados na produção; • Quantidade de resíduos reciclados internamente; • Quantidade de resíduos reciclados externamente; • Segurança dos operadores; • Porcentagem da redução dos impactos negativos ambiental;

Fonte: Este estudo

Para inserir os critérios, deve-se clicar no botão “Definir Critérios” da interface inicial do modelo (Figura 4.1) para que a tela de entrada dos critérios seja aberta. A Figura 4.3 apresenta a interface para definição dos critérios.

Figura 4.3 – Interface para a definição dos critérios

Fonte: Este estudo

Após a definição dos critérios, as alternativas, então, podem ser geradas. Almeida (2013) define este processo de geração de alternativas como um processo criativo, em que alguns recursos analíticos podem ser usados. O autor complementa que esses recursos atuam como um facilitador bastante enriquecedor ao processo decisório. O processo de criação de alternativas foge ao escopo do modelo proposto neste estudo. Para este propósito, podem ser utilizados outros métodos de estruturação de problema, tais como: *Soft Systems Methodology* (Checkland, 2004), *Strategic Choice Approach* (Friend, 2004), *Value-Focused Thinking* (Keeney, 1992) *Strategic Options Development and Analysis* (Eden & Ackermann, 2004).

O Quadro 2.2 (sessão 2.3.2) resume um conjunto de alternativas possíveis para implantação da PmaisL no ramo de confecção diagnosticadas pelo SENAI, 2007. Além dessas, podemos também citar algumas alternativas comumente utilizadas pela ferramenta da PmaisL, tais como: (1) Avaliação do desempenho dos fornecedores, estabelecendo um nível mínimo de qualidade para as matérias-primas; (2) Padronização do comprimento dos tecidos; (3) Implantação de um sistema de informação transacional para otimizar o processo de corte; (4) Implantação de um sistema de informação gerencial para planejamento e gestão da produção, através da aquisição de *hardware* e *software* necessários;

Assim como para os critérios, para que a tela de entrada das alternativas seja aberta, deve-se clicar no botão “Definir Alternativas” da interface inicial do modelo (Figura 4.1). A Figura 4.4 apresenta a tela para definição do conjunto de alternativas possíveis.

A interface é uma janela com o título "Conjunto de Alternativas Possíveis" e um botão de fechar (X) no canto superior direito. O conteúdo principal é uma seção intitulada "Descrição das Alternativas". Abaixo desta seção, há cinco linhas de entrada, cada uma rotulada à esquerda como "Alternativa 1", "Alternativa 2", "Alternativa 3", "Alternativa 4" e "Alternativa n". Cada linha possui um campo de texto retangular para a descrição. Na base da janela, há uma barra contendo quatro botões: "Voltar", "Limpar", "Incluir" e "Avançar".

Figura 4.4 – Interface para a definição das alternativas

Fonte: Este estudo

Após a geração das alternativas, as restrições do problema são diagnosticadas. Tais restrições podem ter cunho geral, afetando o conjunto total do estudo, como, por exemplo, as leis de regulamentação e fiscalização da emissão de resíduos sólidos, ou cunho específico, limitando o escopo de escolha de forma individual, tais como restrições orçamentárias, de demanda, de produção, de tempo. López & Almeida (2014) acrescentam, ainda, os seguintes tipos de restrição:

- Restrição com alternativas mandatórias – tratam das alternativas que têm sua inclusão demandada pelos órgãos reguladores ou poder competente. Nesses casos, devem ser forçadas a realização dessa alternativa de ação no modelo proposto. Esse conjunto de restrições é obtido pela fórmula:

$$x_i = 1, \forall X_i \in C_M \quad (4.1)$$

Onde:

C_M corresponde ao conjunto de alternativas mandatórias a constarem na seleção de ações.

- Restrição com alternativas mutuamente excludentes – ocorre quando somente uma alternativa, de um conjunto de alternativas, pode ser selecionada para compor o portfólio de alternativas selecionadas. Nesse caso, a restrição é representada pela seguinte fórmula:

$$\sum_{X_i \in C_{ME}} x_i \leq 1 \quad (4.2)$$

Onde:

C_{ME} é o conjunto de projetos mutuamente excludentes.

- Restrição com alternativas dependentes – quando, para a implantação de uma alternativa, faz-se necessária a implantação de outra alternativa. Nesse caso, para que a primeira alternativa (x_j) seja selecionada, a segunda alternativa (x_i), obrigatoriamente, terá que ser selecionada. Essa restrição é caracterizada por:

$$x_j - x_i \leq 0 \quad (4.3)$$

A Figura 4.5 mostra a interface para inclusão das restrições do problema. Para que esta tela seja aberta, deve-se clicar no botão “Definir Restrições” da interface mostrada na Figura 4.1.

Em seguida, após essas fases preliminares, a matriz de consequência é estruturada em uma planilha do Excel para que sejam informadas as consequências para cada alternativa em função dos critérios. É importante frisar que estas consequências podem estar representadas

por variáveis determinísticas ou probabilísticas, conforme seja mais interessante avaliá-las. A Figura 4.6 ilustra a matriz de consequência.

Figura 4.5 – Interface da definição das restrições do problema

Fonte: Este estudo

Alternativas	C_1	C_2	...	C_m
a_1	$v_1(a_1)$	$v_2(a_1)$	...	$v_m(a_1)$
a_2	$v_1(a_2)$	$v_2(a_2)$	...	$v_m(a_2)$
...	...	...	...	...
a_n	$v_1(a_n)$	$v_2(a_n)$	...	$v_m(a_n)$

Figura 4.6 – Interface da matriz de consequências

Fonte: Este estudo

O próximo passo é eliminar as alternativas dominadas a partir da análise da matriz. Uma alternativa é considerada dominada quando há outra alternativa que a supera em pelo menos um dos critérios e se iguala aos demais critérios. A ideia desta técnica é reduzir o escopo de

alternativas para análises, eliminando as alternativas que possuem desempenho visivelmente inferior à outra.

Isto posto, o método PROMETHEE V pode ser aplicado. O método consiste na combinação de dois outros métodos: PROMETHEE II e programação linear binária, conforme exposto no item 2.2.2 deste trabalho. A saída do PROMETHEE V gera a seleção de um subconjunto ótimo de alternativas vinculadas às preferências do decisor em questão, ou seja, a solução mais adequada às preferências de um dado decisor que atenda aos objetivos estabelecidos anteriormente, sob determinadas restrições.

O resultado da aplicação, isto é, o portfólio de alternativas gerado pela aplicação do PROMETHEE V, é avaliado pelo decisor e, a partir de então, a decisão é tomada.

4.1 Considerações finais do capítulo

Esse capítulo apresentou o modelo de apoio a decisão desenvolvido para a seleção de um conjunto de ações de PmaisL em empresas do setor têxtil. Esse modelo foi baseado na necessidade de promover uma melhoria na produtividade das empresas do APL do Agreste pernambucano, diante da realidade em que atualmente essas empresas se encontram.

No capítulo seguinte, uma aplicação numérica será apresentada para ilustrar a aplicabilidade do modelo proposto.

5 APLICAÇÃO NUMÉRICA

5.1 Empresa do APL de confecção no Agreste pernambucano

A presente aplicação numérica foi realizada a partir de um cenário fictício, porém realístico, em que os dados para construção da matriz de consequências foram obtidos por meio da experiência de especialistas do Pólo de Confecções do Agreste pernambucano. Assim, o modelo multicritério apresentado no Capítulo 4 foi aplicado e definido para auxiliar o gestor de uma fábrica de roupas localizada no APL de confecções do Agreste de Pernambuco a escolher, do conjunto de alternativas possíveis, um subconjunto ótimo de ações que melhore a eficiência da produção em termos de produção mais limpa.

Um decisor típico para uma empresa localizada no APL de confecções, na maioria das vezes, domina apenas as noções básicas necessárias para desenvolver o negócio, tendo somente experiência profissional, ou seja, habilidade adquirida trabalhando em empresas do ramo ou similares (Pelissari, 2011). Sendo assim, cabe ao analista o papel de ajudá-lo a estruturar o problema, analisar e apresentar os resultados. A escolha do PROMETHEE V para este estudo baseia-se, portanto, no perfil deste decisor, que, embora possua bastante experiência no ramo de confecção, consolidando sua marca no mercado de tal modo que não consiga atender toda demanda de clientes, não possui qualquer conhecimento acadêmico sobre o assunto. A escolha do método baseia-se também na necessidade do decisor por um método com características não compensatórias entre os critérios analisados e que determinasse a escolha de um portfólio de alternativas, sob determinadas restrições.

Trata-se de um problema estruturado para um único decisor, porém é importante destacar a existência de outros atores que podem influenciar o processo decisório, dentre eles o Governo e indústrias correlatas e de apoio, tais como, comércio atacadista e os profissionais de criação. Outros *stakeholders* encontrados são órgãos como o SEBRAE, SENAI e o SINDTEXTIL na função de especialista externo, além de *designers* e estilistas como especialistas internos. Problemas envolvendo agregação de preferência de múltiplos decisores ou de conhecimento de especialistas fogem ao escopo deste trabalho.

5.2 Estruturação do problema e aplicação do modelo

Diversos critérios alicerçados nas três dimensões da sustentabilidade foram listados no Capítulo 4 deste trabalho. Contudo, após análise destes critérios e considerando o objetivo proposto de obter melhor eficiência produtiva em termos de redução de resíduos, apenas sete

critérios foram considerados importantes para o decisor. O Quadro 5.1 aborda os critérios adotados por este decisor, assim como suas respectivas dimensões, descrições, sentidos e métricas.

Quadro 5.1 – Critérios para avaliação das alternativas

Dimensões	Critérios		Descrição dos critérios	Sentido	Métrica
Econômico	C1	Produtividade da mão-de-obra	Quantidade de peças produzidas a partir da ação proposta	Maior melhor	Peças produzidas
	C2	Custo da operação	Valor mensal para manter a alternativa em funcionamento	Menor melhor	Unidades monetária
	C3	Tempo de retorno	Tempo mínimo necessário para alcançar os benefícios da ação	Menor melhor	Dias
Social	C4	Eficiência da ação	Nível de adequação às demandas do mercado	Maior melhor	Escala de 5 pontos
	C5	Satisfação dos funcionários	Grau de satisfação do funcionário sobre a melhoria do processo	Maior melhor	Escala de 5 pontos
Ambiental	C6	Impactos ambientais	Grau de atenuação dos impactos ambientais negativos	Maior melhor	Escala de 5 pontos
	C7	Aproveitamento da matéria-prima	Quantidade de matéria-prima consumida em uma produção x	Maior melhor	Rolo de tecido/peças produzidas

Fonte: Este estudo

O Quadro 5.2, por sua vez, traz os julgamentos de importância relativa de cada critério e a avaliação intercritério. Esses julgamentos de importância foram obtidos através de uma entrevista com o decisor, na qual foi solicitado que ele atribuisse um valor entre 1 e 5, conforme o grau de importância de cada critério. Para o processo de normalização (avaliação intercritério), foi utilizado o Procedimento 3, descrito por Almeida (2013), conforme fórmula seguinte:

$$v'_j(a_i) = v_j(a_i) / \sum_i v_j(a_i) \quad (5.1)$$

Esse procedimento aplica a divisão de cada grau de importância pela soma total dos julgamentos. Os valores originados dessa normalização possuem, portanto, valores no intervalo $0 < v'_j(a_i) \leq 1$.

A escala ordinal de 5 pontos referente aos critérios de julgamento subjetivo, ou seja, os critérios C4, C5 e C6, é definida na Tabela 5.1.

Quadro 5.2 – Definição dos pesos e estrutura de preferência dos critérios

Critérios		Grau de importância	Pesos normalizados
C1	Produtividade da mão de obra	5	0,2083
C2	Custo da operação	5	0,2083
C3	Tempo de retorno do investimento	2	0,0833
C4	Eficiência da ação	4	0,1667
C5	Satisfação dos funcionários	1	0,0417
C6	Impactos ambientais	3	0,1250
C7	Aproveitamento da matéria-prima	4	0,1667

Fonte: Este estudo

Tabela 5.1 – Definição da escala de 5 pontos

Escala	Critério 4	Critério 5	Critério 6
1	Menor que 19,99%	Nada satisfeito	Redução de até 5%
2	De 20% a 39,99%	Pouco satisfeito	Redução entre 5,1% e 10%
3	De 40% a 59,99%	Indiferente	Redução entre 10,1% e 20%
4	De 60% a 79,99%	Relativamente satisfeito	Redução entre 20,1% e 30%
5	Maior que 80%	Muito satisfeito	Redução maior que 30%

Fonte: Este estudo

Para a aplicação numérica deste modelo, a estrutura de preferência escolhida para o método foi o critério usual, dado as características de avaliações do decisor, visto que, da sua parte, não há dúvidas quanto ao estabelecimento da preferência entre as alternativas.

Assim, foram propostas onze possibilidades de ações para atender o objetivo do decisor. O Quadro 5.3 ilustra tais alternativas.

Definidos os critérios e as alternativas, as restrições do problema são impostas, limitando o escopo de soluções viáveis. Para este problema, quatro restrições foram estabelecidas: (1) Restrição orçamentária, orçando o valor total do investimento nas ações em um valor máximo de R\$ 100.000,00 (Tabela 5.2). (2) Restrição de tempo para implementação das ações, limitando o prazo para aplicação das alternativas em 90 dias (Tabela 5.2). (3) Restrição de precedência entre as alternativas A11 e A9, ou seja, a alternativa A9 depende da implantação da alternativa A11. (4) Restrição de precedência entre as alternativas A3 e A6, ou seja, a alternativa A6 depende da implantação da alternativa A3.

Quadro 5.3 – Alternativas de ações estratégicas para implementação da PmaiL

Alternativas		Descrição resumida
A1	Automatização do processo de modelagem	Implantação de um sistema informatizado de modelagem para diferentes tamanhos.
A2	Automatização do processo de corte	Implantação de um sistema de informação para otimizar o encaixe para o processo de corte.
A3	Aquisição de máquina de revisão e enfiado de tecidos	Aquisição de uma máquina revisora de tecidos para detectar falhas antes de enfiar os tecidos.
A4	Aquisição de uma máquina de corte	Adquirir uma máquina de corte de maior precisão.
A5	Reprocessamento de resíduos	Reutilização de resíduos de forma que eles retornem ao processo original ou componham novos produtos.
A6	Avaliação do desempenho de fornecedores	Estabelece um nível de desempenho mínimo para os fornecedores, buscando melhorar o padrão da matéria-prima e níveis de serviço.
A7	Capacitação e desenvolvimento de funcionários	Treinamento dos funcionários para melhorias das práticas e da segurança.
A8	Seleção e contratação de funcionários	Contratação de mão de obra qualificada para as funções de supervisão.
A9	Monitoramento dos principais processos para controle de qualidade	Coleta de dados durante o processo produtivo para alimentar o sistema de informação da empresa.
A10	Implantação de um SI para	Aquisição e implantação de um sistema de informação

	planejamento e gestão da produção	gerencial, incluindo <i>hardware</i> e <i>software</i> necessários.
A11	Implantação de Sistema de Controle de Qualidade	Estabelece um padrão de qualidade para as peças confeccionadas, adotando práticas preventivas, com as ferramentas de controle de qualidade.

Fonte: Este estudo

Tabela 5.2 – Restrição de Orçamento e Tempo

Alternativas	Investimento inicial	Tempo de implementação
A1	50.000	30
A2	45.000	30
A3	40.000	21
A4	60.000	12
A5	3.000	30
A6	10.000	5
A7	18.000	15
A8	15.000	10
A9	5.000	30
A10	30.000	60
A11	25.000	45
Valor Máximo	100.000	90 dias

Fonte: Este estudo

Assim, o problema de programação linear binária é estruturado da seguinte forma:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^{11} \phi'_i x_i \quad (5.2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^{11} \partial_i x_i \leq 100.000 \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^{11} \varphi_i x_i \leq 90 \quad (5.4)$$

$$x_{11} - x_9 \geq 0 \quad (5.5)$$

$$x_3 - x_6 \geq 0 \quad (5.6)$$

$$\sum_{i=1}^{11} x_i \geq 0 \quad (5.7)$$

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{se } x_i \text{ for selecionada} \\ 0 & \text{se } x_i \text{ não for selecionada} \end{cases}$$

Onde:

ϕ_i é o fluxo líquido da alternativa x_i ;

x_i é uma variável binária indicando se a alternativa relacionada está incluída no portfólio;

∂_i corresponde ao custo do investimento inicial relacionado à x_i ;

φ_i corresponde aos dias para implementação relativo à x_i ;

Estes dados são incluídos no modelo para que a estrutura da matriz de consequência seja automaticamente gerada. A estruturação da matriz possibilita, então, que as consequências das alternativas, frente aos critérios, sejam incluídas, além de permitir a análise das alternativas dominadas. A Figura 5.1 apresenta o resultado da inclusão das consequências.

Critérios		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Max/Min		Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max
Est. Preferência		usual	usual	usual	usual	usual	usual	usual
Pesos		0,2083	0,2083	0,0833	0,1667	0,0417	0,1250	0,1667
A1		8.000	R\$ 6.000,00	150	5	3	5	0,95
A2		10.000	R\$ 6.000,00	150	5	4	2	0,90
A3		15.000	R\$ 10.000,00	90	5	5	3	0,80
A4		20.000	R\$ 12.000,00	120	5	5	1	0,85
A5		3.000	R\$ 1.000,00	45	1	2	5	0,95
A6		4.000	R\$ 3.000,00	30	3	3	3	0,70
A7		5.000	R\$ 1.500,00	60	4	5	4	0,90
A8		10.000	R\$ 6.000,00	30	4	4	3	0,70
A9		4.000	R\$ 5.000,00	90	4	3	2	0,40
A10		12.000	R\$ 15.000,00	180	3	4	3	0,70
A11		5.000	R\$ 5.000,00	120	5	3	2	0,75

Figura 5.1 – Matriz de consequências

Fonte: Este estudo

A partir de então, o modelo pode calcular os fluxos líquidos para cada uma das alternativas. Como resultado dessa aplicação, tem-se a seguinte sequência de alternativas: A7, A1, A3, A5, A2, A4, A8, A11, A6, A10 e A9. A Figura 5.2 mostra o fluxo de entrada, de saída e líquido, respectivamente, para as onze alternativas.

Com o resultado dos fluxos líquidos, o modelo automaticamente altera o fluxo líquido das alternativas, subtraindo deles o valor do menor fluxo líquido, que, nesse caso, é (-0,375), somado a um valor ϵ , que, para essa aplicação será de (-0,100). Com os fluxos todos positivos, pode-se calcular o portfólio das alternativas que melhor permita a eficiência da produtividade em termos de redução de resíduos. A Figura 5.3 apresenta o resultado da aplicação e o Quadro 5.4 traz a descrição do portfólio selecionado.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3			Φ^+	Φ^-	Φ									
4		A1	0,5542	0,2875	0,2667									
5		A2	0,4417	0,3667	0,0750									
6		A3	0,5375	0,3417	0,1958									
7		A4	0,4875	0,4292	0,0583									
8		A5	0,5375	0,4333	0,1042									
9		A6	0,3500	0,5250	-0,1750									
10		A7	0,6083	0,3125	0,2958									
11		A8	0,3958	0,4167	-0,0208									
12		A9	0,2542	0,6292	-0,3750									
13		A10	0,2667	0,6333	-0,3667									
14		A11	0,3958	0,4542	-0,0583									
15														
16														

Figura 5.2 – Resultado do PROMETHEE II

Fonte: Este estudo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																		
2		$\Phi_{alterado}$																
3		0,7417																
4		0,5500																
5		0,6708																
6		0,5333																
7		0,5792																
8		0,3000																
9		0,7708																
10		0,4542																
11		0,1000																
12		0,1083																
13		0,4167																
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		

Figura 5.3 – interface da planilha de portfólio das alternativas de ações

Fonte: Este estudo

Quadro 5.4 – Portfólio de ações

Portfólio	
A3	Aquisição de máquina de revisão e enfiado de tecidos
A5	Reprocessamento de resíduos
A6	Avaliação do desempenho de fornecedores
A7	Capacitação e desenvolvimento de funcionários
A8	Seleção e contratação de funcionários

Fonte: Este estudo

5.3 Discussão dos resultados

O modelo de apoio a decisão proposto neste estudo objetivou definir um portfólio de ações relativas à redução da emissão de resíduos gerados durante o processo produtivo das indústrias têxteis do APL de Confecções do Agreste de Pernambuco. Com base no cenário gerado, pode-se calcular o portfólio de ações que permita a melhor contribuição para a eficiência da produção em termos de redução de resíduos têxteis. Foram selecionadas cinco alternativas de ação, o que gerou um valor de 2,7750 como somatório do fluxo líquido das alternativas selecionadas. Deve-se destacar que, dessas alternativas selecionadas, apenas as alternativas A6 e A8 possuíam fluxo líquido negativo.

O portfólio gerado pelo modelo otimizou as alternativas de acordo com as preferências do decisor e restrições impostas pelo cenário. A seleção deste portfólio gera, além de benefícios econômicos, como a redução dos custos com tratamento e disposição dos resíduos e desperdício da matéria-prima, benefícios sociais, como a seleção, contratação, capacitação e desenvolvimento dos funcionários, e benefícios ambientais, como o reprocessamento de resíduos.

Com relação às restrições, as cinco alternativas de ação selecionadas consumiram R\$ 86.000 referente à restrição orçamentária e 81 dias relativa à restrição de tempo de implementação. Os cálculos foram refeitos aumentando os valores de ambas as restrições em 10% e 20%, porém os resultados do portfólio permaneceram-se inalterados, representando que tais restrições não foram fatores que limitaram o campo de escolha do portfólio selecionado.

Quanto às restrições que determinavam uma relação de dependência entre as alternativas A3 e A6, e outra entre as alternativas A11 e A9, constatou-se que apenas as alternativas A3 (aquisição de máquina de revisão e enfiado de tecidos) e A6 (avaliação do desempenho dos fornecedores) foram selecionadas. No entanto, ao serem desconsideradas tais restrições, outro portfólio de alternativas seria selecionado, aumentando o valor do somatório do fluxo líquido das alternativas selecionadas somatório do fluxo líquido das alternativas selecionadas para 2,8458. Para esta nova situação, as alternativas selecionadas seriam: A1, A5, A6, A7 e A8, ou seja, a alternativa A1 (automatização do processo de modelagem) passaria a compor o portfólio das alternativas selecionadas, enquanto que a alternativa A3 seria retirada deste portfólio. Entretanto, deve-se destacar que, para que haja sentido considerar esse novo portfólio, faz-se necessário a adoção de práticas alternativas para avaliação do desempenho dos fornecedores.

5.3.1 Análise de sensibilidade

Após análise preliminar dos dados, foram realizadas duas análises de sensibilidade para verificar se possíveis mudanças nos valores dos pesos atribuídos a cada critério traria alguma mudança nos resultados do portfólio. Assim, na primeira análise, foram aumentados em 10% os pesos dos critérios de maior importância, ou seja, produtividade da mão de obra e custo da operação, realizando os ajustes para os demais critérios. Na segunda análise, por sua vez, foi reduzido em 5% o valor desses mesmos critérios de maior importância para o decisor. Os pesos da análise de sensibilidade são apresentados na Tabela 5.5

Tabela 5.3 – Análise de sensibilidade

Critérios	Pesos		
	Originais	Análise 1	Análise 2
C1	0,2083	0,2200	0,2021
C2	0,2083	0,2200	0,2021
C3	0,0833	0,0800	0,0851
C4	0,1667	0,1600	0,1702
C5	0,0417	0,0400	0,0426
C6	0,1250	0,1200	0,1277
C7	0,1667	0,1600	0,1702

Fonte: Este estudo

Durante a análise de sensibilidade com o acréscimo de 10% nos critérios mais importantes, o fluxo líquido dos projetos selecionados teve um decréscimo de 0,037, ou seja, o valor para o portfólio das alternativas selecionadas foi de 2,738. Porém, verificou-se que as alternativas selecionadas permaneceram inalteradas.

Ao serem reduzidos em 5% os dois critérios de maior importância, houve um decréscimo de 0,077519 no valor da função objetivo, passando a ter valor total de 2,7947. Nessa simulação, também não houve alteração no portfólio de ações selecionadas.

A partir desses resultados, pode-se concluir que o modelo proposto é robusto, pois, mesmo diante da alteração nos pesos dos critérios, o portfólio das alternativas selecionadas permaneceu o mesmo da aplicação original do modelo.

6 CONCLUSÕES

Como mencionado anteriormente, há uma grande quantidade de trabalhos relacionados à abordagem multicritério. A metodologia multicritério desenvolvida neste trabalho para otimizar a eficiência produtiva em relação à minimização de resíduos sólidos têxteis se mostra bastante flexível a diferentes contextos, trazendo como principal benefício um suporte à tomada de decisão mais precisa e facilitada.

No cenário das empresas do APL de Confeções do Agreste de Pernambuco, embora a identificação do macroambiente e da análise setorial terem sido satisfatórias em termos de produtividade, número de empresas, geração de empregos e crescimento populacional e econômico, medido por meio do PIB, conforme exposto nas seções 3.1 e 3.2, percebeu-se, através da modelagem do processo produtivo e do levantamento das técnicas de PmaisL, que ainda é dado um tratamento superficial à questão ambiental. Essa questão representa um de seus principais pontos fracos e uma potencial ameaça, devido ao aumento da consciência ambiental por parte dos clientes, desfavorecendo seu posicionamento competitivo no mercado.

Não obstante, o entendimento e a avaliação da maneira como as decisões são tomadas nestas empresas mostraram que a informalidade do setor e o despreparo dos gestores conduzem para uma gestão sem planejamento e desestruturada do negócio, em que as decisões são tomadas *ad hoc*, mostrando-se um cenário bastante propício à aplicação de um modelo de apoio a decisão que viabilize uma deliberação mais precisa e segura. Nesse sentido, foi proposto um modelo multicritério de apoio a decisão para auxiliar as empresas na seleção de um portfólio de ações que viabilizem as técnicas de PmaisL, buscando atingir de maneira mais eficiente o aumento da produtividade acompanhado de uma minimização da geração de resíduos sólidos têxteis.

O modelo de apoio a decisão foi elaborado através do Microsoft® Excel, que utiliza dados externos e o conhecimento *a priori* dos decisores em sua base de dados, e, na base de modelos, o método PROMETHEE V, resultando como saída um subconjunto ótimo (portfólio) de alternativas de ação para melhorar a eficiência produtiva, dado as restrições existentes no problema proposto.

A aplicação do método PROMETHEE V, assim como o uso do suplemento Solver do Excel, atenderam às expectativas do trabalho, possibilitando facilmente processar os dados e disponibilizar os resultados do modelo.

O trabalho limitou-se a um estudo exploratório *in loco* em apenas uma das empresas do APL de Confeções do Agreste de Pernambuco, e, baseado nos problemas observados nesta empresa, propõe-se alternativas que aumentem a eficiência da produtividade relacionada à minimização de resíduos sólidos por se tratar de um dos principais pontos fracos das empresas em questão. Aplicação envolvendo o conceito de c-ótimo proposto por Vetschera & Almeida (2012) foge ao escopo inicial do trabalho.

Como sugestões para trabalhos futuros podem-se destacar: (1) O desenvolvimento de diferentes cenários e a aplicação do modelo em várias empresas a fim de determinar um conjunto de alternativas conjuntas para a gestão de resíduos sólidos num contexto mais amplo. (2) Incorporar outros aspectos da PmaisL ao modelo, tais como a redução do consumo de energia, a reciclagem interna e externa, organização do *layout* e do estoque, entre outras descritas na seção 2.4 deste trabalho. (3) Aplicação do método PROMETHEE V utilizando o conceito de c-ótimo, desenvolvido por Vetschera & Almeida (2012), com a intenção de verificar se há distorções causadas pela mudança de escala. (4) Melhoria da interface do modelo desenvolvido. (5) Desenvolvimento de um sistema de apoio a decisão específico, que possa apoiar um analista a aplicar o modelo proposto.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. T. *O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão*. Recife: Universitária da UFPE, 2011.
- ALMEIDA, A. T. *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. São Paulo: Atlas, 2013.
- ALMEIDA, A. T. & RAMOS, F. S. *Gestão da informação na competitividade das organizações*. Recife: Universitária da UFPE, 2002.
- ALMEIDA, A. T. & VETSCHERA, R. A note on scale transformations in the PROMETHEE V method. *European Journal of Operational Research*, v. 219, p. 198-200, 2012.
- ALMEIDA, A. T.; MORAIS, D. C.; COSTA, A. P. C. S.; ALENCAR, L. H.; DAHER, S. F. D. *Decisão em Grupo e Negociação: métodos e aplicações*. São Paulo: Atlas, 2012. 231p.
- ALMEIDA, J. A.; ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Portfolio selection of information systems projects using PROMETHEE V with c-optimal concept. *Pesquisa Operacional*, 34 (2): 275-299, 2014.
- ALMEIDA, J. A. & COSTA, A. P. C. S. Sistema de apoio a decisão multicritério para seleção de portfólio de sistemas de informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., São Carlos, 2010. *Anais*.
- ASSIS, S. F.; SOUZA, J. F.; NASCIMENTO, L. C. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Gerados pelas Indústrias de Confecção de Colatina/ES. In: JORNADA DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO DO CEFETES, 1., 2008. *Anais*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Site institucional*. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 5ago.2014.
- ATHAYDE, C. M.; ATHAYDE, G. B.; LICHT, O. A. B.; DA ROSA FILHO, E. F. Relative risk index, a tool for decision making in watersheds for public supply. *Boletim Paranaense de Geosciencias*. 71(1): 12-20, 2014.
- AYDIN, S. & KAHRAMAN, C. Evaluation of e-commerce website quality using fuzzy multi-criteria decision making approach. *IAENG International Journal of Computer Science*, 39(1), 2012.
- AZEVEDO, L. G. T.; PORTO, R. L. L.; PORTO, M. Sistema de apoio a decisão para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade da água: metodologia e estudo de caso. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(1): 21-51, jan./mar. 1998.
- BARBIERI, J. C. *Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21*. Petrópolis: Editora Vozes, 2008. 158 p.
- BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R. B.; ALBADVI, A.; AGHDASI, M. PROMETHEE: a comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200: 198-215. 2010.

- BELTON, V. & STEWART, T. *Multiple Criteria Decision Analysis: an integrate approach*. Springer, 2002.
- BIDGOLI, H. *Decision Support System - principles and practice*. New York: West Publishing Company, 1989.
- BINDER, F. *Sistemas de apoio a decisão*. São Paulo: Érica, 1994.
- BNDES SETORIAL. *Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação*. Rio de Janeiro, n. 29, p. 159-202, mar. 2009.
- BRANS, J.P.; VINCKE, Ph. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method. *Management Science*. 31, p. 647-656, 1985
- CARDOSO, R. S.; XAVIER, L. H.; GOMES, C. F. S.; ADISSI, P. J. Uso de SAD no apoio a decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais. *Pesquisa Operacional*, 29(1): 67-95, jan./abril. 2009.
- CHAMBERLAIN, B. C.; CARENINI, G.; ÖBERG, G.; POOLE, D.; TAHERI, H. A decision support system for the design and evaluation of sustainable wastewater solutions. *IEEE Transactions on Computers*, 63(1), january. 2014.
- CHAVES, M. C. C.; GOMES, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. *Production*. 24(3): 495-507, 2014.
- CHECKLAND, P. Soft Systems Methodology. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS, J., ed. *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2004.
- CLEMENTINO, M. L. M. A evolução da indústria têxtil no contexto da afirmação do imperialismo americano. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL DA GEOCRÍTICA, 12., Bogotá, 2012. *Anais*.
- CLERICUZI, A. Z.; ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Aspectos relevantes do SAD nas organizações: um estudo exploratório. *Produção*, 16(1): 008-023, jan./abr. 2006.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTEL E DE CONFECÇÃO - ABIT. *Têxtil e Confecção: inovar, desenvolver e sustentar*. Brasília: CNI/AbiT, 2012.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Agenda 21*. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.
- DAHER, S. F. D. & ALMEIDA, A. T. Recent patents using group decision support systems: a short review. *Recent Patents on Computer Science* 3: 81-90. 2010.
- DAHER, S. F. D. & ALMEIDA, A. T. The use of ranking veto concept to mitigate the compensatory effects of additive aggregation in group decisions on a water utility automation investment. *Group Decision and Negotiation*, 21(2): 185- 204. 2012.

- DE SANT'ANNA, P. R.; LONGO, O. C.; BARONE, F. M.; COVA, C. J. G.; DE OLIVEIRA, F. A. L. Information technology as a tool for economic and financial analysis in support of the decision-making for micro and small business. *Revista de Administração Pública*, 45(5):1589-1611, 2011.
- DOMINGUES, R. M. & PAULINO, S. R. Potencial para implantação da produção mais limpa em sistemas locais de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. *Gest. Prod.*, São Carlos, 16(4): 691-704, out./dez. 2009.
- EDEN, C.; ACKERMANN, F. Cognitive mapping expert views for policy analysis in the public sector. *European Journal of Operational Research*, 152: 615-630, 2004.
- FARIA, F. P. & PACHECO, E. B. A. V. Experiências com Produção Mais Limpa no Setor Têxtil. *Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica*, 2(1). 2011.
- FRIEND, J. The strategic choice approach. In: ROSENHEAD, J.; MINGERS, J., ed. *Rational Analysis for a Problematic World Revisited*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2004.
- FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FREIRE, E. & LOPES, G. B. Implicações da Política Nacional de Resíduos Sólidos para as práticas de gestão de resíduos no setor de confecções. *REDIGE*, 4(01), abr. 2013.
- GOMES, L. F. A. M. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas, 2002.
- GOMES, L. F. A. M.; LIMA, M. M. P. P. From modelling individual preferences to multicriteria ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 17(3): 171-184. 1992.
- GONÇALVES, J. C. S. I. Desenvolvimento de modelo numérico para a simulação da qualidade da água em rios utilizando o software Vensim PLE. São Paulo, 2009. 226p. (Mestrado - Engenharia Civil/Universidade de São Paulo).
- KEENEY, R. L. *Value Focused Thinking: a path to creative decision-making*. MA: Harvard University Press, 1992.
- LIMA, J. P. R.; SICSÚ, A. B.; PADILHA, M. F. F. G. Economia de Pernambuco: transformações recentes e perspectivas no contexto regional globalizado. *Revista Econômica do Nordeste*, 38(4): 525-541. 2007.
- LOPEZ, H. M. L. & ALMEIDA, A. T. Utilizando PROMETHEE V para seleção de portfólio de projetos de uma empresa de energia elétrica. *Production*, 24(3): 559-571, july/sept. 2014.
- MEIRELLES, C. L. A.; GOMES, L. F. A. M. O apoio multicritério à decisão como instrumento de gestão do conhecimento: uma aplicação à indústria de refino de petróleo. *Pesquisa Operacional*, 29(2):451-470, 2009.
- MILAN, G. S.; VITTORAZZI, C.; REIS, C. Redução de resíduos têxteis e de impactos ambientais: um estudo desenvolvido em uma indústria de confecções do vestuário. In: SEMEAD – SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 13., 2010. *Anais*.

- MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. *Interfases*, 4(3): 46-58, 1974.
- MOLINARI, M. A.; QUELHAS, O. L. G.; NASCIMENTO FILHO, A. P. Avaliação de oportunidades de produção mais limpa para a redução de resíduos sólidos na fabricação de tintas. *Production*. 23(2): 364-374, abr./jun., 2013.
- NASCIMENTO, L. F.; LEMOS, A. D. C.; MELLO, M. C. A. *Gestão Sociambiental Estratégica*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- NGAI, E. W. T.; PENG, S.; ALEXANDER, P.; MOON, K. K. L. Decision support and intelligent systems in the textile and apparel supply chain: An academic review of research articles, *Expert Systems with Applications*, 4: 81–91. 2014.
- PARDALOS, P. M.; SISKOS, Y.; ZOPOUNIDIS, C. *Advances in multicriteria analysis*, Kluwer: Academic Publishers, 1995.
- PELISSARI, A. S.; GONZALEZ, I. V. D. P.; VANALLE, R. M. Competências gerenciais: um estudo em pequenas empresas de Confecções. *Revista Eletrônica de Administração*. 17(1): 149-180, jan/abr. 2011.
- PIMENTA, H. C. D. & GOUVINHAS, R. P. Implementação da produção mais limpa na indústria de panificação de Natal-RN. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27., Foz do Iguaçu, 2007. *Anais...*
- PRODANOV, C. C. & FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- ROCHA, L. C. J. B. V. & DAHER, S. F. D. Modelo multicritério para priorização de ações de melhorias em empresa do setor de confecções do agreste pernambucano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 46., Salvador, 2014. *Anais*.
- ROY, B. *Multicriteria methodology goes decision aiding*. Kluwer: Academic Publishers, 1996.
- SEIFFERT, M. E. B. *Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental*. São Paulo: Atlas, 2009.
- SERRANO, J. M. P. R; PEÇA, J. O. Informação georeferenciada: ferramenta de apoio à tomada de decisão num projecto de agricultura de precisão. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies – CISTI*, 3. Évora, 2008.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. *Termo de referência para atuação do sistema SEBRAE em Arranjos Produtivos Locais*. Julho, 2003.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE. *Estudo econômico do arranjo produtivo local de confecções do agreste pernambucano, 2012*. Relatório final. 2013. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/uf/pernambuco/downloads/estudos-e-pesquisas/copy2_of_aprenda/estudo-economico-do-apl-de-confeccoes-do-agreste.pdf> Acesso em: 14abr.14.

- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. *Produção mais limpa em confecções*. Departamento Regional do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2007.
- SILVA, F. F.; FEITOSA, M. G. G.; AGUIAR, V. S. M. Uma reflexão sobre as relações de parceria nos APLs de confecções do agreste pernambucano como elemento disseminador da inovação em redes interorganizacionais. *Ram, Rev. Adm. Mackenzie*, São Paulo, 13(4), jul./ago. 2012.
- SILVA, L. C.; LEVINO, N. A.; SILVA, L. S. E. Modelo de decisão multicritério para priorização de políticas públicas de apoio a agricultura familiar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., Salvador, 2013. *Anais*.
- SIMONETTO, E. O. & LOBLER, M. L. Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. *Production*, 24(1): 212-224, jan./mar. 2014.
- STABELL, C. Towards a theory of decision support. In: *Decision support and executive information systems*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1994.
- STAIR, R. M. *Princípios de Sistemas de Informação: uma abordagem gerencial*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S/A, 1998.
- TERRA, G. P. Produção mais limpa aplicada à indústria gráfica: lições aprendidas para a sustentabilidade no setor. Fluminense, 2010. 170p. (Mestrado Profissional - Sistemas de Gestão/Universidade Federal Fluminense).
- VETSCHERA, R. & ALMEIDA, A. T. A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research*, 39: 1010-1020. 2012.
- VINCKE, P. *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, 1992.
- VINODH, S.; JAYAKRISHNA, K.; KUMAR, V.; DUTTA, R. Development of decision support system for sustainability evaluation: a case study. *Clean Techn Environ Policy*. 16: 163–174. 2014.
- WANG, J. J. & YANG, D. L. Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing. *Computers & Operations Research*, 34: 3691–3700, mar. 2006.
- YESIM, A. Y.; YILDIZ, A.; ÖZBEK, A. Fuzzy TOPSIS method in supplier selection and application in the garment industry. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 93(4): 20-23, 2012.
- ZAMBERLAN, J. F.; ZAMBERLAN, C. O. Irrigation: costs management as a tool in decision-making. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*. 4(3): 391-408, 2011.
- ZAMCOPÉ, F. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Construção de um modelo para avaliação da sustentabilidade corporativa: um estudo de caso na indústria têxtil. *Gestão e Produção*, São Carlos, 19(2): 303-321. 2012.

- ZAMCOPÉ, F. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A. Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos – um estudo de caso na indústria têxtil. *Gestão e Produção*, São Carlos, 17(4): 693-705. 2010.
- ZANDI, F. & TAVANA, M. A multi-attribute group decision support system for information technology project selection. *Int. J. Business Information Systems*, 6(2). 2010.

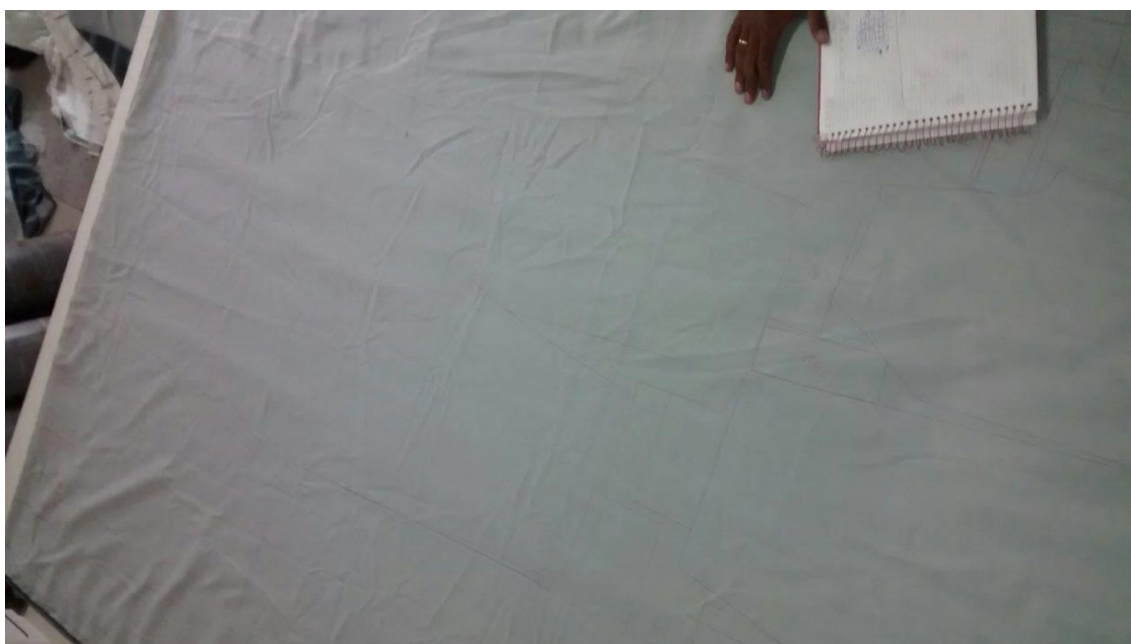
APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Rolos de tecido



Fonte: Este estudo

APÊNDICE 2 – Processo de enfiesto para o risco



Fonte: Este estudo

APÊNDICE 3 – Moldes de papel



Fonte: Este estudo

APÊNDICE 4 – Costura das peças



Fonte: Este estudo

APÊNDICE 5– Máquina travete para acabamento nas peças



Fonte: Este estudo

APÊNDICE 6 – Máquina botoneira para acabamento nas peças



Fonte: Este estudo

APÊNDICE 7 – Máquina caseadeira para acabamento nas peças



Fonte: Este estudo

ANEXOS

ANEXO 1 – Produção Mundial de Têxteis (TON.) em 2009

País	Têxteis	Part. %
China	33.231.000	48,78
Índia	5.500.000	8,07
Estados Unidos	3.620.000	5,31
Paquistão	2.660.000	3,90
Brasil	2.089.000	3,07
Indonésia	1.853.000	2,72
Taiwan	1.682.000	2,47
Coréia do Sul	1.327.000	1,95
Turquia	1.283.000	1,88
Tailândia	874.000	1,28
México	739.000	1,08
Itália	732.000	1,07
Bangladesh	618.000	0,91
Rússia	475.000	0,70
Alemanha	466.000	0,68
Outros	10.979.000	16,12
Total	68.128.000	100,00

Fonte: CNI & ABIT (2012)

ANEXO 2 – Produção mundial de vestuário (TON.) em 2009

País	Vestuário	Part. %
China	19.709.000	48,96
Índia	2.819.000	7,00
Paquistão	1.535.000	3,81
Brasil	1.169.000	2,90
Turquia	1.070.000	2,66
Coréia do Sul	968.000	2,40
Itália	968.000	2,40
México	951.000	2,36

Malásia	651.000	1,62
Polônia	622.000	1,55
Taiwan	578.000	1,44
Romênia	518.000	1,29
Tailândia	453.000	1,13
Sri Lanka	450.000	1,12
Indonésia	445.000	1,11
Outros	32.906.000	81,74
Total	40.258.000	100,00

Fonte: CNI & ABIT (2012).

ANEXO 3 – Concentrações geográficas de produtores de confecções com mais de 10.000 empregos formais em 2011

UF	APL	EMPRESAS FORMAIS	PESSOAS OCUPADAS EM EMPREGOS FORMAIS
SP	Polos de Confecções do Brás e Bom Retiro	19.188	163.700
SC	Blumenau	8.487	148.079
CE	Polo de Moda do Ceará	4.896	67.532
PR	Maringá e região	2.786	39.373
MG	Juiz de Fora / São João Nepomuceno	1.824	27.202
PE	Polo de Confecções do Agreste	3.458	24.449
GO	Goiânia	3.700	24.166
SC	Jaraguá do Sul	541	23.868
SP	Americana	1.102	23.624
BA	Moda do Estado da Bahia	946	23.305
MS	Campo Grande	508	21.474
RJ	Nova Friburgo	1.746	20.540
SC	Joinville	582	14.516
PB	Campina Grande	327	14.325
SP	Ibitinga	743	13.259
RJ	Moda de Petrópolis	798	10.823
MG	Divinópolis	1.161	10.722

ES	Grande Vitória	1.177	10.655
SC	Rio do Sul	614	10.422

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2013).

ANEXO 4 – Número de unidades produtivas por cidade

Unidade geográfica	Número de unidades produtivas	% do total do Polo
Agrestina	299	1,6
Brejo da Madre de Deus	1.396	7,4
Caruaru	4.530	24,1
Cupira	135	0,7
Riacho das Almas	415	2,2
Santa Cruz do Capibaribe	7.169	38,1
Surubim	454	2,4
Taquaritinga do Norte	1.185	6,3
Toritama	2.818	15,0
Vertentes	401	2,1
Caruaru + Santa Cruz do Capibaribe + Toritama	14.517	77,2
Total dos dez municípios	18.803	100

Fonte: Adaptada de SEBRAE (2013).

ANEXO 5 – Crescimento demográfico das cidades do APL

Unidade geográfica	População 2010	% do total do Polo	Variação populacional (2000/2009) (%)
Agrestina	22.679	3,5	13,2
Brejo da Madre de Deus	45.180	6,9	18,6
Caruaru	314.912	48,4	24,2
Cupira	23.390	3,6	4,5
Riacho das Almas	19.162	2,9	5,6
Santa Cruz do Capibaribe	87.582	13,5	48,3
Surubim	58.515	9,0	16,3
Taquaritinga do Norte	24.903	3,8	26,0
Toritama	35.554	5,5	63,1
Vertentes	18.222	2,8	21,8

Caruaru + Santa Cruz do Capibaribe + Toritama	438.048	67,4	31,0
Total dos dez municípios	650.099	100	27,1

Marcos de comparação

Brasil	190.756.000	-	12,3
Nordeste	53.082.000	-	11,2
Pernambuco	8.796.000	-	11,1

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2013).

ANEXO 6 – PIB das cidades do APL

Unidade geográfica	PIB 2009 (R\$ mil preços correntes)	% do total do Polo	Variação total do PIB a preços constantes (2000/2009) (%)
Agrestina	108.811	2,8	50,9
Brejo da Madre de Deus	163.271	4,2	48,2
Caruaru	2.428.599	62,7	49,2
Cupira	93.631	2,4	29,4
Riacho das Almas	91.226	2,4	67,6
Santa Cruz do Capibaribe	400.885	10,3	63,9
Surubim	269.852	7,0	45,1
Taquaritinga do Norte	103.842	2,7	53,2
Toritama	149.176	3,8	101,2
Vertentes	66.013	1,7	57,4
Caruaru + Santa Cruz do Capibaribe + Toritama	2.978.660	76,9	57,2
Total dos dez municípios	3.875.306	100	56,1

Marcos de comparação

Brasil	3.239.404.000	-	36,2
Nordeste	437.720.000	-	47,9
Pernambuco	78.428.000	-	44,3

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2013).