



TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO SEGMENTO BRASILEIRO DE TÊXTEIS  
TÉCNICOS: UM EXERCÍCIO DE PROSPECÇÃO

Camila Eller Gomes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Rio de Janeiro

Março de 2016

TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO SEGMENTO BRASILEIRO DE TÊXTEIS  
TÉCNICOS: UM EXERCÍCIO DE PROSPECÇÃO

Camila Eller Gomes

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, DSc.

---

Prof. David Kupfer, DSc.

---

Prof.<sup>a</sup> Flavia Chaves Alves, Ph.D.

---

Prof. Marcos do Couto Bezerra Cavalcanti, DSc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2016

Gomes, Camila Eller

Tendências Tecnológicas no Segmento Brasileiro de Têxteis Técnicos: Um Exercício de Prospecção/Camila Eller Gomes. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

XVII, 137.: il; 29,7 cm.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 115 – 122.

1. Têxteis Técnicos. 2. Prospecção Tecnológica. 3. *Delphi*. I. Naveiro, Ricardo Manfredi. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

## DEDICATÓRIA

À

Marlene Eller Gomes,  
Sergio Thomaz Gomes (*in memoriam*),  
Sebastião Rosa e Eric Eller Gomes.

Dos quais a solidariedade, carinho,  
cooperação e amor recebidos  
me permitem chegar hoje aqui

## AGRADECIMENTOS

A Deus, exultação da esperança, pelo dom da vida;

À minha família, pelo apoio, incentivo e compreensão durante os momentos em que a priorização dos afazeres acadêmicos me distanciou da plena convivência familiar;

Aos meus amigos, que com palavras e ações, muitas vezes despreziosas, foram fonte de motivação e inspiração na árdua caminhada de execução deste projeto pessoal e profissional, em especial Fabiane, Helen, Jorge, Ludmilla, Marcos, Ronaldo, Rosa Maria, Tessie e Umberto;

Ao meu orientador, professor Ricardo Manfredi Naveiro, por acolher e amparar o desafio por mim apresentado e que se traduziu na realização deste trabalho: dando sempre valiosos conselhos, me ensinando a negociar com meus próprios limites e a confiar em meu potencial;

Aos professores Marcello Pio e Alcides Júnior, pelo altruísmo em compartilhar seus conhecimentos e experiências, sendo colaboradores essenciais para fundamentação e concretização desta dissertação;

Aos professores que encontrei durante minha trajetória pela COPPE, em especial Flávia Chaves e José Vitor, capitais no processo de lapidação de minhas práticas acadêmicas. Processo que, muito embora tenha sido lento e penoso para mim, trouxe excelentes frutos;

Aos colegas de curso, em particular Amanda, Andréia e Beatriz, pelas experiências trocadas;

Aos meus amigos e colegas de trabalho, que com generosidade e coleguismo, compreenderam e me auxiliaram em minhas intermitentes ausências, principalmente os professores Antonio Renato, Claudio, Lana e Katherina;

Ao governo brasileiro, que por meio de seu sistema educacional, garantiu meu acesso a um curso de mestrado público, gratuito e de qualidade.

A todos, meu sincero MUITO OBRIGADA!

Ensina-nos a contar os nossos dias, para que alcancemos  
coração sábio.

Salmos 90.12

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NO SEGMENTO BRASILEIRO DE TÊXTEIS TÉCNICOS: UM EXERCÍCIO DE PROSPECÇÃO

Camila Eller Gomes

Março/2016

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Programa: Engenharia de Produção

A prática da prospecção tecnológica para acompanhar os avanços tecnológicos é cada vez mais valorizada, e a sua utilização sistemática é entendida como essencial para os negócios na nova economia do conhecimento, permitindo a identificação de áreas estratégicas de pesquisa e tecnologia com o maior benefício econômico e social. Este trabalho desenvolve um estudo de prospecção tecnológica aplicado ao segmento brasileiro de têxteis técnicos. De forma geral, os têxteis técnicos (TT) são um segmento da Indústria Têxtil cujos produtos visam, prioritariamente, ao atendimento de necessidades de performance bem específicas, usados principalmente por seu desempenho ou suas propriedades funcionais, ao invés de suas características estéticas ou decorativas. O modelo utilizado buscou a sinergia entre conhecimento tácito e explícito, combinando a técnica Delphi com a análise bibliográfica e do conteúdo de patentes, numa abordagem exploratória quali-quantitativa. O levantamento dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos em têxteis técnicos definiu o conjunto de tecnologias emergentes que foram avaliados por um painel de especialistas brasileiros em duas rodadas *Delphi*. Ao final do trabalho, foi possível estimar a taxa de difusão de cada tecnologia no Brasil nos próximos cinco e quinze anos, bem como para avaliar as condições de produção local nos próximos quinze anos. Formulando uma base para a compreensão de como as empresas deste setor podem explorar de forma mais eficiente as oportunidades tecnológicas, bem como identificando suas possíveis limitações e deficiências para implementar essas tecnologias no Brasil.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

TECHNOLOGICAL TRENDS IN THE TECHNICAL TEXTILES BRAZILIAN  
SEGMENT: AN PROSPECTIVE EXERCISE

Camila Eller Gomes

March/2016

Advisor: Ricardo Manfredi Naveiro

Department: Production Engineering

The practice of technology foresight to keep track of technological advances is increasingly valued, and its systematic use is understood as essential to business in the new knowledge economy, allowing the identification of areas for strategic research & technology with the greatest economic and social benefit. This work develops a technological foresight study applied to the Brazilian technical textiles segment. In general, technical textiles (TT) is a textile industry sector whose products are aimed, primarily, to meet very specific performance requirements, mainly used for their performance and functional properties rather than their aesthetic or decorative characteristics. The used model sought the synergy between tacit and explicit knowledge, combining the Delphi technique with the literature review and patent contents analysis, in a quali-quantitative exploratory approach. The survey of scientific and technological developments in technical textiles defined a set of emerging technologies that were evaluated by a panel of Brazilian experts in a two rounds *Delphi*. At the end of the work, it was possible to estimate the diffusion rate of each technology in Brazil over the next five and fifteen years, as well as appraise the conditions of local production in the next fifteen years. Formulating a basis for understanding how companies in this sector can explore more efficiently the technological opportunities, as well as identifying constraints and shortcomings to implement these technologies in Brazil.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Introdução e Contextualização .....	1
1.2	Objetivos da Dissertação .....	5
1.2.1	Objetivo Geral .....	5
1.2.2	Objetivos Específicos .....	5
1.3	Resultados Esperados .....	5
1.4	Estrutura do Trabalho .....	6
<b>2</b>	<b>PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA .....</b>	<b>7</b>
2.1	Introdução .....	7
2.2	Evolução dos Estudos Prospectivos .....	10
2.3	Prospecção Tecnológica .....	14
2.4	Métodos e Técnicas de Prospecção .....	16
2.5	Principais Abordagens Utilizadas na Prospecção Tecnológica .....	19
2.5.1	Cenários .....	19
2.5.1.1	Método GBN .....	20
2.5.1.2	Método Proposto por Porter .....	21
2.5.1.3	Método Grumbach .....	21
2.5.1.4	Método Proposto por Godet .....	21
2.5.2	<i>Brainstorming</i> .....	23
2.5.3	Análise de Patentes .....	24
2.5.4	Método <i>Delphi</i> e suas variações .....	25
2.5.5	Seleção dos Métodos Adotados .....	28
<b>3</b>	<b>TÊXTEIS TÉCNICOS .....</b>	<b>30</b>
3.1	Introdução .....	30
3.2	Breve Panorama Nacional e Internacional do Segmento de Têxteis Técnicos .....	31
3.3	Conceitos e Definições .....	34
3.4	Escopo e Tecnologias Associadas aos Têxteis Técnicos .....	39
3.4.1	Materiais .....	40

3.4.1.1	Materiais de Mudança de Fase .....	42
3.4.1.2	Materiais com Memória de Forma .....	42
3.4.1.3	Materiais Crômicos .....	43
3.4.1.4	Materiais Condutivos .....	43
3.4.1.5	Materiais Piezoelétricos .....	44
3.4.1.6	Materiais Auxéticos .....	45
3.4.1.7	Micro e Nano Materiais .....	45
3.4.1.8	Metamateriais .....	46
3.4.1.9	Materiais Biodegradáveis .....	47
3.4.2	Processos .....	48
3.4.2.1	Processos Formadores de Fibras, Filamentos e Fios .....	48
3.4.2.2	Processos Formadores de Tecidos .....	52
3.4.2.3	Processos Formadores de Não tecidos .....	57
3.4.2.4	Processos de Beneficiamento Têxtil .....	59
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>63</b>
4.1	Delineamento da Pesquisa .....	63
4.1.1	Delimitação do Sistema Estudado .....	64
4.2	Metodologia Proposta .....	65
4.2.1	Fonte de Dados .....	65
4.2.2	Identificação de Tecnologias Associadas aos Têxteis Técnicos .....	65
4.2.2.1	Etapa 1: Revisão Bibliográfica .....	65
4.2.2.2	Etapa 2: Consulta à Base de Patentes .....	66
4.2.3	Consulta aos especialistas .....	67
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>71</b>
5.1	Análise do Conteúdo das Patentes .....	71
5.1.1	Tecnologias em Destaque .....	77
5.1.2	Lista das Tecnologias de Interesse .....	78
5.2	<i>Delphi</i> .....	83
5.2.1	Seleção dos Respondentes .....	85
5.2.2	Classificação das Tecnologias .....	88
5.2.3	Tendências Tecnológicas para o Setor .....	91

5.2.3.1	Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil .....	93
5.2.3.2	Processos Formadores de Fios (Fibras e Filamentos) .....	96
5.2.3.3	Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos .....	99
5.2.3.4	Processos de Beneficiamento .....	101
5.2.3.5	Macrotendências Tecnológicas .....	104
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>110</b>
6.1	Conclusões .....	110
6.2	Sugestões para Trabalhos Futuros .....	113
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO <i>DELPHI</i> .....</b>	<b>123</b>
	<b>ANEXO 2 – FREQUÊNCIA RELATIVA DAS RESPOSTAS AO FINAL DA SEGUNDA RODADA <i>DELPHI</i> .....</b>	<b>132</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Concepção de Futuro: Único e Verdadeiro .....	8
<b>Figura 2</b> – Concepção de Futuro: Múltiplo e Incerto .....	9
<b>Figura 3</b> – Concepção de Futuro como não determinado .....	10
<b>Figura 4</b> – Comparação entre os principais métodos e técnicas utilizados na prospecção tecnológica .....	29
<b>Figura 5</b> – Transversalidade entre as terminologias que evidenciam atributos e aplicações finais dos têxteis técnicos .....	38
<b>Figura 6</b> – Materiais, processos e produtos no escopo dos têxteis técnicos .....	39
<b>Figura 7</b> – Classificação das fibras têxteis .....	40
<b>Figura 8</b> – Seção transversal de um tecido revestido ou laminado .....	61
<b>Figura 9</b> – inter-relação entre as etapas de revisão bibliográfica e análise de patentes .....	66
<b>Figura 10</b> - Representação das sequências adotadas para classificação das tecnologias emergentes .....	89

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Abordagens relacionadas aos estudos de futuro .....	13
<b>Tabela 2</b> - Classificação dos métodos e técnicas de análise de tecnologias do futuro .....	17
<b>Tabela 3</b> - Prospectiva estratégica: processos e etapas relacionadas .....	22
<b>Tabela 4</b> - Consumo de fibras e principais aplicações dos produtos ligados ao segmento de TT .....	33
<b>Tabela 5</b> - Principais termos e características associados aos têxteis técnicos .....	36
<b>Tabela 6</b> - Termos básicos para classificação dos têxteis técnicos em função de sua área de aplicação .....	37
<b>Tabela 7</b> - Introdução comercial das principais fibras têxteis no mercado norte-americano.....	41
<b>Tabela 8</b> - Principais categorias de fios .....	49
<b>Tabela 9</b> - Principais etapas e máquinas para fabricação de fibras/filamentos/fios e suas tecnologias .....	51
<b>Tabela 10</b> - Descrição dos processos de preparação à tecelagem .....	52
<b>Tabela 11</b> - Principais máquinas para fabricação de tecidos planos e suas tecnologias .....	54
<b>Tabela 12</b> - Principais máquinas para fabricação de tecidos de malha e suas tecnologias .....	56
<b>Tabela 13</b> - Principais tecnologias empregadas aos processos de formação e consolidação da manta de fibras na produção de não tecidos .....	58
<b>Tabela 14</b> - Principais tecnologias de beneficiamento e tipos de funcionalização aplicados aos têxteis técnicos .....	62
<b>Tabela 15</b> - Principais questões relacionadas à delimitação do Sistema Estudado.	64
<b>Tabela 16</b> - Fases da metodologia utilizada no projeto PDTs-IBKER .....	69
<b>Tabela 17</b> - Resultado das buscas por palavras-chave .....	72
<b>Tabela 18</b> - Seções da Classificação Internacional de Patentes (CIP) .....	72
<b>Tabela 19</b> - Taxonomia proposta para análise das patentes .....	75

<b>Tabela 20</b> - Lista de tecnologias emergentes associadas aos TT.....	79
<b>Tabela 21</b> - Relação entre as áreas de oportunidade tecnológica e o escopo dos TT .....	80
<b>Tabela 22</b> - Lista de tecnologias emergentes adaptadas à regra de redação .....	80
<b>Tabela 23</b> - Campos de preenchimento do questionário e respectivas opções de resposta .....	85
<b>Tabela 24</b> - Critérios para seleção dos respondentes .....	86
<b>Tabela 25</b> - Conceitos adotados para classificação das tecnologias emergentes, após adaptação .....	90
<b>Tabela 26</b> - Critérios adotados para categorização das tecnologias emergentes ...	91
<b>Tabela 27</b> - Total tecnologias emergentes por categoria - Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil .....	96
<b>Tabela 28</b> - Total de tecnologias emergentes por categoria - Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos) .....	98
<b>Tabela 29</b> - Total de tecnologias emergentes por categoria - Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos .....	101
<b>Tabela 30</b> - Total de tecnologias emergentes por categoria - Processos de Beneficiamento.....	104
<b>Tabela 31</b> - Quadro-resumo com a classificação das tecnologias .....	107

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Número de publicações por ano.....	1
<b>Gráfico 2</b> - Número de patentes por seção IPC .....	74
<b>Gráfico 3</b> - Classificação do conteúdo das patentes em função da taxonomia proposta .....	76
<b>Gráfico 4</b> - Distribuição dos respondentes por perfil .....	87
<b>Gráfico 5</b> - Distribuição dos respondentes por nível de conhecimento .....	88
<b>Gráfico 6</b> - Percentual de tecnologias por área de oportunidade tecnológica .....	92
<b>Gráfico 7</b> - Percentual de tecnologias por classificação .....	92
<b>Gráfico 8</b> - Classificação das tecnologias emergentes associadas às matérias-primas e novos materiais aplicados à produção têxtil .....	93
<b>Gráfico 9</b> - Classificação das tecnologias emergentes associadas aos processos formadores de fios (fibras e filamentos) .....	96
<b>Gráfico 10</b> - Classificação das tecnologias emergentes associadas aos processos formadores tecidos e não tecidos .....	99
<b>Gráfico 11</b> - Classificação das tecnologias emergentes associadas aos Processos de Beneficiamento .....	102
<b>Gráfico 12</b> - Classificação das tecnologias emergentes associadas às macrotendências tecnológicas .....	104

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINT	Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos e Tecidos Técnicos
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANFA	<i>Asia Nonwoven Fabrics Association</i>
CCL	<i>Current US Classification</i>
CIP	Classificação Internacional de Patentes
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CPC	<i>Cooperative Patent Classification</i>
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
EDANA	<i>European Disposables and Nonwovens Association</i>
FIEMIG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
GBN	<i>Global Business Network</i>
GNS	<i>Global Nonwovens Summit</i>
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
INDA	<i>Association of the Nonwoven Fabrics Industry</i>
IPC	<i>International Patent Classification</i>
IPEM	Instituto de Pesos e Medidas
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NT	Nãotecidos
PDTS-IBKER	Perspectivas de Desenvolvimento Tecnológico para a Indústria de Bens de Capital para Energia Renovável
PCM	<i>Phase Change Material</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SMM	<i>Shape Memory Material</i>
T&C	Têxtil e Confeção
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TT	Têxteis Técnicos
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná



USPTO

*United States Patent and Trademark Office*

UV

Ultravioleta

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão explicitadas as informações centrais do trabalho de pesquisa. Após uma pequena introdução ao tema, são elencados seus principais objetivos e os resultados esperados. Por fim, apresentamos a estrutura do trabalho.

### 1.1) Introdução e Contextualização

O panorama atual de concorrência global, tem feito com que atividades comerciais e industriais ocorram em um ambiente cada vez mais competitivo. A partir desta tônica, emerge um novo padrão de concorrência que, além do preço, baseia-se em qualidade, flexibilidade e diferenciação de produtos. Neste cenário, onde a inovação humana e o progresso tecnológico são tidos como importantes fontes para competitividade (INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2000), o segmento de têxteis técnicos (TT) tem sido considerada uma promissora vertente da indústria têxtil mundial, tido como um vetor de inovação capaz de beneficiar toda a cadeia têxtil (ABDI, 2010). O que se deve principalmente ao seu potencial econômico e estratégico.

De modo geral, têxteis técnicos são materiais constituídos por matérias-primas sob a forma de fibras, fios ou filamentos, que combinados em diferentes arranjos (flocos, fios, tecidos, não tecidos<sup>1</sup>) se aplicam ao atendimento de requisitos bem definidos de desempenho, tais como: praticidade, segurança, economia, flexibilidade, isolamento ou durabilidade.

Quando analisamos os dados de produção, consumo e pesquisa relacionados aos têxteis técnicos fica evidente a crescente significância deste promissor segmento, responsável por mais de 27% da produção mundial de materiais têxteis.

No ano de 2013, a demanda mundial por têxteis técnicos, em termos de volume, foi algo em torno de 23 milhões de toneladas e o mercado mundial estimado em US\$ 250 bilhões. Há a previsão de que até 2020 o mercado mundial alcance o valor de US\$ 315 bilhões (TELASANG, 2015).

No que diz respeito às características construtivas destes materiais, dados do Commerzbank (2015) apontam que os têxteis técnicos obtidos a partir dos processos de

---

<sup>1</sup> Conforme a norma NBR-13370 (2002), o não tecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) e combinações destes.

tecelagem e malharia detêm a maior parcela do mercado global, cerca de 25 milhões de toneladas, do que aqueles obtidos a partir dos nãotecidos (NT), 7,6 milhões de toneladas. Muito embora o volume de produção dos nãotecidos tenha crescido sucessivamente, ano após ano.

Países emergentes têm apresentado as maiores taxas de crescimento na produção dos TT, em comparação às regiões desenvolvidas. A Ásia supera a América do Norte e a Europa, detendo quase 50% do volume de produção mundial. De acordo com a ANFA (2015), em 2014, a China foi responsável por 72,2% do volume total de nãotecidos produzidos na região asiática (superando Japão, Índia, Coreia, dentre outros) o que corresponde a 2,635 milhões de toneladas.

Informações extraídas da base de dados *SciFinder* indicam a tendência de aumento no número de publicações científicas, sugerindo o crescente interesse pelo tema. O gráfico 1 sintetiza os dados encontrados pelo levantamento.<sup>2</sup>

**Gráfico 1** – Número de publicações por ano.



Fonte: elaboração própria.

Não é de hoje que países desenvolvidos investem na pesquisa e produção de Têxteis Técnicos<sup>3</sup> (TT). Atualmente tanto os países em desenvolvimento quanto aqueles que estão na vanguarda do conhecimento, mantem como ponto de pauta de suas agendas

<sup>2</sup> A pesquisa utilizou como parâmetros de busca: um período de dez anos, compreendido entre 2004 e 2013, e os termos Tech. e *Textile* presentes no campo resumo (*abstract*).

<sup>3</sup> A definição desta classe de materiais é apresentada com detalhes no capítulo 3. Cabe destacar que este segmento é composto pelos materiais têxteis denominados como tecidos e nãotecidos (cujas definições foram apresentadas na nota 1).

governamentais e acadêmicas a discussão sobre o futuro e potencialidade dos TT. O Comitê Econômico Social Europeu (2013), por exemplo, tem chamando a atenção para o fato dos têxteis técnicos serem um dos mais promissores campos de atividade para as empresas têxteis europeias. Inclusive, segundo este mesmo comitê, a Indústria da União Europeia já desempenha papel de liderança no desenvolvimento desta classe de produtos.

O fato dos Estados Unidos e Alemanha liderarem o ranking dos países com maior número de patentes concedidas e solicitadas<sup>4</sup> junto ao escritório americano de patentes, o *United States Patent and Trademark Office – USPTO*, são fortes indícios da relevância dada às potencialidades representadas por este segmento em especial.

A Índia também vê na produção dos TT oportunidade para contornar a turbulência que a comercialização de tecidos convencionais e peças de vestuário *prêt-à-porter* têm enfrentado perante as condições severas da competição global. Chungan (2011) destaca que os têxteis técnicos oferecem grandes chances não só para o mercado externo, como também para o mercado doméstico indiano, uma vez que representam a viabilidade de diversificação e de agregação de valor aos produtos.

A atual conjuntura, na qual o consumo mundial *per capita* destes produtos aumenta ano após ano, especialmente em países como China, Índia e Brasil (EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, 2013), alerta para relevância em estimular a discussão e planejamento de ações que permitam a esses países usufruírem das reais oportunidades de mercado ligadas a este segmento.

A exemplo do que ocorre em alguns países, o êxito futuro da indústria têxtil e de confecção do Brasil requer capacidade de propor soluções a partir da inovação, conhecimento, pesquisa e desenvolvimento de processos e produtos capazes de atender à crescente demanda por diferenciação e qualidade. No entanto, para recuperação da competitividade da indústria nacional espera-se que, além do aumento em eficiência e qualidade, haja uma visão sobre produtos e mercados potenciais.

Em nível nacional, algumas iniciativas voltadas à consolidação do segmento têm sido tomadas. Dentre as quais destacamos:

- A criação, em março de 1991, da Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos e Tecidos Técnicos (ABINT);

---

<sup>4</sup> A pesquisa utilizou como parâmetros de busca: o período temporal de dez anos (2004-2013) e os termos *Technical* e *Textile(s)* presentes simultaneamente no campo que descreve a reivindicação (*claim*) da patente.

- A elaboração, em 2010, do Estudo Prospectivo Setorial Têxtil e Confecção, pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Apesar de envolver a Indústria Têxtil e de Confecção como um todo, o relatório apontou um tipo de Têxtil Técnico (“Uniformes e Roupas Profissionais”) para o atendimento das ações previstas pelo Plano Executivo Setorial, definido no estudo em questão, por entender que esta linha “seria a opção que mais vantagens poderia trazer ao estudo piloto para o setor Têxtil e de Confecção (T&C), pois tal segmento possui a capacidade de difundir os seus resultados por toda a cadeia de valor T&C”. (ABDI, 2010, p. 32)
- O lançamento em 2013, pelo Instituto de Estudos e Marketing Industrial (IEMI), do primeiro relatório exclusivamente dedicado à análise do mercado potencial do setor de Têxteis Técnicos (tecidos técnicos e não tecidos).
- A realização do I Fórum Internacional de Inovação Têxtil: Presente e Futuro, ocorrido em abril de 2014, cujo tema central foram os TT;
- O lançamento pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil – ABIT, em abril de 2014, da publicação intitulada Têxtil Técnico Report, especialmente voltada à difusão dos TT.
- Realização, em março de 2015, da primeira edição da Conferência *OUTLOOK™ Latim America*, promovida pela primeira no continente sul-americano e que foi sediada no Brasil.

Apesar da reconhecida importância que o segmento brasileiro de TT tem para a indústria têxtil nacional, poucos estudos, em nível acadêmico e governamental, possuem temas estritamente relacionados à verificação das potencialidades tecnológicas deste segmento. Ao adotar o pressuposto de que a partir da apropriação das informações do presente é possível gerar conhecimento que permita suportar tomadas de decisão, de modo a favorecer a determinação de ações rumo às oportunidades vislumbradas, este trabalho pretende, a partir de um ensaio em prospecção tecnológica, contribuir para identificação das principais tecnologias associadas ao segmento e seu potencial de difusão nacional.

## **1.2) Objetivos da Dissertação**

### **1.2.1) Objetivo Geral**

- Identificar um conjunto de tendências tecnológicas relacionadas ao segmento de têxteis técnicos e suas potencialidades para a indústria têxtil nacional.

### **1.2.2) Objetivos específicos**

- Reconhecer as principais tecnologias emergentes associadas a este segmento, em nível mundial;
- Classificar as tecnologias emergentes de produto e processo em função do seu grau de difusão e potencial de desenvolvimento e produção nacionais;
- Identificar as demandas desse segmento no que se refere às tecnologias e novas tecnologias de fabricação a serem adotadas;

## **1.3) Resultados Esperados**

Por meio desse trabalho espera-se reunir um conjunto de informações sobre o segmento de TT, em nível global e nacional, visto que o número de informações disponíveis do segmento de têxteis técnicos, tido com grande potencial de crescimento, ainda é pequeno.

Pretendemos, a partir da formulação de uma abordagem metodológica para desenvolvimento de estudo prospectivo nas áreas de TT e NT, construir uma ferramenta que permita listar uma série de tecnologias relacionadas ao segmento e suas expectativas de difusão e desenvolvimento nacionais.

Esperamos que esse estudo possa ser mais um importante instrumento de informação sobre os segmentos de TT e NT a fim de estimular a discussão sobre este tema relativamente novo para cadeia produtiva têxtil nacional, mas, de forma alguma, menos importante que os demais segmentos que a compõem.

#### **1.4) Estrutura do Trabalho**

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, cuja ordem e conteúdo são especificados a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: dedicado a apresentar as características principais do trabalho, como a contextualização do tema escolhido, os objetivos e os resultados esperados.

Capítulo 2 – Prospecção Tecnológica: constitui a revisão bibliográfica dos temas relativos aos métodos e técnicas utilizados em estudos prospectivos, sua classificação e principais características.

Capítulo 3 – Têxteis Técnicos: promove a revisão da literatura sobre a definição, escopo de aplicação, processos produtivos e panorama geral do segmento dos têxteis técnicos.

Capítulo 4 – Metodologia: descreve a metodologia utilizada por este estudo, no qual se caracteriza a pesquisa, delimita seu escopo, estabelece a forma da coleta e interpretação dos dados obtidos.

Capítulo 5 – Resultados e Discussão: expõe todas as informações coletadas a partir das pesquisas realizadas durante o trabalho.

Capítulo 6 – Conclusões e Considerações Finais: sintetiza as principais conclusões, limitações do estudo e sugestões para futuros trabalhos.

## CAPÍTULO 2

### PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Este capítulo faz uma breve revisão sobre os estudos prospectivos. Após considerar aspectos históricos ligados às atividades prospectivas e sua evolução, são elencados os principais métodos e técnicas de prospecção. Por fim, destacamos algumas metodologias aplicadas à prospecção tecnológica e suas principais características.

#### 2.1) Introdução

O desejo de conhecer o futuro acompanha a existência da humanidade. A busca do homem por este conhecimento tem como principal objetivo a obtenção de informações que permitam minimizar o risco de suas decisões.

Encontramos, ao longo da história, exemplos expressivos ligados à prática da predição do futuro. Desde os profetas bíblicos, passando pelos sacerdotes do antigo Egito, até os oráculos da Grécia, todos procuravam fazer algum tipo de previsão sobre as mais diversas condições futuras, tais como: colheitas, guerras, amores, saúde, decisões imperiais, entre outros (MARCIAL; GRUMBACH, 2008).

No Renascimento, período caracterizado pela transição do feudalismo para o capitalismo e de ruptura com as estruturas medievais, a ciência começou a ser utilizada na tentativa de visualizar o futuro. Neste contexto, o pensamento filosófico da existência de um sistema autorregulado (ou um sistema regido por Deus) foi substituído por uma filosofia na qual o homem assumiu a posição de peça-chave.

Iniciativas de exploração do futuro passaram por um grande hiato desde o início do século XX até a década de 1920. Somente após a II Guerra Mundial começaram a surgir movimentos preocupados em construir o futuro. Desde então registraram-se diferentes definições para o que se entendia ser o futuro. Johnson (apud. CASTRO, 2001, p.20, tradução nossa) entende que o “futuro é a interação entre as tendências históricas e a ocorrência de eventos de grande complexidade, de múltiplas interações entre os sistemas sociais, ao invés de fenômenos sociais e políticos”. Para Gaston Berger (apud. GODET, A prospectiva estratégica) “o futuro não se prevê, prepara-se”.

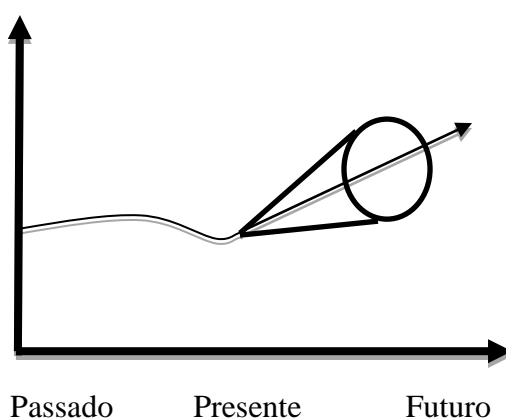
Como podemos observar, ao longo da história, o futuro foi entendido de várias formas, entre as quais se destacam o futuro como sendo: um produto da magia, unidirecional, múltiplo ou não determinado (CASTRO *et al.*,2001). Estas diferentes



perspectivas, com suas premissas e características particulares, deram origem aos distintos enfoques de concepção do futuro. Dentre os quais destacamos:

O enfoque que considera o futuro como uma projeção do passado (futuro verdadeiro e único), o qual presume que o futuro reproduz, em alguma medida, acontecimentos e fatos ocorridos no passado. Este modelo admite que o futuro seja parecido com o passado, não possuindo a característica de identificar rupturas ou descontinuidades provocadas por fatores (sociais, políticos, econômicos ou tecnológicos) externos ao objeto de estudo. Este tipo de enfoque é ilustrado na figura 1.

Estudos de futuro que assumiram este enfoque estavam fortemente influenciados pelo contexto histórico no qual estavam inseridos (pós II Guerra Mundial). Admitia-se a expectativa de que o futuro se comportasse de forma semelhante ao passado em termos de crescimento econômico, crescente urbanização, industrialização, desenvolvimento tecnológico e aumento do poder das, então, superpotências (MASINI, 1989). Nestas condições, era perfeitamente aceitável uma abordagem extrapolativa que fosse sustentada por dados quantitativos.



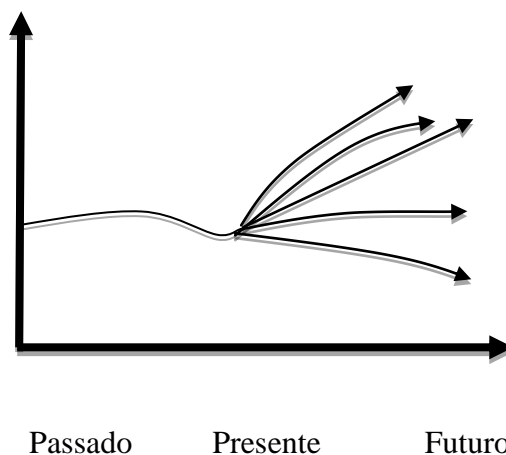
Fonte: adaptado de Castro *et al.* (2001)

**Figura 1** – Concepção de Futuro: Único e Verdadeiro

A visão determinista do futuro passa a ceder espaço para interpretações alternativas que, segundo Ayre (apud MASINI, 1989), admitiam o futuro como emergindo do passado e do presente, mas ligado a escolhas humanas e ações coletivas. Derivam daí outros enfoques de futuro.

Um segundo enfoque admite que o futuro possa ser diferente do passado (futuro múltiplo e incerto). Esta concepção assume a ideia de que existem diversas alternativas de futuro. A visão de futuro é modelada levando em consideração a complexidade da sociedade, através da avaliação das mudanças ocorridas em termos de direção,

velocidade e intensidade. Aqui ainda se observa a existência de uma relação determinista entre passado e futuro, numa visão de mundo em que as relações de causa e efeito são monocausais e lineares (CASTRO *et al.*, 2001).

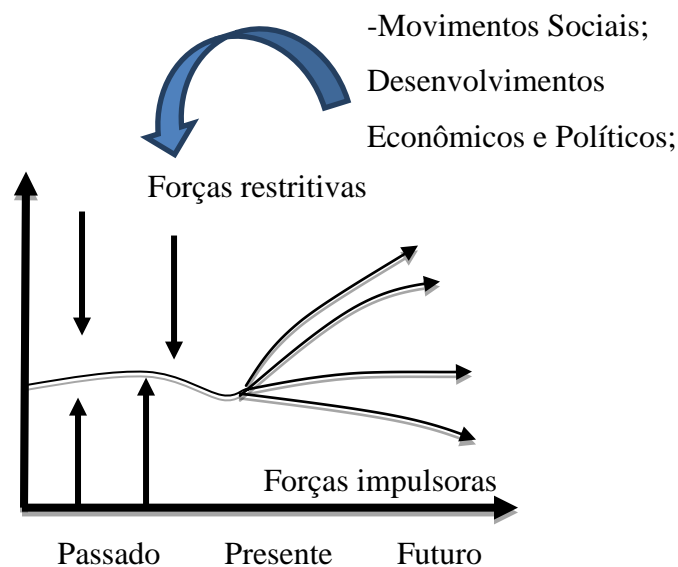


Fonte: adaptado de Castro *et al.* (2001)

**Figura 2** - Concepção de Futuro: Múltiplo e Incerto

Existe ainda um terceiro enfoque, no qual o futuro é entendido como não determinado. Este baseia-se na ideia de que o futuro pode ser construído pela sociedade, a partir de um processo que permita utilizar, de forma sistemática, dados disponíveis para tomada de decisões. A compreensão de futuro de uma variável, ou um conjunto de variáveis, depende do resultado da interação entre forças impulsoras e restritivas e eventos hipotéticos do futuro, que podem ser de ordem social, política, econômica e tecnológica. O conhecimento de tais forças, denominadas "impulsoras" e "restritivas", e a sua influência na mudança de tais variáveis são importantes na tomada de decisão. Para Lima *et al.* (2005, p.21):

Este conceito de futuro está fortemente ligado à chamada "visão prospectiva", em estudos de futuro. Por outro lado, incorpora também elementos da escola americana de estudos de futuro (*forecasting* ou estudos tendenciais) ao considerar as tendências históricas para desenvolver sua análise. (LIMA *et al.*, 2005, p.21).



Fonte: adaptado Lima *et al.* (2005)

**Figura 3** - Concepção de Futuro como não determinado

Para Godet e Durance (2011), frente ao futuro, o homem tem a opção de escolher se comportar entre quatro tipos de atitudes fundamentais: ser passivo, que é quando ele sofre a mudança; ser reativo, quando escolhe-se agir frente à urgência; ser pré-ativo, o que supõem preparar-se para as mudanças previsíveis ou ser proativo, que requer uma postura ativa de modo a provocar mudanças desejadas. Tais atitudes estão intimamente relacionadas ao tipo de enfoque de futuro assumido. Isto, como veremos mais adiante, trouxe reflexos importantes para concepção e evolução dos estudos prospectivos, um ramo dos estudos de futuro.

## 2.2) Evolução dos Estudos Prospectivos

Acontecimentos marcantes associados aos conflitos das duas Grandes Guerras Mundiais, e às grandes revoluções tecnológicas ocorridas neste período, trouxeram preocupações ligadas aos impactos e consequências desastrosas destes eventos e desenvolvimentos para o meio ambiente e a sociedade.

Os primeiros trabalhos e estudos prospectivos ocorrem a partir da década de 1950, influenciados principalmente por dois fatores conjunturais do pós-guerra: a Guerra Fria e a reconstrução da Europa. Surgem então os ramos militar e econômico

que subsidiariam a formação das duas principais Escolas da prospectiva: a Norte-Americana e a Europeia.

Neste período, são concebidas as primeiras abordagens dos estudos prospectivos. Os primeiros estudos desenvolvidos nos Estados Unidos estavam orientados pelo conceito de *forecast*, que segundo Godet & Durance (2011) é muito influenciado pela modelização econômica e pela previsão tecnológica, empregando “métodos cartesianos de análise dos sistemas” (GODET; DURANCE, 2011). Marcial & Grumbach (2008) destacam que a partir da década de 1960, a *RAND Corporation* – maior centro de estudos prospectivos do mundo – passou a empregar métodos e técnicas que assumiam os conceitos de vários futuros possíveis (característica fundamental da prospectiva), em oposição à previsão clássica de um único futuro. Estabelecendo assim o que mais tarde seria conceituado como *foresight*, entendido como:

[...] a tentativa sistemática de olhar para o futuro a longo prazo da ciência, da tecnologia, da economia e da sociedade, com o objetivo de identificar as áreas de investigação estratégica e o surgimento de tecnologias genéricas suscetíveis de produzir os maiores benefícios económicos e sociais. (Ben Martin apud CULHS; GRUPP, 2001, p.1, tradução nossa)

A prospectiva (*la prospective*) tem origem na Escola Europeia, mais precisamente na Escola francesa de estudos prospectivos. O filósofo e pedagogo francês Gaston Berger é considerado o pai da prospectiva, usando este termo pela primeira vez em sua obra, de 1957, intitulada: *A atitude prospectiva*.

Berger lançou a palavra ‘prospectiva’ porque a palavra ‘previsão’ estava demasiadamente impregnada do sentido de profecia. Pretendia com isso separar também os conceitos de previsão (construir um futuro à imagem do passado) e prospectiva (em que o futuro é decididamente diferente do passado). (MARCIAL; GRUMBACH, 2008, p.28)

Em 1960, começava na França a discussão acerca da abordagem conhecida como *Futuribles* (termo que expressa a contração das palavras *future* e *possibles*). Cunhada pelo economista francês Bertrand de Jouvenel, esta denominação idealizava a “[...] forte convicção de que ‘o presente estado de coisas’ tem diferentes possíveis descendentes, não é um dado meramente desconhecido, mas resultado que pode ser isto ou aquilo de acordo com ações de intervenção” (JOUVENEL, 1965). No entanto,

segundo Godet & Durance (2011), esta abordagem está muito voltada para antecipação especulativa, assumindo a concepção de futuro como múltiplo e incerto e não como indeterminado e a ser construído (como acontece na prospectiva). Alerta-se ainda que a prática da “[...] conjectura sobre os futuros possíveis não é isenta de risco, porque ela leva frequentemente à construção de demasiados cenários esquecendo a necessidade de ter projetos” (GODET; DURANCE, 2011, p. XVII).

Godet (2010) constata que embora o conceito de *foresight* seja amplamente utilizado por escritores anglo-americanos como o equivalente da prospectiva, estas duas conceituações diferem um pouco entre si. O autor argumenta que a prospectiva está mais próxima do conceito de *strategic foresight*, pois ambos compreendem, para além da ideia de pré-atividade, o caráter de pró-atividade. Godet esclarece que:

Pré-atividade é o que orienta todas as abordagens de estudos do futuro, *forecasting*, planejamento de cenários e *foresight*. Pró-atividade é mais voluntarista, e tem como objetivo trazer as mudanças desejadas por meio de planejamento estratégico. (GODET, 2010, p.1, tradução nossa).

Segundo Godet e Durance (2011) a prospectiva estratégica está baseada numa metodologia que envolve, basicamente, três etapas: a reflexão coletiva, a preparação da decisão e a ação. Estas, por sua vez, envolvem alguns elementos essenciais:

- Antecipação e projeções estruturadas dos desenvolvimentos e necessidades sociais, económicos e tecnológicos a longo prazo;
- Métodos interativos e participativos de debate, análise e estudo desses desenvolvimentos e necessidades, envolvendo uma grande variedade de participantes;
- Formação de novas redes sociais, facilitadas por intermédio da utilização de métodos interativos;
- Elaboração de visões estratégicas orientadoras, em torno das quais possa haver um sentimento comum de comprometimento (alcançado, em parte, através dos processos de constituição de redes);
- Reconhecimento claro das implicações que as decisões e ações do presente terão para o alcance das visões estratégicas definidas (COMISSÃO EUROPEIA, 2002).

Ainda assim, a literatura aponta a existência de outras terminologias associadas aos estudos de futuro, que compreendem todas as abordagens e metodologias científicas

relacionadas à tentativa de antecipar ou construir o futuro. Schenatto *et al.* (2011), ao dirigirem uma análise crítica destes estudos, sintetizaram as principais semelhanças e diferenças entre as várias terminologias identificadas. A tabela 1 resume suas principais conclusões.

**Tabela 1:** Abordagens relacionadas aos estudos de futuro

<b>Terminologias</b>	<b>Abordagens</b>
<b>Estudos do futuro</b> <i>Future studies</i>	Termos genéricos que englobam todos os estudos e métodos elaborados na tentativa de antecipar ou construir o futuro
<b>Antecipação e previsão</b> <i>Forecast(ing)</i>	Ambos veem o futuro como um porvir tendencial, que pode ser analisado por meio de séries históricas, aplicando-se ferramentas matemáticas. Quanto mais confiáveis forem as bases de dados e mais amplo o período de tempo que elas contêm registros, mais confiável será a extrapolação. De qualquer forma, cabe ressaltar que exercícios dessa natureza não garantem necessariamente uma boa aproximação do futuro que irá se concretizar, apenas uma visão provável.
<b>Prospecção</b> <b>Prospectiva</b> <i>Foresight(ing)</i> <i>La Prospective</i>	Os métodos dessa categoria são aqueles que priorizam abordagem qualitativa na análise do futuro, tendo como principal objetivo a coesão de esforço dos envolvidos na definição do futuro desejado e na conjugação de esforços para torná-lo exequível. Visam identificar elementos para a melhor tomada de decisão, levando em consideração aspectos econômicos, sociais, ambientais, científicos e tecnológicos, sendo frequentemente associados à grande temporalidade. Dessa forma, apresentam viés exploratório ou normativo, no qual a reflexão coletiva sobre os desafios futuros conduz à definição de opções estratégicas.
<i>Technology assessment</i> <i>Veille technologique</i>	São mais focados na análise de impacto das tecnologias vigentes e futuras, adotando uma postura mais de “radar” do que de “ação”. Para isso, acompanham a trajetória tecnológica, antecipando alternativas e consequências.
<i>Futuribles</i> <b>Cenários</b>	Dizem respeito aos futuros possíveis ou prováveis, constituindo-se em ferramentas no processo de investigação do futuro. Assim, não devem ser confundidos ou tomados na mesma medida dos demais conceitos.

Fonte: Schenatto *et al.* (2011)

Kupfer e Tigre (2004), quando tratam especificamente da prospectiva tecnológica, sugerem que as diferentes abordagens metodológicas podem ser organizadas em três grupos principais: monitoramento (*assessment*), previsão (*forecasting*) e visão (*foresight*). Este agrupamento leva em consideração o que os autores chamam de planos lógicos para prospecção do futuro, que seriam classificados em: inferência (extrapolação de tendências), geração sistemática de trajetórias alternativas ou construção do futuro por consenso (baseada em intuição ou cognição coletiva).

Percebe-se que os estudos de futuro apresentam um certo grau de riqueza metodológica, muito embora algumas terminologias sejam conceitualmente equivalentes. Entender os fatores de natureza histórica, cultural e filosófica que influenciaram o surgimento e evolução de tais metodologias, se coloca como tarefa indispensável para o planejamento de qualquer exercício prospectivo e sua pertinente adequação aos objetivos propostos.

### **2.3) Prospecção Tecnológica**

Foi a partir de 1990 que a prospecção tecnológica se tornou uma prática mais difundida em países como: Austrália, Alemanha, Países Baixos e Reino Unido. Muito embora, os Estados Unidos, através da *RAND Corporation*, já tivessem empreendido esta atividade a partir do ano de 1950 e países como Japão e a França os tenham feito nas décadas de 1970 e 1980, respectivamente (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2005).

A prospecção tecnológica tem sido entendida como um ramo da prospectiva dedicado à identificação de demandas e tendências tecnológicas. Kupfer e Tigre (2004, p.1) a definem como “[...] um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo”. Para Coelho (2003, p. 1) “o termo prospecção tecnológica designa atividades de prospecção centradas nas mudanças tecnológicas, em mudanças na capacidade funcional ou no tempo e significado de uma inovação”. Pelo exposto, percebe-se que aspectos ligados aos impactos, direção e ritmo de difusão de uma tecnologia, bem como aqueles ligados às questões socioeconômicas, são levados em consideração neste tipo de prospecção.

O atual contexto, caracterizado por economias e sociedades cada vez mais globalizadas, tem colaborado para que os estudos de prospecção tecnológica sejam amplamente utilizados. Muito disso se deve à capacidade destes em identificar os melhores caminhos que permitam à economia se tornar mais competitiva e sustentável (em nível local, regional, nacional ou global) e, ao mesmo tempo, promover o estabelecimento de novos e melhores níveis de desenvolvimento social, econômico, cultural e tecnológico para o sistema analisado.

Zackiewicz e Salles-Filho (2001) destacam quatro premissas associadas ao *technological foresight* que não devem ser negligenciadas durante sua elaboração:

- Este deve ser encarado como um processo e não somente como um conjunto de técnicas;
- Deve estar concentrado em melhorar o entendimento dos possíveis desenvolvimentos futuros e das forças que sobre eles atuam (restritivas ou impulsionadoras);
- Assume o futuro como não determinado, possibilitando associar as opções de ações no presente que beneficiem as chances de desenvolvimentos futuros;
- Demanda um posicionamento ativo frente ao futuro, entendendo que este é o desdobramento das escolhas feitas hoje.

Verificamos que tais exercícios podem se concentrar nos elos existentes entre questões-chaves ligadas à gestão da tecnologia, tais como: demanda por tecnologia, desenvolvimento científico e social, inovação e competitividade. Desta forma, pode-se melhor articular os esforços dos vários atores envolvidos na formulação de políticas e estratégias de tecnologia que orientem o desenvolvimento de uma infraestrutura tecnológica pautada na melhoria da qualidade de vida. Ideia que é ratificada por Santos *et al.* (2004), quando enfatizam a importância que os exercícios prospectivos têm, no âmbito de sistemas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), para organização e melhoria de sistemas nacionais de inovação que sejam capazes de responder aos interesses da sociedade.

Os exercícios de prospecção em ciência, tecnologia e inovação podem assumir formas variadas, indo desde aquelas mais abrangentes, capazes de subsidiar políticas públicas e setoriais, até aquelas associadas a universos mais pontuais, orientados para apoiar os processos de planejamento corporativo das empresas, por exemplo. Conforme Santos *et al.* (2004) é possível esperar que a prospecção tecnológica em CT&I resulte nos seguintes tipos de benefícios:

- Formação de redes para circulação de informação e conhecimento estratégicos para o processo de inovação;
- Fortalecimento do processo de tomada de decisão em CT&I como consequência da implantação do processo de inteligência antecipatória;
- Suporte ao processo de tomada de decisões relativas ao estabelecimento de prioridades em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D);
- Gestão do risco associado às inovações tecnológicas; e



- Melhoria da competitividade tecnológica de produtos, processos e serviços.

#### 2.4) Métodos e Técnicas de Prospecção

Ao longo da trajetória de desenvolvimento dos estudos de prospecção houve a concepção de uma extensa gama de métodos e técnicas. Tendo em vista a coexistência desta grande variedade de métodos orientados para prática da prospecção tecnológica, algumas iniciativas vêm sendo tomadas com o objetivo de formar um arcabouço teórico capaz de identificar, organizar e tornar acessível este conjunto de técnicas. A seguir são destacadas algumas iniciativas que contribuíram para sistematização do conhecimento sobre estes diferentes métodos de prospecção.

Coelho (2003), a partir do resgate das principais experiências nacionais e internacionais em prospecção tecnológica, baseando-se nas proposições apresentadas por Porter *et al* (1991)<sup>5</sup>, Skumanich & Sibernagel (1997)<sup>6</sup>, categorizou cerca de 25 métodos de prospecção tecnológica (e suas variáveis) em seis famílias que retratam suas características em comum. São elas: 1) Monitoramento e Sistemas de Inteligência, 2) Opinião de Especialistas, 3) Análise de Tendências, 4) Modelos Computacionais e Ferramentas Analíticas, 5) Cenários e 6) Criatividade.

Com sistemática semelhante, mas explorando um universo maior de experiências em nível mundial e contando com a colaboração de especialistas de diversos países, Porter *et al.* (2004) também apresentaram uma proposta para categorização das abordagens em uso na prospecção tecnológica. Em torno do conceito de *Technology Future Analysis* (TFA), ou análise das tecnologias de futuro, os autores realizaram um levantamento profundo, no qual cerca de 52 diferentes métodos e técnicas de prospecção (e suas variantes) foram agrupadas em nove famílias, que refletem as características essenciais dos métodos avaliados, são eles: 1) Criatividade, 2) Métodos Descritivos e Matrizes, 3) Métodos Estatísticos, 4) Opinião de Especialistas, 5) Monitoramento e Sistemas de Inteligência, 6) Modelagem e Simulação, 7) Cenários, 8) Análises de Tendências e 9) Sistemas de Avaliação e Decisão.

Cabe ressaltar que o *Technology Future Analysis* é entendido, por definição, como “qualquer processo sistemático para produzir julgamentos sobre características

---

<sup>5</sup> PORTER, A. *et al.* Forecasting and management of technology. New York: J. Wiley, 1991.

<sup>6</sup> SKUMANICH, M.; SILBERNAGEL, M. Forecasting around the world: a review of seven bent-un-kind programs. Seattle: Battelle, 1997.

tecnológicas emergentes, vias de desenvolvimento, e os potenciais impactos de uma tecnologia no futuro” (PORTER *et al.*, 2004, p.3, tradução nossa) e integra as diferentes abordagens relacionadas aos conceitos de *technology foresight*, *assessment*, *technology forecast* e estudos de inteligência. A Tabela 2, apresenta o detalhamento desta classificação, que inclui ainda informações sobre características associadas aos métodos de prospecção relacionadas: à natureza dos métodos (qualitativa ou quantitativa) e à orientação metodológica que norteará as ações de compreensão e construção do futuro (exploratório ou normativo).

Convém destacar que o *United Nations Industrial Development Organization* (2005), em seu manual sobre *technology foresight*, também considera o tipo de fonte de informação como mais uma característica distintiva entre os métodos de prospecção, categorizando-os como: métodos centrados na análise e articulação das opiniões de peritos ou aqueles baseados na investigação das consequências das hipóteses.

**Tabela 2** - Classificação dos métodos e técnicas de análise de tecnologias do futuro

Família	Métodos (e variações)	Características associadas aos métodos	
<b>Análise de Tendências</b>	Long Wave Analysis	Quantitativo	Exploratório
	Precursor Analysis	Quantitativo	Exploratório
	Trend Impact Analysis	Quantitativo	Normativo / Exploratório
<b>Avaliação / Decisão</b>	Action [Options] Analysis	Qualitativo	Normativo / Exploratório
	Analytical Hierarchy Process (AHP)	Quantitativo	Normativo
	Cost-Benefit Analysis	Quantitativo	Exploratório
	Decision Analysis	Qualitativo	Normativo / Exploratório
	Economic Base Modeling	Quantitativo	Exploratório
	Relevance Trees [Futures Wheel]	Qualitativo	Normativo / Exploratório
	Stakeholder Analysis	Qualitativo	Normativo
	Scenarios	Qualitativo / Quantitativo	Normativo / Exploratório
	Scenario-Simulation	Qualitativo	Normativo / Exploratório
<b>Criatividade</b>	Brainstorming	Quantitativo	Normativo / Exploratório
	Creativity Workshops	Qualitativo	Normativo / Exploratório
	Science Fiction Analysis	Qualitativo	Normativo
<b>Métodos Descritivos e Matrices</b>	Analogies	Qualitativo / Quantitativo	Exploratório
	Backcasting	Qualitativo	Normativo
	Checklists for Impact Identification	Quantitativo	Exploratório

	Innovation System Modeling	Qualitativo	Exploratório
	Morphological Analysis	Qualitativo	Normativo/ Exploratório
	Multicriteria Decision Analyses	Quantitativo	Normativo
	Risk Analysis	Qualitativo/ Quantitativo	Normativo/ Exploratório
	Roadmapping	Qualitativo/ Quantitativo	Normativo/ Exploratório
	Social Impact Assessment	Qualitativo	Normativo/ Exploratório
	Stakeholder Analysis	Qualitativo	Normativo
	Sustainability Analysis	Quantitativo	Exploratório
	Technology Assessment	Qualitativo/ Quantitativo	Exploratório
<b>Métodos Estatísticos</b>	Bibliometrics [Patent Analysis, Text Mining]	Qualitativo	Exploratório
	Correlation Analysis	Quantitativo	Exploratório
	Cross-Impact Analysis	Qualitativo/ Quantitativo	Exploratório
	Risk Analysis	Qualitativo/ Quantitativo	Normativo/ Exploratório
	Trend Impact Analysis	Quantitativo	Normativo/ Exploratório
<b>Modelagem e Simulação</b>	CAS (Complex Adaptive System Modelling [Chaos])	Quantitativo	Exploratório
	Cross-Impact Analysis	Qualitativo/ Quantitativo	Exploratório
	Diffusion Modelling	Quantitativo	Exploratório
	Economic Base Modeling	Quantitativo	Exploratório
	Scenario-Simulation	Qualitativo	Normativo/ Exploratório
	Sustainability Analysis	Quantitativo	Exploratório
	Systems Simulation	Quantitativo	Exploratório
	Technology Assessment	Qualitativo/ Quantitativo	Exploratório
<b>Monitoramento e Sistemas de Inteligência</b>	Bibliometrics [Patent Analysis, Text Mining Monitoring]	Qualitativo/ Quantitativo	Exploratório
		Qualitativo	Exploratório
<b>Opinião de Especialistas</b>	Delphi [iterative survey]	Qualitativo	Normativo/ Exploratório
	Focus Groups	Qualitativo	Normativo/ Exploratório
	Interviews	Qualitativo	Normativo/ Exploratório
	Participatory Techniques	Qualitativo	Normativo

Fonte: adaptado de Porter *et al.* (2003).

É muito comum, e até mesmo aconselhável, que estudos prospectivos envolvam mais de um método em sua elaboração. Este tipo de associação ajuda a minimizar os pontos fracos de qualquer abordagem. “Embora dados quantitativos tenham bastante impacto, a prospectiva normalmente apoia-se em abordagens tanto quantitativas quanto naquelas de caráter qualitativo” (COMISSÃO EUROPEIA, 2002, p.76).

Não existe uma abordagem única para o desenvolvimento dos estudos de prospecção tecnológica. A escolha dos métodos e técnicas que integrarão estudos desta natureza é influenciado por um conjunto de fatores a eles relacionados, dos quais pode-se destacar: objetivos do exercício, recursos financeiros disponíveis, (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2005), horizonte temporal (curto, médio ou longo prazo), grau de especificidade (holístico, nível micro, meso ou macro) e a gama de atores envolvidos, (MARTIN; IRVINE, 1989 apud ZACKIEWICZ; SALLES-FILHO, 2005).

Questões ligadas ao escopo da prospecção e à escolha dos métodos se influenciam mutuamente. Porter *et al.* (2003) sugerem que o escopo de um estudo prospectivo é composto por questões relacionadas ao seu conteúdo e ao seu processamento/organização, que se desdobram em implicações capazes de suggestionar a estrutura metodológica que melhor se adequa à pesquisa.

## **2.5) Principais Abordagens Utilizadas na Prospecção Tecnológica**

Nesta seção apresentaremos as características fundamentais de um grupo de ferramentas e técnicas amplamente empregados na prospecção de tecnologias e cujo potencial uso, no âmbito deste trabalho, foi considerado. Sendo assim, esta etapa da pesquisa contribuiu para definirmos o conjunto de ferramentas e técnicas a serem adotadas.

### **2.5.1) Cenários**

Dentre as diferentes metodologias disponíveis para condução de estudos prospectivos, observamos que a elaboração de cenários tem sido largamente utilizada para prospecção tecnológica. Esta metodologia aplica-se a diferentes amplitudes de análise: empresas, setores industriais, regiões ou territórios.

Os cenários prospectivos podem ser classificados em exploratórios ou normativos. Enquanto os cenários exploratórios partem das tendências passadas e presentes que conduzem a futuros verossímeis, os cenários normativos ou de

antecipação são construídos a partir de imagens alternativas do futuro (seja este desejado ou temido), sendo concebidos de forma retroprojetiva.

Schwartz (2006, p.11) declara que:

O objetivo não é escolher um futuro preferido e esperar que ele aconteça (ou mesmo trabalhar para criá-lo – embora existam determinadas situações nas quais agir para criar um futuro melhor é uma função útil dos cenários). Tampouco o objetivo é encontrar o futuro mais provável e apostar nele ou adaptar a empresa a ele. Em vez disso, o objetivo é tomar decisões estratégicas que sejam plausíveis para todos os futuros possíveis.

Desta forma, os cenários constituiriam uma ferramenta para ordenar as percepções de futuro e orientar a tomada de decisões estratégicas que sejam mais acertadas a todos os futuros possíveis.

Muito além da falsa ideia de que é possível prever com acerto o ambiente futuro no qual estará inserida uma organização, o planejamento por cenários evoca a concepção de que a partir da ‘visita’ aos vários possíveis ambientes futuros (cenários), cuja elaboração exige um grande exercício de entendimento das forças que moldam o desdobramento do presente, os tomadores de decisão estariam aptos a reconhecer os sinais que moldam estes possíveis desdobramentos aumentando, deste modo, a agilidade de seus direcionamentos estratégicos.

#### **2.5.1.1) Método GBN**

Criada em 1988 a *Global Business Network* (GBN) é reconhecida como uma empresa líder em planejamento de cenários. As ideias e métodos para construção de cenários GBN foram desenvolvidos por Peter Schwartz, a partir de sua experiência na Royal Dutch/Shell Group, onde trabalhou com planejamento estratégico baseado em cenários.

A metodologia GBN compõem-se basicamente de oito passos: 1) identificar a questão ou decisão central; 2) listar as forças-chave no ambiente local (microambiente); 3) detectar as forças motrizes (macroambiente); 4) hierarquizar por importância e incerteza; 6) eleger a lógica dos cenários; 7) incorporar os cenários; 8) implicações e 9) selecionar os indicadores iniciais e sinais de aviso.

Esta metodologia prevê e incentiva a prática do que Schwartz chama de ‘conversações estratégicas’, prática esta que leva à aprendizagem organizacional contínua a respeito de decisões-chave e prioridades. Neste contexto os cenários

adquirem uma dimensão estratégica, superando a proposta de serem apenas um projeto específico orientado para eventos particulares (trabalha-se com cenários globais).

#### **2.5.1.2) Método Proposto por Porter**

Porter (1992 *apud* MARCIAL; GRUMBACH, 2008) trabalha com cenários industriais num método baseado no conceito das cinco forças competitivas: a entrada de novos concorrentes no mercado, as ameaças de produtos substitutos, o poder de negociação dos compradores, o poder de negociação dos fornecedores e a rivalidade entre concorrentes. São as incertezas associadas a cada uma dessas forças que servem de base para elaboração dos cenários industriais com vistas à auxiliar na definição das estratégias competitivas da empresa.

Segundo Marcial e Grumbach (2008) a metodologia se desdobra em oito etapas, nas quais as variáveis macro ambientais e mercadológicas são consideradas. São elas: 1) propósito do estudo; 2) estudo histórico e da situação atual; 3) identificação das incertezas críticas; 4) comportamento futuro das variáveis; 5) análise de cenários e consistência; 6) concorrência; 7) elaboração das histórias de cenários e 8) elaboração das estratégias competitivas.

#### **2.5.1.3) Método Grumbach**

A partir de 1996, surge a metodologia Grumbach de gestão estratégica baseada em cenários prospectivos, desenvolvida por Raul Grumbach. Inicialmente concebida como uma ferramenta para geração e análise de cenários, esta evoluiu no sentido de integrar práticas do planejamento estratégico às de inteligência competitiva. Isto resultou num processo dinâmico de gestão estratégica que prevê a atualização contínua do plano estratégico, a partir do acompanhamento de indicadores (MARCIAL; GRUMBACH, 2008).

O método é informatizado pelos softwares Puma, Lince e Jaguar e se desenvolve em quatro fases, a saber: 1) identificação do sistema; 2) diagnóstico estratégico; 3) visão estratégica e 4) consolidação do plano estratégico.

#### **2.5.1.4) Método proposto por Godet**

Grande defensor da análise qualitativa para construção de cenários, Godet criou seu método em 1983. O conceito de “*La prospective*” ou prospectiva estratégica, como ficou conhecido, alinha e aproxima ações de prospecção com ações de planejamento

estratégico a fim de libertar a força do pensamento coletivo de forma a conceber um futuro desejado e os meios necessários para alcançá-lo. Segundo o autor, este alinhamento entre prospectiva e estratégia seriam inevitáveis, já que uma ação conduziria à outra:

[...] a Prospectiva é frequentemente estratégica, senão pelas suas consequências ao menos pelas suas intenções, e a Estratégia apela à Prospectiva, quanto mais não seja para iluminar as escolhas que comprometem o futuro. (GODET, 2000, p.9).

Percebe-se a existência de uma saudável correlação entre os dois conceitos. A Prospectiva, com sua vocação de antecipação (pré-atividade), que preconiza “ver longe, largo, profundo, assumir riscos, pensar no homem” (BERGER; 1964 *apud* GODET, 2000, p.9), demanda ação (pró-atividade), beneficiando-se assim da Estratégia e seu planejamento.

O método da Prospectiva estratégica visa identificar as condicionantes de futuro para a construção de cenários, se propondo a servir como ferramenta para o plano estratégico e está articulada em torno de três processos principais: a reflexão coletiva, a preparação da decisão e a ação, que envolvem 6, 2 e 1 etapas respectivamente (GODET, DURANCE, 2011).

**Tabela 3** –Prospectiva estratégica: processos e etapas relacionadas

<b>Processo</b>	<b>Etapas</b>
<b>Reflexão coletiva</b>	1 – O problema posto, o sistema estudado; 2 – Diagnóstico da empresa; 3 – Variáveis-Chave internas e externas; 4 – Dinâmica da empresa no seu contexto; 5 – Cenários do contexto 6 – Da identidade ao projeto
<b>Preparação da decisão</b>	7 – Avaliação das opções estratégicas 8 – Do projeto às escolhas estratégicas pela direção
<b>Ação</b>	9 – Plano de ações e execução

Fonte: adaptado de Godet e Durance (2011).

O processo de reflexão coletiva, com suas seis etapas, permite: identificar as variáveis-chave; analisar os jogos de atores e colocar as questões chave para o futuro; reduzir a incerteza sobre estas questões e elaborar os cenários de contexto mais prováveis, através dos métodos de consulta a peritos. Na etapa de preparação para

decisão, os resultados do processo anterior são destinados exclusivamente aos decisores da organização, para avaliação das opções estratégicas e hierarquização dos objetivos, que definirão as ações a serem tomadas. Por fim, a etapa da ação é toda ela destinada à operacionalização do plano de ação.

Godet (2011) também se ocupou em elencar uma série de ferramentas e instrumentos, de apoio à metodologia da Prospectiva, úteis na identificação das boas questões a serem analisadas e na redução de possíveis incoerências do raciocínio, sendo assim, cada uma das nove etapas conta com o apoio de algum tipo de ferramenta para sua condução. Para o autor a construção de cenários e as suas respectivas estratégias devem ser obtidas através do uso de ferramentas simples e de fácil assimilação pelas partes envolvidas.

Cabe ainda ressaltar a característica modular e contingencial da metodologia em questão. Godet (2000) declara que não há um caráter de obrigatoriedade para aplicação sequencial e completa das ferramentas (e etapas) apresentadas. A utilização de tais ferramentas depende do problema a ser estudado, do contexto e limitações de tempo e informação, que comumente restringem a aplicação da metodologia em sua totalidade.

### **2.5.2) *Brainstorming***

O *brainstorming* foi aplicado como técnica pela primeira vez por Alex Osborne, na década de 1930 (BALACKOVA, [s.d.]). Esta é uma técnica de estímulo à criatividade de trabalho em grupo onde a intenção é produzir o máximo de soluções possíveis para um determinado problema. Serve para estimular a imaginação e fazer surgir ideias que seriam mais difíceis de ocorrer às pessoas isoladamente. Os membros de um grupo são convidados a opinar sobre um problema ou tema. A ênfase do processo está na geração espontânea de um grande número de ideias. Deve-se observar ainda que as críticas ao longo do processo são proibidas. Embora seja um conceito bastante antigo ainda é amplamente usado (COELHO, 2003). Balackova ([s.d]) destaca que técnica envolveria o cumprimento de três fases, são elas: a preparação, o armazenamento de informações e a avaliação e implementação dos resultados.

Marcial e Grumbach (2008) sugerem a adoção de alguns procedimentos a fim de facilitar a condução de uma sessão de *brainstorming*. São eles:

- Ambientar os participantes, explicando-lhes o método e as regras;
- Deixar claro que eles não sofrerão qualquer tipo de censura ou crítica durante a fase do surgimento de ideias;



- Enfatizar junto as participantes que estes não devem fazer críticas ou demonstrar rejeição às ideias apresentadas pelos demais participantes;
- Designar uma pessoa para registrar, de forma que todos possam ver, as ideias surgidas durante o processo;
- Motivar e conscientizar os participantes sobre a importância de suas contribuições, enfatizando que as ideias registradas serão depuradas por eles mesmos após o *brainstorming*;
- Combinar sinais para organização das ações de captação, registro e complementação das ideias surgidas, evitando assim confusão e problemas de comunicação.

Outros aspectos precisam ser considerados, tais como: o tempo de duração da sessão, que não deve ser muito longa, as condições ambientais (temperatura, iluminação, decoração, acústica) e se evitar a presença de pessoas que possam ‘bloquear’ a fluidez de exposição das ideias (chefes hierárquicos, por exemplo).

Assim sendo, torna-se importante que as sessões para realização do *brainstorming* sejam cuidadosamente preparadas a fim acontecerem em um ambiente descontraído, capaz de apoiar a atitude criativa das pessoas e tirar o melhor proveito delas.

Ao permitir ampliar a criatividade, seja de forma individual ou coletiva, esta técnica ainda tem sido muito utilizada para prospecção e gestão da tecnologia, possibilitando a identificação de futuros ou de tecnologias alternativas. É muito comum o emprego do *brainstorming* como suporte de apoio a outros métodos e técnicas de prospecção, com destaque para os cenários.

### **2.5.3) Análise de Patentes**

Quando se considera a vertente tecnológica de um estudo prospectivo, as patentes assumem posição de destaque, em função das características ligadas à sua natureza, forma e conteúdo.

Em termos gerais,

A patente é um título de propriedade temporário outorgado pelo Estado, por força de lei, que confere ao seu titular, ou seus sucessores, o direito de impedir terceiros, sem o seu consentimento, de produzir, usar, colocar à venda, vender ou importar produto objeto de sua patente e/ ou processo ou produto obtido diretamente por processo por ele patenteado. (INPI, 2008, p.5).

Sua propriedade é limitada a um determinado período de tempo, que varia em função de aspectos relacionados ao tipo de patente, à concessão de prorrogação e demais especificidades da legislação em âmbito nacional ou mundial (JUNGMANN; BONETTI, 2010).

Segundo Teixeira (2013) o uso dos dados contidos em patentes, no âmbito jurídico, empresarial e tecnológico, é crescente e tem sido amplamente debatido. Documentos de acesso público, as patentes possuem estrutura que facilita a recuperação de informações tecnológicas ligadas às atividades de pesquisa e desenvolvimento que tenham sido realizadas por universidades, empresas, agências governamentais ou inventores individuais.

Na literatura é possível observar que os dados extraídos de patentes têm subsidiado a elaboração de estudos com objetivos diversos. A utilização das informações contidas em patentes também pode desempenhar papel crucial no incentivo ao progresso técnico ou no reforço de uma liderança tecnológica existente (HÄUSSER, 1979).

No campo da inteligência competitiva, as patentes fornecem informações relevantes e de qualidade, no que diz respeito à sua profundidade e fidelidade ao mundo exterior. Ernst (2003) defende a ideia de que as informações sobre patentes são um elemento-chave para gestão do conhecimento, de tal forma que seus dados devem ser entendidos como fonte de informação estratégica, que contribui com informações importantes para tomada de decisão ligada à gestão eficaz da tecnologia.

Por todo o exposto, percebe-se que a investigação e o monitoramento sistemático do conteúdo presente nos documentos de patentes contribuem para elaboração de estratégias de apropriação do conhecimento tecnológico, ampliação de mercado e melhoria da competitividade, além de ser um instrumento bastante eficaz no apoio à tomada de decisão e ferramentas estratégicas para subsidiar políticas de desenvolvimento científico e tecnológico.

#### **2.5.4) Método *Delphi* e suas variações**

De acordo com Linstone e Turoff (2002), o método *Delphi* foi originalmente desenvolvido na década de 1950 a partir de um projeto (“*Delphi Project*”) patrocinado pela Força Aérea americana e pela *RAND Corporation*, com o intuito de estimar, sob o ponto de vista de um planejador estratégico soviético, os prováveis efeitos de um maciço ataque atômico aos Estados Unidos. O método consiste em interrogar

individualmente um determinado grupo de peritos por meio de sucessivos questionários, com *feedback* de opinião controlada, ou seja, após cada aplicação do questionário (rodada) os peritos tomam conhecimento dos resultados obtidos, em termos de consenso, na rodada anterior, sendo-lhes então facultado alterar seu parecer à luz do conjunto de opiniões emitidas. O importante é que os peritos não conheçam as opiniões uns dos outros individualmente, mas de forma integrada, ou seja, a opinião do conjunto.

Nesta metodologia “assume-se que grupos de especialistas agregam um conteúdo de informação relevante maior ou igual a qualquer um de seus membros individualmente” (ROCHA, 1996, p 25), assim sendo, admite-se que a diversidade de opiniões qualificadas seja significativa para identificação de tendências portadoras de futuro. É importante destacar que os peritos ou especialistas devem ser pessoas com profundo conhecimento sobre alguma parte que compõe o sistema em estudo e, também, com algum nível de conhecimento das demais partes que não são de sua especialidade (MARCIAL; GRUMBACH, 2008)

Rattner (*apud* MARCIAL; GRUMBACH, 2008) destaca ainda que o método recorre a três procedimentos essenciais para superar os problemas psicológicos associados ao comportamento em grupo, são eles: o anonimato, a disposição estatística dos dados e a retroalimentação do raciocínio elaborado (*feedback*). Dentre as dificuldades encontradas na condução de trabalhos em grupo, e que são contornadas pelo método, podemos destacar:

- Influência dominante de pessoas de reconhecido prestígio sobre a opinião do grupo;
- Pressão social, que pode trazer constrangimentos na emissão de opiniões;
- Interferência exagerada de uma personalidade dominante;
- Influência de interesses particulares de um indivíduo (ou parte do grupo) na decisão;
- Polarização do grupo, ou parte deste, para uma cultura, classe ou tecnologia.

A garantia de anonimato aliada à disseminação das opiniões emitidas durante o processo, permite que os indivíduos mudem de opinião a partir da apreciação dos argumentos apresentados pelos demais membros do grupo. Desta forma, cria-se um ambiente onde as ideias podem ser consideradas em seus próprios méritos, sem que haja a influência do prestígio de seus proponentes ou da resistência à mudança de opinião em público (IVAN, 1996). Um outro aspecto positivo é a circulação de informações e

mobilização para reflexão sobre o futuro que o método articula, promovendo ainda o aprendizado coletivo entre os participantes (sob a forma de um exercício cooperativo de aprendizagem) para Gupta e Clarke (1996) o *Delphi* pode ser usado simultaneamente como um instrumento de pesquisa e aprendizagem.

Mesmo tratando-se de uma metodologia que busca o consenso de opiniões, alguns autores destacam a importância de se levar em consideração a riqueza dos contraditórios, ou seja, as divergências detectadas durante a realização da consulta. Tais divergências podem trazer contribuições interessantes para análise do conjunto de informações.

Na literatura não existe um consenso sobre o qual seria o número específico de participantes necessários para compor uma amostra para aplicação do método *Delphi*. (HSU; SANDFORD, 2007). Esta será definida pelos objetivos da pesquisa e pela disponibilidade de participantes a serem consultados. Em geral não são formados grupos numerosos. O mais importante é assegurar a qualidade da amostra, uma vez que a técnica é altamente sensível à motivação dos participantes e ao conhecimento que têm sobre o assunto pesquisado. Admite-se que de dez a dezoito indivíduos podem ser suficientes se estes possuírem conhecimento homogêneo sobre o assunto abordado (DELBECQ *et al. apud* HSU; SANDFORD, 2007; OKOLI; PAWLOWSKI, 2004). Geralmente são selecionados como especialistas e painelistas os profissionais que atuam no campo pesquisado. Pode-se elaborar um questionário inicial com dados pessoais e profissionais e grau de familiaridade com o tema dos painelistas, a fim de conhecer e registrar seus perfis.

Deve-se também levar em conta que o método *Delphi* não é isento de problemas. Schoemaker e Rattner (*apud* MARCIAL; GRUMBACH, 2008) destacam alguns: possuir um escopo de aplicação restrito (uma vez que não leva em consideração a interação entre as questões avaliadas); ter a característica de não servir para identificar questões estratégicas, uma vez que este não se propõe a identificá-las, mas apenas a levantar suas possibilidades de ocorrência e sua pertinência em relação ao problema de estudo; além de outros problemas e condicionantes na sua execução:

- Elevado grau de subjetividade das instruções obtidas, que podem culminar na formulação inadequada das perguntas;
- Formulação inadequada do problema;
- Omissão de áreas do conhecimento significativas na seleção dos respondentes;

- Ser um processo relativamente lento.

Por todo o exposto é possível perceber os motivos pelos quais o método tem sido amplamente empregado nos exercícios prospectivos, o que também demanda um bom planejamento de sua execução no sentido de minimizar seus pontos fracos.

### **2.5.5) Seleção dos Métodos Adotados**

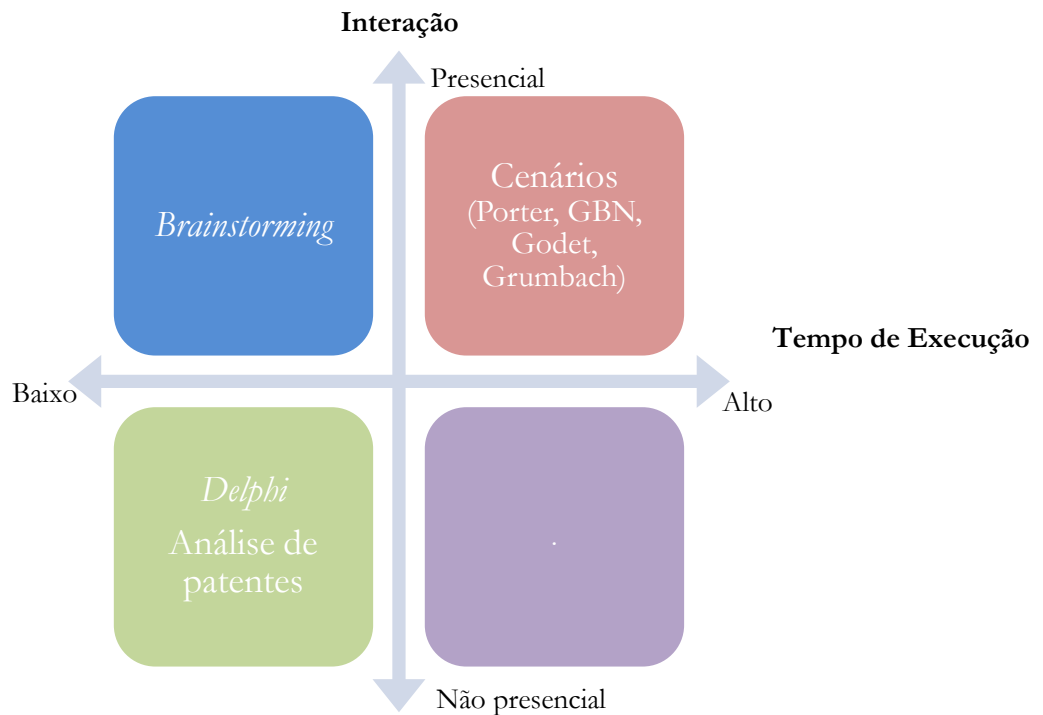
Características relacionadas à estrutura de execução deste estudo nortearam a escolha dos métodos e técnicas que seriam adotados para o ensaio de prospecção tecnológica em TT.

Na identificação dos desenvolvimentos tecnológicos de maior relevância para o segmento foram consideradas as técnicas de *brainstorming* e da análise de patentes. A ausência de recursos (físicos e financeiros) que permitissem a realização de sessões organizadas de reflexão coletiva (conhecidas como seminários de prospecção) foi decisiva para descartar o uso da técnica de *brainstorming*. Como alternativa, optamos pela análise de patentes que para sua implementação não requer interações presenciais com membros externos e cujo tempo de execução relativamente baixo.

Para avaliação das tendências tecnológicas foram analisadas a utilização dos métodos de construção de cenários e da técnica *Delphi*. Observamos que uma das principais limitações do método de cenários é o tempo requerido para seu planejamento e execução. Embora existam métodos com diferentes números de etapas (e que até admitam uma certa flexibilização destas) de forma geral, são necessários de 12 a 18 meses para seguir todas as etapas necessárias ao encaminhamento na sua totalidade (GODET; DURANCE, 2000). Admitindo que para execução do presente trabalho não seria constituído nenhum grupo de trabalho que auxiliasse em sua elaboração, os prazos requeridos poderiam se prolongar ainda mais, o que dificultaria sua adequação ao cronograma disponível.

No que se refere ao *Delphi*, identificamos que a técnica também requer um relativo período de tempo para sua execução, estimado em pelo menos 45 dias (HSU; HANDFORD, 2007). Um ponto positivo é que a utilização de novas formas de interação com os peritos, como o correio eletrônico, tenderia a tornar o procedimento mais flexível e mais rápido.

Assim sendo, ao compararmos o tipo de interação (presencial /não presencial) e o tempo de execução (alto / baixo<sup>7</sup>) requeridos por cada um dos métodos e técnicas considerados (em sua forma clássica de aplicação) e aqueles disponíveis para realização deste estudo, optamos pela associação das técnicas de análise de patentes e *Delphi*. Como demonstrado na figura 4:



Fonte: elaboração própria.

**Figura 4:** Comparação entre os principais métodos e técnicas utilizados na prospecção tecnológica.

<sup>7</sup> Alto tempo de execução – acima de seis meses; baixo tempo de execução – abaixo de seis meses.

## CAPÍTULO 3

### TÊXTEIS TÉCNICOS

Este capítulo tem como objetivo maior introduzir o leitor ao segmento dos Têxteis Técnicos. Após o texto introdutório, de abertura do capítulo, apresenta-se um breve panorama do segmento em níveis mundial e nacional. A partir do resgate de aspectos históricos e conceituais propõe-se a reflexão em torno deste segmento que vem assumindo declarado destaque na Indústria têxtil. Por fim, são destacados aspectos tecnológicos de maior relevância para o segmento, a partir do resgate de informações bibliográficas.

#### 3.1) Introdução

Consideráveis avanços tecnológicos, particularmente nas últimas décadas, determinaram importantes modificações em produtos e processos ligados à indústria têxtil, contribuindo de forma significativa para ampliação de seu escopo de atuação.

Para Chugan (2011) a indústria têxtil pode ser classificada em dois grandes segmentos: têxteis tradicionais e têxteis técnicos. De forma geral, os têxteis técnicos (TT) fazem parte do segmento da Indústria Têxtil cujos produtos visam, prioritariamente, ao atendimento de necessidades de desempenho bem específicas, sendo usados principalmente por suas propriedades funcionais, em detrimento de sua aparência ou estética. Os têxteis tradicionais, por sua vez, são entendidos como materiais têxteis elaborados com o objetivo primário de atender às necessidades básicas dos humanos, a saber: vestuário, cama, mesa e banho.

Contudo, é interessante observar que esta classe diferenciada de produtos não é um fenômeno novo. Índícios históricos demonstram que a prática de utilizar produtos têxteis em aplicações funcionais é uma herança tão antiga quanto o próprio domínio da técnica têxtil:

A arte da produção têxtil era praticada desde os primórdios da idade da pedra [...]. De acordo com algumas autoridades ela pode ter sido contemporânea à descoberta do fogo para cozer e à construção de abrigo. Outros afirmam que a arte têxtil é mais velha que a confecção de utensílios domésticos pela arte da cerâmica. Acredita-se que tendões e intestinos de animais, tiras de pele, linho, cânhamo, lã, líber da tília, e a fibra de palma, de coco e outras árvores, e várias gramíneas silvestres foram usadas na confecção de esteiras, cestos, redes e tecidos grosseiros no mais antigo alvorecer da era da Idade da Pedra,

se não antes, - muitos milhares de anos antes do início da civilização. (WALTON, 1937, p.14, tradução nossa).

Pelo exposto, percebe-se que, simultaneamente às aplicações têxteis tradicionais, desenvolviam-se as aplicações técnicas das fibras. Registros históricos dos povos Egípcios e Chineses apontam o uso técnico das fibras como reforço na consolidação de fundações de pirâmides e templos budistas, por exemplo. (RANKILOR; HORROCKS apud HORROCKS; ANAND, 2000, p. 24).

Atualmente, a crescente demanda por produtos têxteis capazes de responder às necessidades de performance cada vez mais específicas, tem feito com que a indústria têxtil busque soluções no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, materiais e processos, a fim de suprir tais exigências.

Esta nova realidade tem provocado um movimento de pesquisa e inovação sustentado por práticas interdisciplinares. Tal iniciativa é vantajosa para o segmento dos TT, tido como uma área de investigação na qual o objeto de pesquisa pode ser caracterizado como um campo complexo e híbrido (UOTILA; MATTILA; HÄNNINEN, 2006). O resultado destas ações envolve a convergência de diversas áreas técnicas - tecnologias de sensores, têxteis, materiais, miniaturização, bioprocessamento, óptica e comunicação - que podem levar a um rico corpo de conhecimento com reais condições de melhorar a qualidade de vida humana (PARK; JAYARAMAN, 2001)

Entretanto, a gama gerada de produtos tem trazido certa dificuldade em conceituá-los de forma clara e uniforme. MirafTAB (2010), destaca que muitas definições têm sido utilizadas para descrever o termo “Têxteis Técnicos”, algumas das quais levam em consideração o uso final pretendido, suas capacidades ou atividades funcionais.

Levando tal fato em consideração e objetivando aprofundar a discussão e o entendimento acerca dos TT, é que uma das seções deste capítulo se destinará a apresentação das principais conceituações aplicadas à esta classe de produtos têxteis.

### **3.2) Breve Panorama Nacional e Internacional do Segmento de Têxteis Técnicos**

No Brasil e no mundo tem havido um crescente movimento de organização das empresas atuantes no segmento dos têxteis técnicos que, cabe aqui ressaltar, englobam as empresas produtoras de tecidos técnicos (ou de engenharia) e aquelas produtoras de nãotecidos.



As primeiras associações representativas do segmento dos TT foram criadas nos Estados Unidos e na Europa. Desde 1968, a *Association of the Nonwoven Fabrics Industry* (INDA), criada nos Estados atua ao longo da cadeia de abastecimento de nãotecidos e tecidos de engenharia, com o objetivo de promover o crescimento sustentável das indústrias de nãotecidos, tecidos técnicos e indústrias correlatas.

Em 1971, foi fundada na Europa a *European Disposables and Nonwovens Association* (EDANA), que também atua nos segmentos de nãotecidos, tecidos de engenharia e indústrias correlatas, com foco em países da Europa, Oriente Médio e África.

Mais recentemente, em consequência do movimento de globalização e do potencial produtivo e de consumo associados aos países asiáticos, foi formada em 2000 a *Asia Nonwoven Fabrics Association* (ANFA), única associação internacional comercial que representa a indústria de nãotecidos na Ásia. Esta associação congrega representantes do Japão, China, Taiwan, Coréia, Hong Kong, Índia, Tailândia, Indonésia, Paquistão, entre outros. Juntas, a INDA, a EDANA e a ANFA, fundaram a *Global Nonwovens Summit* (GNS), com o objetivo de trocar informações e opiniões a respeito de questões que envolvam o segmento dos têxteis técnicos (produção, mercados, tecnologias) nestas três regiões (Estados Unidos, Europa e Ásia).

No Brasil, até 1991, ano de fundação da Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos e Tecidos Técnicos (ABINT), as empresas que atuavam no segmento de TT não contavam com uma entidade específica para tratar de seus interesses. Papel que acabava sendo cumprido, em certa medida, pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT).

Dados divulgados pelo Instituto de Estudos e Marketing Industrial (2012) revelam que o segmento brasileiro de TT possuía em 2012 cerca de 240 empresas atuantes. O volume estimado de produção chegou a 605 mil toneladas, perfazendo um total de R\$5,5 bilhões. As exportações representaram 6,3% do valor da produção, US\$ 347 milhões, valor que foi superado pelas importações, que totalizaram US\$ 457 milhões. Além disso, a mão-de-obra empregada pelo setor é de cerca de 0,44% do total de trabalhadores alocados na produção industrial do país ou o equivalente a 44,3 mil postos de trabalho.

No período de 2008 a 2012 a produção nacional de nãotecidos aumentou em média 5,7% em termos de volume, com o valor médio da produção crescendo em 8,9%.

Neste mesmo período a produção de tecidos técnicos cresceu em média 4,5% e seu valor de produção 9,4% (IEMI, 2013).

Dentre as fibras mais consumidas pelo segmento, encontram-se aquelas de origem artificial (principalmente o poliéster e o polipropileno), empregadas em produtos com aplicações em áreas diversas, das quais destacaram-se: embalagens, doméstica, construção civil e higiene pessoal. A tabela 4 exibe mais informações sobre o consumo de fibras e os volumes de produção, por aplicação, dos produtos ligados ao segmento brasileiro de têxteis técnicos.

**Tabela 4** - Consumo de fibras e principais aplicações dos produtos ligados ao segmento de TT

	<b>Tecidos Técnicos</b>	<b>Nãotecidos</b>
<b>Fibras mais consumidas</b>	Polipropileno (65,2%)	Polipropileno (43,0%)
	Poliéster (10,6%)	Poliéster (34,5%)
	Algodão (7,4%)	Fibras naturais (5,6%)
	Juta (6,9%)	Poliamida (4,8%)
	Poliamida (6,5%)	Viscose (4,4%)
	Polietileno (2,6%)	Outras sintéticas (3,6%)
	Fibra de vidro (0,5%)	Misturas (4,1%)
	Viscose (0,4%)	
<b>Produção segundo suas aplicações</b>	Embalagens (43,7%)	Doméstica/alimentos (26,3%)
	Construção civil (8,0%)	Higiene pessoal (23,6%)
	Industrial (7,7%)	Industrial (10,9%)
	Automobilística (5,4%)	Filtração (7,8%)
	Filtração (4,3%)	Automobilístico (7,3%)
	Agricultura (5,0%)	Calçados (6,2%)
	Agrobusiness (4,5%)	Vestuário (6,4%)
	Esportes (4,0%)	Médico hospitalar (4,1%)
	Coberturas (3,7%)	Comércio (2,8%)
	Roupas de segurança (3,0%)	Construção civil / impermeabilização (1,4%)
	Saúde (1,9%)	Obras geotécnicas / engenharia civil (3,1%)
	Calçados (1,2%)	
	Transporte (0,9%)	
	Compósitos (1,2%)	
	Infláveis (0,7%)	
	Revestimentos institucionais (0,6%)	
	Ecologia (0,5%)	
Outros (3,5%)		

Fonte: adaptado de IEMI (2012).

Apesar da produção brasileira de tecidos técnicos ter superado a produção de nãotecidos, o mercado no Brasil tem sido apontado como o maior e mais promissor da América Latina, em termos de aumento da demanda e consumo de nãotecidos (GANGLOFF, 2013). Isto se deve, por exemplo, a relação diretamente proporcional

entre o aumento do consumo de descartáveis higiênicos e a elevação da renda *per capita*, que no caso do Brasil, está entre as maiores da América do Sul. Outros fatores como o aumento populacional e o aumento de idosos também impactam na demanda por descartáveis higiênicos (MARIANO, 2015).

No entanto, para permitir que a indústria nacional aproveite as oportunidades que o segmento de TT oferece é importante que haja um movimento de reflexão, sobre principais tendências, fatores de sucesso e riscos associados ao segmento, que se traduza em ações consistentes em âmbito nacional.

### **3.3) Conceitos e Definições**

O ritmo e direção, nas quais os têxteis técnicos têm avançado ao longo do tempo, são fatores que contribuem de forma decisiva para que eles não se apresentem como um setor da indústria e um segmento de mercado único e linearmente coerente (BYRNE, 2000).

Nesta seção, vamos explorar as diferentes conceituações e definições aplicadas a este segmento ao longo dos anos, passando pelas mais abrangentes até aquelas que procuram sublimar suas características pontuais.

Partindo das descrições mais abrangentes, temos as definições clássicas dos têxteis técnicos que os consideram “produtos e materiais têxteis fabricados principalmente por suas propriedades técnicas e de desempenho, ao invés de suas características estéticas e decorativas.” (THE TEXTILE INSTITUTE apud BYRNE; 2000, p.2, tradução nossa) ou como “[...] materiais que reúnem altos requisitos técnicos e de qualidade (mecânico, térmico, elétrico, de durabilidade...) conferindo-lhes a capacidade de oferecer funções técnicas.” (Encyclopaedia Universalis apud NEMOZ; 2001, p.4, tradução nossa).

Entretanto, em função da própria evolução, em termos de funcionalidade e complexidade pelo qual os produtos têxteis técnicos tem passado, começam a surgir críticas a tais definições. Alguns autores as consideram muito sucintas, especialmente quando se tratam de produtos que combinam aspecto visual (estético) e funcionalidade. Klaus Fischer, por exemplo, entende que os têxteis técnicos são “impossíveis de definir precisamente”. (FISCHER apud PETTERSSON, 2013, p.6).

A busca por um termo abrangente que descrevam esses têxteis não se limita às palavras 'técnico' e 'industrial'.

Termos como têxteis de desempenho, têxteis funcionais, têxteis projetados (de engenharia) e têxteis de alta tecnologia também são usados em vários contextos, às vezes com um significado relativamente específico (têxteis de desempenho são frequentemente utilizados para descrever os tecidos utilizados em roupas de atividade), mas mais frequentemente com pouco ou nenhum significado preciso. (BYRNE, 2000, p.3, tradução nossa).

Como evidenciado por Byrne, nos últimos anos surgiram uma série de novos termos empregados para designação dos materiais têxteis pertencentes ao segmento de TT, a estes poderíamos ainda acrescentar: “*smart, intelligent, interactive, responsive, adaptive*”<sup>8</sup> (JOCIC, 2008, p.1), “eletro, *e-textiles*” (CHERENACK; PIETERSON, 2012, p.112), “*textile-based computing*” (POST *et al.*, 2000, p.840).

A dificuldade em construir uma definição universalmente aceita para os TT, que suporte suas mais variadas características, de certa forma reflete o processo de consolidação e expansão pelo qual o segmento passa. Somando-se a isto, temos ainda questões de ordem linguística, cultural e de escopo, que imprimem interferências na caracterização e conceituação destes tipos de materiais têxteis, contribuindo para a coexistência do conceito clássico, e abrangente, dos TT com termos e definições mais específicos.

De forma geral, é possível verificar a evolução dos TT em termos de funcionalidade e complexidade, num progressivo avanço que vai dos tecidos com efeitos multifuncionais, entendidos como sistemas passivos, àqueles materiais e estruturas que sentem e reagem aos estímulos ambientais, sistemas ativos e *smart* (LEWIS, 2001).

A seguir, apresenta-se os termos em torno dos quais o debate técnico e acadêmico tem procurado construir definições que os delimitem e facilitem sua compreensão. São eles: os tecidos funcionais/multifuncionais e os tecidos *smart/inteligentes*.

Os termos tecidos funcionais ou multifuncionais também são empregados para fazer referência à uma vasta gama de artigos pertencentes ao segmento dos TT. Lewis (2001), define os tecidos multifuncionais como aqueles que apresentariam, simultaneamente, propósitos polivalentes, tais como: moda (efeitos estéticos) e proteção

---

<sup>8</sup> Optou-se, neste ponto do trabalho, por conservar os termos em seus idiomas originais devido à dificuldade em encontrar termos que os traduzissem para o português sem acarretar perda de significação.

ambiental (impermeabilidade, por exemplo), ou ainda tecidos que ofereçam resistência a uma infinidade de ameaças (como a proteção balística, química e anti chama). São materiais que atendem, simultaneamente, a demandas de ordem estética e funcional.

Outra expressão muito conhecida, e muitas vezes aplicada com forte apelo comercial, é a dos tecidos *smart* ou inteligentes. Segundo esta definição, os “Têxteis inteligentes são capazes de sentir os estímulos do ambiente, reagir e se adaptar a eles através da integração de funcionalidades na estrutura têxtil” (BENDKOWSKA, 2006). Lewis (2001), vai um pouco além, destacando que estes tecidos possuem a característica diferencial de serem sistemas ativos e inteligentes

Cherenack & Pieteron (2012), chamam a atenção para confusão cometida quando se admite que os *smart* têxteis incluam os têxteis funcionais, o que estaria tecnicamente incorreto, já que os têxteis funcionais são materiais aos quais funções específicas são incorporadas por meio da aplicação de algum tipo específico de: material, composição, construção e/ou acabamento (por exemplo pela aplicação de aditivos ou revestimentos) e que se comportam de forma ‘passiva’.

A partir do exposto acima, podemos deduzir os *smart* têxteis diferem-se dos têxteis funcionais basicamente por empregarem os chamados materiais ativos, ou seja, materiais capazes de detectar e reagir às condições ou estímulos ambientais, ao passo que os têxteis multifuncionais são “[...] materiais ‘passivos’ com propriedades avançadas.” (JOCIC, 2008, p.58).

A Tabela 5 resume as principais características atribuídas aos termos apresentados anteriormente.

**Tabela 5** – Principais termos e características associados aos têxteis técnicos

<b>Termo</b>	<b>Principais características</b>	<b>Termo(s) congênere(s)</b>
<b>Têxtil Técnico</b>	Fabricados principalmente em função de propriedades técnicas e de desempenho, ao invés de características estéticas e decorativas.	Tecidos industriais
<b>Multifuncional</b>	Apresentam funcionalidades polivalentes, podendo associar aspectos estéticos com aspectos funcionais; Apresentam propriedades consideradas avançadas, que são a eles integrados a partir do emprego materiais, processos e produtos de formação e beneficiamento;	Funcional Alta performance

	São considerados passivos, não reagindo às mudanças ambientais;	
<b>Smart</b>	São considerados materiais ‘ativos’, ou seja, são capazes de sentir e interpretar mudanças no ambiente, respondendo apropriadamente a elas.	Inteligente, interativo, adaptativo, responsivo, eletro-têxtil, e-têxtil

Fonte: elaboração própria.

O fato dos TT serem utilizados individualmente ou como parte componente de um outro produto, amplia consideravelmente sua versatilidade de uso, sendo este um outro aspecto levado em consideração para sua classificação. Neste sentido, surgiu a tentativa de propor um esquema que minimizasse a dificuldade em encontrar uma descrição coerente e universalmente aceitável para classificação dos TT. Em 1997, foi divulgada, durante a realização da *Techtextil* (a maior feira internacional para Tecidos Técnicos realizada Frankfurt/Main-Alemanha), uma taxonomia que designa os TT em função de suas possíveis áreas de aplicação. A tabela 6 apresenta os doze termos que compõem a referida taxonomia, e que de forma bem abrangente, classificam os TT em função da estrutura dos mercados de uso final.

**Tabela 6** – Termos básicos para classificação dos têxteis técnicos em função de sua área de aplicação.

<b>Termo básico</b>	<b>Área de aplicação</b>
Agrotech	Horticultura, paisagismo, agricultura, silvicultura, pesca, etc.
Buildtech	Construção civil, membranas, construção industrial e temporária, construção de estradas, engenharia hidráulica, lagoas, lagoas de detritos, etc.
Clothtech	Componentes funcionais de calçado e vestuário.
Hometech	Estofamento, decoração de interiores, carpetes, revestimentos de piso.
Geotech	Engenharia civil, estrada, dique, redes de proteção, geotêxteis, etc.
Indutech	Filtração, limpeza, engenharia mecânica, indústria química e elétrica, compósitos, correia transportadora e outros produtos utilizados na indústria.
Medtech	Medicina, higiene, roupa de cama, uniforme de trabalho, bandagem, implantes, veias, etc.
Mobiltech	Bicicleta, carro, moto, trem, veículos aeronáuticos e aeroespaciais, air-bags, cintos de segurança, forros de assento, forro da porta e interior do carro, compósitos, material para isolamento, etc.

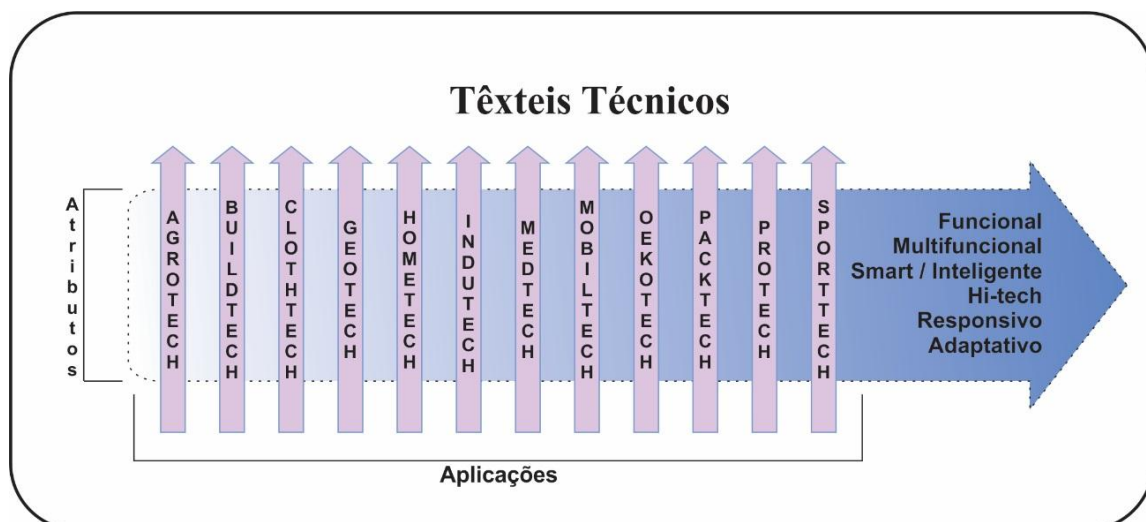
Oekotech	Proteção ambiental, reciclagem, descarte.
Packtech	Embalagem, armazenamento, blindagem, cordas, cintas.
Protech	Proteção pessoal e material/patrimonial, vestimenta à prova de balas, isolamento acústico, isolamento, etc.
Sporttech	Esportes e lazer, roupas funcionais para prática de esporte, aparatos, etc.

Fonte: adaptado de WULFHORST; GRIES; VEIT (2000).

Estas doze categorias nos dá uma clara percepção do amplo de escopo de aplicação dos TT, capaz de cobrir, por um lado, áreas afins entre si, tais como construção civil e os geotêxteis, e, por outro, áreas completamente díspares, como saúde e agricultura, por exemplo.

Ao final desta sessão, é possível constatar que as terminologias e definições levantadas destacam, de alguma forma, aspectos ligados às aplicações finais ou aos atributos dos têxteis técnicos. A Figura 5 representa a transversalidade existente entre a terminologia Techtextil, que enfoca as aplicações finais dos TT, e as demais conceituações sobre TT existentes na literatura, que se concentram em seus atributos distintivos e por isso perpassam todas as possíveis aplicações ‘técnicas’.

Isto significa dizer que um têxtil técnico multifuncional, caracterizado pela liberação controlada microcápsulas, poderia ser aplicado tanto na área médica (liberação controlada de medicação), quanto na de vestuário (liberação agentes repelentes de insetos), por exemplo.

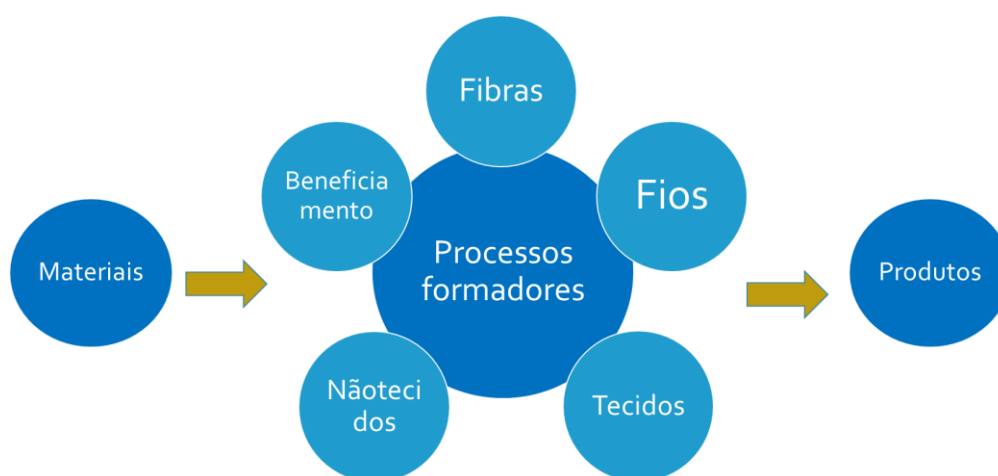


Fonte: elaboração própria.

**Figura 5** - Transversalidade entre as terminologias que evidenciam atributos e aplicações finais dos Têxteis Técnicos.

### 3.4) Escopo e Tecnologias Associadas aos Têxteis Técnicos

Embora o desenvolvimento de aplicações técnicas e industriais, no tocante aos materiais têxteis, possa ser observado ao longo de toda história da Indústria Têxtil, Byrne (2000) destaca que uma série de avanços mais recentes têm marcado o surgimento dos TT como os conhecemos hoje, muitos dos quais estão centrados no surgimento de novos materiais, processos e produtos/aplicações. A partir destes três prismas, distintos e complementares entre si, delinearemos o escopo dos têxteis técnicos, tal como considerado neste trabalho e ilustrado na figura 6.



Fonte: elaboração própria.

**Figura 6** - Materiais, processos e produtos no escopo dos Têxteis Técnicos.

Quando avaliados sob a perspectiva de suas possíveis aplicações, é fácil perceber que “o escopo e a importância econômica dos têxteis técnicos se estende muito além da própria indústria têxtil e tem um impacto sobre quase todas as esferas da atividade econômica e social humana” (HORROCKS; ANAND, 2000). Tal condição é claramente ratificada quando observamos a taxonomia adotada pela Techtexil, cujas áreas de aplicação envolvem algumas áreas do conhecimento muito diversas entre si. Estas características dos TT impõem, cada vez mais, à Indústria Têxtil tradicional a habilidade em lidar com a transversalidade entre distintas áreas do conhecimento, de forma a influenciar os contornos de suas fronteiras industriais.

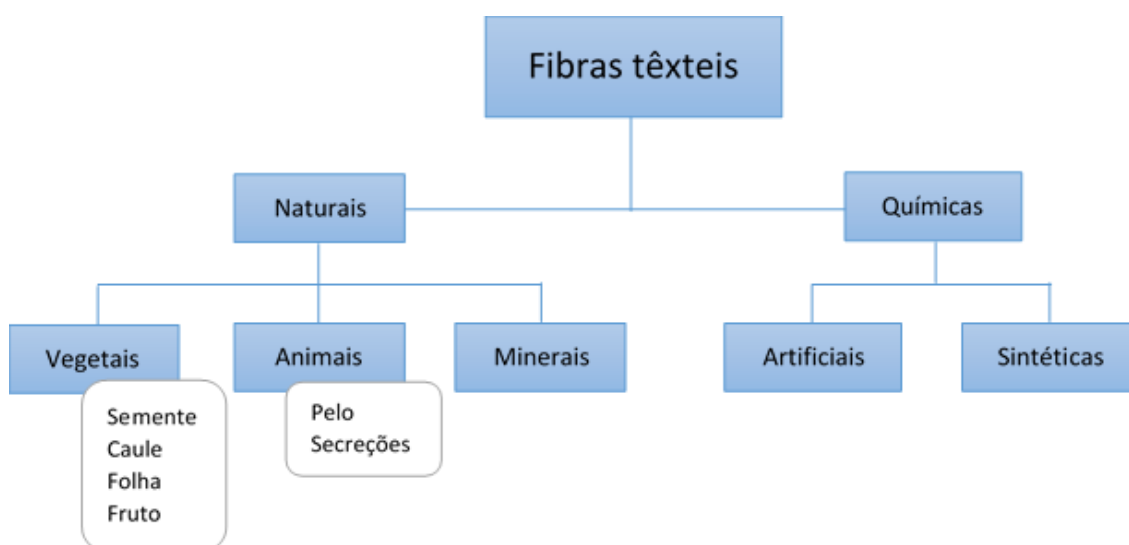
Neste sentido, para compreender e delinear a amplitude do segmento dos têxteis técnicos (e tecnologias associadas) torna-se necessário considerar outros dois aspectos ligados ao escopo dos TT: os materiais e os processos envolvidos em sua fabricação.



### 3.4.1) Materiais

Quando se analisa o uso de novos materiais pela Indústria Têxtil, percebe-se que sua aplicação ganha destaque junto ao desenvolvimento de fibras<sup>9</sup> e filamentos<sup>10</sup>, consideradas as unidades essenciais para formação dos mais variados materiais têxteis.

A Indústria Têxtil, como um todo, tem incorporado um número cada vez maior de materiais, orgânicos e inorgânicos, sob a forma de fibras e filamentos. Esta iniciativa vem expandindo seu domínio, inicialmente circunscrito às fibras de origem natural, àquelas consideradas de origem não-natural ou químicas. As fibras químicas são divididas em: artificiais - produzidas a partir da celulose (extraída da madeira ou do línter de algodão); e sintéticas - que derivam de produtos petroquímicos. A figura 7 traz uma representação esquemática de classificação das fibras têxteis.



Fonte: adaptado de BNDES (2001).

**Figura 7** – Classificação das fibras têxteis.

O registro mais antigo sobre a tentativa de desenvolver uma fibra artificial, que apresentasse propriedades semelhantes à da seda, foi publicado em 1664 pelo inglês naturalista Robert Hooke, desde então algumas iniciativas foram tomadas sem grande expressão para aplicações especificamente têxteis (FIBER SOURCE, 2015).

<sup>9</sup> Elementos filiformes caracterizados por sua flexibilidade, finura e grande comprimento em relação à dimensão transversal (CELANESE, 2001)

<sup>10</sup> Fibra de comprimento indefinido ou extremo (CELANESE, 2001)

O século XX foi marcado pela introdução comercial das primeiras fibras químicas. Em 1924, foram introduzidas comercialmente, nos Estados Unidos, as fibras artificiais de raion acetato (FIBER SOURCE, 2015). Em 1920, a DuPont lançou o programa “ciência pura” que culminou na concepção e síntese de polímeros, assim como sua respectiva conversão em fibras, resultando, em 1935, na produção da primeira poliamida sintética, mais conhecida como nylon. O sucesso do nylon conduziu à comercialização de outras fibras sintéticas tais como: poliéster, poliacrilonitrila, fibras de poliolefina, bem como as fibras inorgânicas, como as de carbono e de boro. (YANG, 2007). A tabela 7 sintetiza cronologicamente a introdução comercial, no mercado norte-americano, das principais fibras consumidas mundialmente.

**Tabela 7** - Introdução comercial das principais fibras têxteis no mercado norte-americano.

<b>Fibra</b>	<b>Ano de Introdução</b>
Raion	1910
Acetato	1924
Nylon	1939
Modacrílico	1949
Acrílico	1950
Poliéster	1953
Oleofinas	1958
Spandex (elastano)	1959
Aramida	1961
PBI (polibenzimidazole)	1983
Lyocell	1992

Fonte: *Fiber Source*.

As fibras químicas foram inicialmente desenvolvidas com o objetivo deliberado de copiar e/ou incrementar as características e propriedades das fibras naturais. Tais ações, ligadas ao campo da biomimética<sup>11</sup>, culminaram no aumento do número de fibras/filamentos cujas propriedades (de ordem química, física e mecânica) têm tido impacto relevante para o desenvolvimento de novos produtos e soluções no campo dos têxteis técnicos. A seguir, são elencados os principais materiais, cujas aplicações, tem despertado o interesse do segmento dos TT.

<sup>11</sup> “A biomimética é uma abordagem tecnologicamente orientada para aplicar as lições de design da natureza na solução de problemas do homem. Sendo entendida como a imitação da forma biológica e, em última análise, como a replicação do comportamento dos organismos biológicos” (BENYUS *apud* DETANICO; TEIXEIRA; SILVA, 2010, p. 105). É um método de busca de soluções na natureza para resolução de problemas diversos em áreas como saúde e engenharia, por exemplo.

### **3.4.1.1) Materiais de Mudança de Fase**

A mudança de fase é o processo de ir de um estado físico para outro. Materiais que possuem comportamentos específicos quando submetidos ao processo de mudança de fase são conhecidos como Materiais de Mudança de Fase (*Phase Change Materials* – PCM's). Por definição estes são:

[...] materiais que podem absorver, armazenar e libertar grandes quantidades de energia, sob a forma de calor latente, ao longo de um intervalo de temperatura estreitamente definido, também conhecido como o intervalo de mudança de fase, enquanto o material muda de fase ou estado (do sólido para o líquido ou do líquido para o sólido). (BENDKOWSKA, 2006, p. 34-35, tradução nossa)

A base da tecnologia de mudança de fase teve sua origem em 1970, num programa da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), que teve como objetivo desenvolver produtos com capacidade de proteger astronautas e equipamentos das flutuações extremas de temperatura no espaço. De acordo com Kumar *et al.* (2011), os PCM's podem ser divididos em duas categorias: orgânicos (parafinas, açúcares, álcoois, dentre outros) e inorgânicos (hidratos de sal, misturas eutéticas de sal e metais eutéticos). Estes materiais diferem entre si em função da gama de temperatura de mudança de fase e de suas capacidades de armazenamento de calor.

Considerados, de uma forma geral, como materiais de armazenamento térmico o segmento de TT os têm explorado em aplicações onde a capacidade de regular flutuações de temperatura (gerenciamento térmico) sejam desejáveis. A técnica de micro encapsulamento tem sido a forma mais usual de aplicação destes materiais aos têxteis técnicos.

### **3.4.1.2) Materiais com Memória de Forma**

Os Materiais com Memória de Forma (*Shape Memory Materials* – SMM's) são reconhecidos como um conjunto de materiais que, em função de um estímulo externo, podem mudar a sua forma (quando deformada) àquela anteriormente "programada" (HONKALA, 2006), ou seja, são materiais capazes de, após um processo temporário de deformação, recuperarem sua forma inicial.

Atualmente, tem sido descoberta uma grande variedade de ligas, cerâmicas, polímeros e géis que possuem comportamento de memória de forma e que se revelam

sensíveis a diferentes tipos de estímulos: temperatura, estresse, campo magnético, campo elétrico, valor de pH, luz ultravioleta (UV) e, até mesmo, água. No segmento têxtil, os materiais com memória de forma têm sido utilizados na fabricação de polímeros e fibras com características especiais de deformação.

#### **3.4.1.3) Materiais Crômicos<sup>12</sup>**

Uma outra classe de materiais que tem sido alvo de interesse do segmento de TT são os Materiais Crômicos (*Chromic Materials*), termo geral aplicado aos materiais que mudam, irradiam ou perdem a cor. A mudança reversível de cor é um fenômeno induzido por um estímulo externo. Materiais com estas características podem ser classificados, em função da natureza destes estímulos, em: fotocrômicos: o estímulo é a luz, termocrômicos: o estímulo é o calor, eletocrômicos: o estímulo é a eletricidade, piezocrômicos: estímulo é a pressão ou solvatocrômicos: o estímulo é um líquido (TALVENMA, 2006).

Pigmentos fotocrômicos, fios fotocromáticos texturizados (fibras de polipropileno), corantes contendo microcápsulas de materiais crômicos (fotocrômicos ou termocrômicos), incorporação (no interior ou sobre as fibras) de dispositivos de cromóforos moleculares (orgânicos ou oligoméricos), são exemplos da aplicação dos materiais crômicos no desenvolvimento de produtos têxteis com performance diferenciada.

#### **3.4.1.4) Materiais Condutivos**

Os materiais eletricamente condutivos, com destaque para os metais e os polímeros condutivos, apresentam grande variedade de aplicações junto aos têxteis técnicos.

Os metais, materiais reconhecidos pelo baixo custo e alto desempenho elétrico, são empregados na produção de fibras metálicas úteis em aplicações que demandem elevada condutividade. Estas fibras podem ser misturadas às fibras têxteis originando fios, tecidos e materiais não tecidos com bons níveis de condutividade. No entanto, seu emprego apresenta algumas desvantagens, tais como: serem mais pesadas em comparação às fibras não metálicas (podendo ser até cinco vezes mais pesadas que alguns tipos de fibras), apresentarem dificuldades relacionadas ao seu processamento e

---

<sup>12</sup> Tradução nossa.

produção (fibras quebradiças que provocam abrasão no equipamento de fiação) e a possibilidade de gerar materiais com toque não agradável (metalizado).

Algumas das desvantagens associadas à utilização de metais em materiais têxteis foram superadas a partir da ideia de associar as propriedades elétricas dos metais às propriedades mecânicas dos polímeros. As pesquisas nesta área culminaram no desenvolvimento de duas classes de materiais condutores, cujas propriedades específicas tem ampliado seu uso em diversas aplicações: os polímeros condutores extrínsecos e os polímeros condutores intrínsecos.

Segundo Faez *et al.* (2000) os polímeros condutores extrínsecos são obtidos a partir da incorporação de cargas condutoras (negro de fumo, fibras metálicas ou fibras de carbono) aos polímeros, enquanto os polímeros condutores intrínsecos têm a propriedade de conduzir corrente elétrica sem a incorporação de cargas condutoras. Harlin & Ferenets (2006), destacam ainda que os polímeros intrinsecamente condutores podem apresentar-se num largo espectro de condutividade, cuja variação é definida em função do seu grau de dopagem (quantidade de agente de dopagem). Dentre os principais polímeros intrinsecamente condutores podemos destacar: poliacetileno, polianilina, polipirrol, politiofeno, poli(*p*-fenileno) e poli(*p*-fenileno vinileno).

Tecidos eletrocondutores para produção de roupas de monitoramento biomecânico, dispositivos de *biofeedback* para formação desportiva e reabilitação, assim como vestuários capazes de mudar suas características de isolamento térmico ou de transporte de umidade em resposta às mudanças de condições climáticas, são alguns exemplos de aplicações dos materiais eletricamente condutivos.

#### **3.4.1.5) Materiais Piezoelétricos**

A piezoelectricidade é um fenômeno onde os campos elétricos podem ser criados pela compressão mecânica de alguns tipos de materiais (EUROPEAN COMMISSION, 2010, tradução nossa). Da mesma forma, o efeito inverso se confirma: a aplicação de uma diferença de potencial no material cria neste uma distorção mecânica, fenômeno explicado pelo deslocamento relativo de cargas positivas e negativas, que resultam num dipolo induzido. Este comportamento característico, habilita o material piezoelétrico a desempenhar, cumulativamente, as funções de sensor e atuador (BOUSSU; PETITNIOT, 2006).

Dentre os materiais que apresentam estas propriedades temos: cristal de quartzo, o titanato de bário, óxido de zinco, polímeros e cerâmicas piezoelétricas, dentre outros.

No segmento têxtil, os materiais piezoelétricos podem ser empregados na funcionalização de materiais têxteis, sob a forma de filmes, revestimentos e fibras, por exemplo.

#### **3.1.4.6) Materiais Auxéticos**

Os materiais auxéticos diferenciam-se da maior parte dos materiais convencionais pelo fato de apresentarem o coeficiente de Poisson negativo. Este coeficiente é um parâmetro físico que expressa a relação existente entre as deformações transversal e longitudinal de um dado material, que, nos materiais comuns, assume valores que variam entre 0,0 – 0,5 (RANT; RIJAVEC; PAVKO-ĆUDEN, 2013).

Sendo assim, a singularidade dos materiais auxéticos está relacionada à expansão de sua seção transversal, quando tracionados longitudinalmente. A relação inversa também se mostra verdadeira: quando comprimidos em uma determinada direção, contraem-se transversalmente a esta mesma direção.

Tem havido crescente interesse na pesquisa aplicada à exploração destes materiais no campo têxtil. Isto se deve às suas propriedades mecânicas diferenciadas, tais como: resistência à ruptura, maior grau de dureza, aumento da tenacidade à fratura (STEFFENS, 2012; CHEN; *et al.*, 2009).

Atualmente os materiais auxéticos podem ser produzidos a partir de polímeros, metais, cerâmicas e compósitos, apresentando-se sob a forma de espumas metálicas, laminados de fibra de carbono, polímeros com microporosidade, fibras, fios e estruturas têxteis bi e tridimensionais (FERREIRA, A.; FERREIRA, F.; OLIVEIRA, 2014; RANT; RIJAVEC; PAVKO-ĆUDEN, 2013).

As aplicações no campo têxtil incluem a fabricação de roupas de proteção (balística, contra impacto ou corte), bandagens, compósitos para reforço de concreto, cintos de segurança, filtros, juntas e vedações, sistemas de amortecimento e de absorção acústica (STEFFENS, 2012).

#### **3.1.4.7) Micro e Nano Materiais**

Avanços no campo da nanotecnologia tem trazido impactos relevantes na manipulação e síntese de novos materiais, dentre os quais destacam-se os nanotubos de carbono e os metamateriais.

A nanotecnologia refere-se a ciência e engenharia voltadas para concepção de materiais, estruturas e dispositivos, que possuam, pelo menos, uma de suas dimensões

em escala manométrica. De acordo com Ramakrishna *et al.* (2005) a nanopartícula pode ser considerada como o nanoelemento de “dimensão zero”, ou seja, a forma mais simples da nanoestrutura, que serve como bloco de construção para elaboração de outros nanomateriais uni, bi ou tridimensionais (nanofios, nanocompósitos, materiais nanoestruturados, nanoligas, nanotubos, etc.). Ainda não existe um consenso uniforme sobre as dimensões que caracterizariam um material como pertencente ao escopo da nanotecnologia. Enquanto a comunidade acadêmica assume a dimensão da ordem de 100nm ou menor, o setor comercial tem sido mais flexível, admitindo dimensões que vão até 300nm ou 500nm.

Materiais poliméricos, metálicos, compósitos e cerâmicos, com destaque para os nanotubos de carbono, tem sido os mais empregados na produção dos chamados nanomateriais.

A indústria têxtil tem se beneficiado cada vez mais com o emprego da nanotecnologia para a funcionalização dos materiais têxteis, seja por meio da fabricação de nanofibras ou pela incorporação de nanomateriais (aditivos) às fibras e aos insumos químicos empregados nos processos de beneficiamento têxtil. Alguns exemplos de aplicações, que abrem perspectivas para desenvolvimento de materiais têxteis com performance diferenciada, envolvem a produção de: membranas de afinidade, meios filtrantes, tecidos de suporte para liberação controlada de medicamentos, curativos, roupas de proteção química e biológica, dispositivos de conversão de energia, sensores e reforço compósito.

#### **3.1.4.8) Metamateriais**

Os metamateriais são materiais criados artificialmente a partir de elementos estruturais, considerados pequenos blocos de construção ou células unitárias ("moléculas artificiais"), dispostos em grandes matrizes em uma, duas ou três dimensões. As possibilidades de combinação destes blocos de construção (sob a forma de esferas, elipses, hélices) são infinitas, assim como as possibilidades de comportamento dos materiais artificiais resultantes. Assume-se que os metamateriais são o próximo nível da organização estrutural da matéria, daí o prefixo ‘meta’. (EUROPEAN COMMISSION, 2010)

Uma característica marcante dos metamateriais é que eles possuem uma série de propriedades que não são encontradas nos elementos químicos da natureza. São frequentemente associados com a característica de possuírem índice de refração

negativo e essa propriedade ganhou atenção substancial, por causa de seu potencial para elaboração de dispositivos de camuflagem, invisibilidade e de microscopia com super resolução.

Oportunidades para o emprego dos metamateriais são encontradas em setores industriais diversos: Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's), Espaço, Segurança e Defesa, Saúde, Energia e Meio Ambiente, e em aplicações como: biosensores, superlentes e camuflagem eletromagnética. Dentro do campo têxtil, já se vislumbra a aplicação dos metamateriais na elaboração de roupas especiais capazes de camuflar eletromagneticamente seus usuários ou até mesmo torná-los invisíveis.

#### **3.1.4.9) Materiais Biodegradáveis**

O aumento da preocupação com a qualidade ambiental tem incentivado a pesquisa por fibras constituídas de materiais biodegradáveis capazes de, por um lado, substituir fibras sintéticas e naturais e, por outro, reduzir a dependência de recursos não renováveis (petróleo e derivados). Aliando-se a isto, limitações no cultivo do algodão (e demais fibras sustentáveis) tem intensificado a demanda por processos simples, ecológicos e econômicos para produção de fibras de celulose a partir de matérias primas naturais alternativas (CIECHAŃSKA; NOUSIAINEN, 2005).

Neste cenário, destacam-se os polímeros biodegradáveis, que tiveram sua primeira geração de produtos desenvolvidos na década de 80. Para Blackburn (2005), um material pode ser considerado como biodegradável quando ele é capaz de ser dividido em substâncias (elementos e compostos) mais simples que a original, pela ação de decompositores (organismos) presentes na natureza, sem causar prejuízo a estes organismos. Atualmente, buscam-se incrementos em estratégias de *design* e engenharia, que culminem em melhorias tecnológicas e de redução de custos a fim de consolidar o emprego destes materiais em substituição aos seus similares, de origem sintética.

A tendência é que esta preocupação com a preservação do meio ambiente se traduza em processos de produção mais 'limpos', dando origem às fibras sustentáveis. Segundo Kaplan (apud BLACKBURN, 2005, p. XX), uma fibra se caracteriza como sustentável quando “envolve [simultaneamente] produtos químicos completamente renováveis na sua produção e energia não derivada de combustível fóssil nos processos de produção”.

Dentre as matérias-primas empregadas para obtenção dos polímeros biodegradáveis, podemos destacar: madeira (celulose), milho, soja, quitosana e alginato.



### **3.4.2) Processos**

De forma geral, os processos empregados na produção de têxteis técnicos são derivados daqueles usualmente utilizados na Indústria Têxtil tradicional, são eles: os processos formadores de fibras e fios, os processos formadores de tecidos (plano e de malha), os processos formadores de nãotecidos e os processos de beneficiamento. Um breve panorama acerca da evolução destes processos e das tecnologias por eles empregadas será apresentado a seguir.

#### **3.4.2.1) Processos formadores de fibras, filamentos e fios**

Os processos formadores de fios tem por objetivo converter fibras naturais ou não naturais em fios que sejam adequados à produção de tecidos, nãotecidos ou para qualquer outro uso específico. De forma geral, o fio pode ser definido como uma estrutura longa e fina (que possui grande comprimento em relação à sua seção transversal) formada por fibras e/ou filamentos, com ou sem torção. A Fibra é a unidade do material têxtil, caracterizada por sua flexibilidade, finura e alta relação entre comprimento e diâmetro. O filamento, por sua vez, é entendido como uma fibra de comprimento indefinido ('infinito').

Sabe-se que a combinação entre o tipo de matéria-prima (natureza da fibra) e o processo de fabricação escolhidos, determinam as características e o uso final do fio. É importante destacar que existe um processo de interdependência entre as fases de produção dos materiais têxteis que implica na transferência de propriedades entre si. Assim sendo, é correto afirmar que as fibras influenciam as características finais de fios, que por sua vez determinam as características de tecidos, nãotecidos ou outros materiais têxteis que utilizem fios/fibras/filamentos em sua composição. O estudo da fabricação de fios, se preocupa em determinar não só como estes são feitos, mas também como obter as propriedades necessárias para usos finais particulares.

Em geral, as duas maiores categorias de fios têxteis disponibilizados comercialmente são os fios de filamento contínuo e os de fibras curtas.

Os fios de filamento contínuo são basicamente formados a partir da torção ou emaranhamento de filamentos de comprimento ininterrupto, os quais incluem filamentos de seda natural, filamentos extrudados a partir de polímeros sintéticos (por exemplo, poliéster, nylon, polipropileno, acrílicos) ou polímeros naturais modificados (por exemplo, rayon viscose) (LAWRENCE, 2003).

Os fios formados por fibras curtas (descontínuas) são formados a partir da torção ou emaranhamento de tais fibras. Para tal, contam com um conjunto de processos que representam os chamados princípios gerais da fiação: limpeza (remoção de impurezas), mistura (uniformização do material), estiragem (alinhamento das fibras e redução da densidade linear) e torção (formação e atribuição de resistência ao fio). A tabela 8 apresenta as principais categorias de fios padrão.

**Tabela 8** - Principais categorias de fios.

Grupo	Subgrupo	Exemplos (processo de fiação)
Fios de filamento contínuo	Cardado	Torcido
		Entrelaçado
		Fita
	Texturizado	Falsa torção
		Fio de enchimento
		Bi-componente
Fios de fibras descontínuas	Sem efeito/plano (convencional)	Jato de ar
		Fio cardado (filatório de anel)
		Fio penteado (filatório de anel)
		Lã penteada
		Lã semi-penteada
	Nenhum efeito / plano (não convencional)	Fio de lã cardada
		Fiação a rotor
		Anel compacto
	Mistura de fibras	Jato de ar
		Fricção
Fio oco		
Com efeito / fantasia	Mistura de dois ou mais tipos de fibras, compreendendo fios sem efeitos	
	Núcleo de filamento	
	Núcleo de fibras descontínuas	
Dobrado / Fio Duplicado	Fibra de filamento	Núcleo fiado (filamentos ou fibras curtas formando o núcleo) e fibras curtas como revestimento um fio de fibra descontínua
		Dois ou mais fios torcidos em conjunto

Fonte: ELMOGAHZY (2006); LAWRENCE (2003).

Cada um dos estágios do processo de formação de fios conta com um conjunto específico de máquinas. Vários sistemas de fiação com diferentes recursos de engenharia estão disponíveis comercialmente (ELMOGAHZY, 2006), com ênfase para o surgimento de filatórios com novos princípios para conversão de fibras/filamentos em

fios, além daqueles empregados no tradicional filatório de anel, são eles: rotor, jato de ar, fricção.

Se por um lado, a oferta de novos tipos de fibras tem requerido o desenvolvimento de maquinários capazes de transformá-los em fios, por outro a descoberta de novos materiais com potencial uso na fabricação de fibras tem impulsionado o desenvolvimento de novos processos para obtenção destas. Destacam-se aqui os diferentes métodos de liquefação de polímeros para produção de filamentos/fibras. A escolha do método depende basicamente do tipo de polímero, em alguns casos utiliza-se um solvente (fiação úmida/*wet spinning* e o de fiação seca/*dry spinning*) e em outros o polímero é fundido (fiação por fusão/*melt spinning*).

A tabela 9 retrata os principais desenvolvimentos tecnológicos associados às diferentes etapas de fabricação de fibras, filamentos e fios. Cabe destacar que esta variedade de materiais fibrosos tem sido responsável pela manufatura de têxteis técnicos com propriedades cada vez mais avançadas, representando uma importante fonte de inovações neste campo.

Em linhas gerais, percebe-se que tais evoluções trouxeram uma série de benefícios ao processo de formação de fibras/filamentos/fios, dos quais destacamos: aumento da taxa de produção (eficiência), redução do consumo de energia, redução do desgaste de componentes, diminuição do número de estágios no processo de produção, maior controle das características e propriedades dos fios.

**Tabela 9 - Principais etapas e máquinas para fabricação de fibras/filamentos/fios e suas tecnologias.**

<b>Processo</b>	<b>Máquina/equipamento</b>	<b>Tecnologias associadas</b>
Abertura	Abridor,	<i>Design</i> dos batedores que determina a predominância da operação de abertura ou de limpeza; Utilização de sensores mecânicos, ópticos, eletrônicos, radioativos e pneumáticos para manter a uniformidade de alimentação de fibras durante o processamento;
Cardagem, estiragem	Carda, passador, penteadeira, maçarocadeira,	Mudanças no design de máquinas e equipamentos, que garantam, por exemplo, maior qualidade de cardagem, além de um ganho de produção; Utilização de diferentes tecnologias de imagem para detecção automática de corpos estranhos, com diferentes cores e dimensões (processo inicial de limpeza);
Fiação	Filatório	Diversificação dos mecanismos de formação de fio (Filatório de anel, rotor, compacto, jato de ar) Utilização de sensores óticos de parada; Automação de algumas tarefas (sistema de emenda individual); Adoção de novos sistemas (dentre eles o eletromagnético) que contribuam para eliminação de atrito e redução do desgaste de componentes e consumo de energia; Concepção de filatórios capazes de flexibilizar a produção simultânea de diferentes fios (lotes diferentes); Agregação de serviços tecnológicos que geram percepção de valor na aquisição de equipamentos;
Produção de fibras/filamentos	Extrusora (bocal de fiação, unidade de resfriamento, estiramento e texturização)	Processos diversos para produção de fibras e filamentos que possibilitam a conversão de materiais com diferentes características de processamento. Com destaque para: <i>dry spinning</i> , <i>melt spinning</i> , <i>wet spinning</i> , <i>gel spinning</i> ; Eletrofiação para formação de nanofibras; Utilização da tecnologia de ultrassom para formação de solução polimérica homogênea e uniforme; Spinnerettes capazes de produzir fibras e microfibras bi/multicomponentes (em configurações do tipo: lado a lado, bainha-núcleo concêntrico ou excêntrico, ilhas no mar/múltiplos núcleos, torta separável, torta com centro oco);

Fonte: elaboração própria a partir de consultas diversas à bibliografia e textos didáticos.

### 3.4.2.2) Processos Formadores de Tecidos

Os tecidos têxteis são classificados, em função de sua natureza estrutural, em dois grupos: tecidos planos e tecidos de malha.

De acordo com a norma NBR 12546 da ABNT (1991), tecido plano é um “tecido produzido pelo entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume<sup>13</sup> e outro conjunto de fios de trama<sup>14</sup>, formando ângulo de (ou próximo a) 90°”. Este processo de produção ortogonal de tecidos, a partir do entrelaçamento destes dois grupamentos de fios, envolve um conjunto de máquinas, acessórios e equipamentos auxiliares específicos.

Antes de serem processados pelo tear, os fios de urdume passam pela etapa de preparação à tecelagem, composta pelos processos de urdição, engomagem e remeteção (descritos na tabela 10).

**Tabela 10** – Descrição dos processos de preparação à tecelagem.

Processo	Descrição
<b>Urdição</b>	Preparação do conjunto de fios que compõem o tecido no sentido longitudinal. Nesta etapa os fios são transferidos de seus suportes iniciais (cones, bobinas, <i>cops</i> ) para o rolo de urdume.
<b>Engomagem</b>	Operação que consiste em impregnar a superfície dos fios/filamentos com substâncias especiais a fim de formar uma película com o objetivo de conferir maior resistência do fio à abrasão e à tração, durante a fase de tecelagem.
<b>Remeteção</b>	Procedimento de passagem dos fios de urdume pelas lamelas, liços e pentes do tear, a fim de programar a movimentação destes fios em função da padronagem estabelecida.

Fonte: elaboração própria a partir de consultas diversas à bibliografia e textos didáticos

O tear é a máquina responsável pela formação do tecido, a partir dos movimentos básicos de formação da cala, inserção da trama e batida do pente. Uma série de desenvolvimentos tecnológicos ligados aos mecanismos de inserção da trama ganharam força a partir da década de 70, quando os teares de lançadeira<sup>15</sup> passaram a ser substituídos por teares que utilizavam outros mecanismos para o traslado de trama, a saber: projétil, pinça, jato de ar e jato de água (WEAVING TECHNOLOGY, 2000).

Estas modificações trouxeram uma série de benefícios:

<sup>13</sup> Fios que se posicionam no sentido longitudinal do tecido.

<sup>14</sup> Fios que se posicionam no sentido transversal do tecido.

<sup>15</sup> Peça que transporta dos fios de trama no sentido transversal do tecido (por entre os fios de urdume).

- A eliminação total de qualquer operação de preparação dos fios de trama (mudança de embalagem);
- Aumento de produção, graças ao fato destas máquinas passarem a funcionar em alta velocidade, em virtude da redução ou eliminação de corpos em movimento (para inserção da trama);
- Redução do tamanho da cala<sup>16</sup>, que implica na baixa a tensão dos fios de urdidura e, conseqüentemente, na redução do número de rupturas de fio;
- Redução de ruído, graças à eliminação da batida da lançadeira;
- Automatização de vários dispositivos.

A tabela 11 resume os principais desenvolvimentos tecnológicos associados às máquinas empregadas no processo de formação de tecidos planos.

---

<sup>16</sup> Abertura entre os fios de urdume por onde é feita a passagem o fio de trama.

**Tabela 11 - Principais máquinas para fabricação de tecidos planos e suas tecnologias.**

	Processo	Máquinas/equipamentos	Tecnologias associadas
Preparação para tecelagem	Urdição	Gaiola Urdideira	Dispositivos de detecção ótica (para parada automática da urdideira, em caso de rompimento de fios); Controle de tensão dos fios; Dispositivos de ionização (para evitar a formação de cargas eletrostáticas durante o processamento de fios não condutores); Dispositivos de pressão do rolo (para obter uma dureza de enrolamento suficiente, mesmo operando em baixa tensão do fio);
	Engomagem	Engomadeira	Instalações para tingir os fios de urdume (capacidade de tingir, engomar e finalizar o rolo de urdume de forma contínua, principalmente na preparação do índigo); Controle do posicionamento dos <i>foullards</i> (melhoria e controle dos parâmetros de engomagem: pilosidade dos fios, encapsulamento, consumo de agente engomante);
	Remeteção	Remetedora Máquina de atar/emendar	Remetedora automática Emenda automática de fios de urdume (redução das taxas de ruptura); Dispositivo de soldagem de urdidura;
Tecelagem	Tear		Dispositivos para controle de ruptura da trama e urdume (sensor ótico, cristais piezoelétrico, sistemas elétricos e eletrônicos); Diversificação dos mecanismos de inserção da trama (lançadeira, projétil, pinça rígida/flexível, jato de ar, jato de água); Tear <i>Jacquard</i> (controle individual dos fios de urdume); Tear multifásico (inserção de 4 fios de trama simultaneamente); Sensores óticos de parada (evitar marcas de tempereiro nas laterais dos tecidos); Mecanismos para reinserção automática da trama (redução do desperdício de fios); Tensionadores eletrônicos dos fios de trama; Mecanismo para seleção de diferentes fios de trama (seletor de até 12 cores/incluindo fios especiais); Incorporação de microprocessadores para automação (controle das principais funções mecânicas) e supervisão do funcionamento dos teares (auto ajuste em suas configurações); Programador Lógico Programável (CLP) para gestão/programação de todas as funções da máquina; Incorporação de servomotores;
Concepção de artigos têxteis		<i>Software</i> /Computador	<i>Computer Aided Design</i> – CAD Desenho assistido por computador (manipulação e integração de informações / concepção de projetos que levem em consideração aspectos das diferentes variáveis envolvidas: tipo de padronagem, tipo fibra/torção/título que compõe o fio, tipo de máquina, etc.);
Padronagem têxtil		--	2D – biaxial, triaxial (tela, sarja, cetim, felpudos, veludo, fitas, tecidos tubulares); 3D – multiaxial (vários planos ortogonais), multicamadas;

Fonte: elaboração própria a partir de consultas diversas à bibliografia e textos didáticos.

Os tecidos de malha diferenciam-se dos tecidos planos em função de sua geometria de construção, obtida a partir do entrelaçamento dos fios, cuja evolução resulta na formação das laçadas (ou malhas). Quando comparados aos tecidos planos, os tecidos de malha apresentam as características diferenciais de serem estruturas mais flexíveis, elásticas e porosas, propriedades que tem relação direta com o padrão de entrelaçamento de seus fios.

As técnicas de elaboração destes materiais têxteis subdividem-se em duas grandes categorias: malharia por trama e malharia por urdume. A principal diferença entre estas técnicas é determinada pelo sentido em que ocorre a formação das laçadas. Na malharia por trama a tricotagem se processa no sentido da trama (sentido da largura do tecido) enquanto na malharia por urdimento as malhas se formam no sentido do urdume (sentido do comprimento do tecido) (SPENCER, 2001). Os tecidos de malha por trama e por urdume apresentam diferentes características em termos de estabilidade dimensional, padronagens e desmalhagem.

Dentro do segmento de têxteis técnicos, os tecidos de malha, têm desempenhado papel predominante e muito disso se deve às suas propriedades de alta maleabilidade, permeabilidade, bom isolamento térmico (GOKARNESHAN *et al.*, 2011), além das taxas de produtividade mais elevadas do que a tecelagem plana, maior variedade de construções do tecido, grandes larguras de trabalho e baixa taxa de estresse sobre o fio, habilitando o trabalho com fibras rígidas, como vidro, aramida e carbono ( ZĂNOAGĂ; TANASĂ, 2014).

A tabela 12 resume os principais desenvolvimentos tecnológicos associados aos teares utilizados para produção de tecidos de malha.



**Tabela 12 - Principais máquinas para fabricação de tecidos de malha e suas tecnologias.**

Processo	Máquinas/equipamentos	Tecnologias associadas
Tecelagem	Tear	Diversificação dos tipos de agulhas (prensa, lingueta, composta, links-links); Novas gerações de agulhas e alimentadores de fios, capazes de trabalhar com qualquer tipo de fio e a combinação destes (naturais, sintéticos, metálicos e especiais – kevlar, carbono, vidro) Alimentadores capazes de trabalhar com vários fios simultaneamente e em maior número; Dupla barra de agulhas; Incorporação de microprocessadores para automação (controle das principais funções mecânicas) e supervisão do funcionamento dos teares (auto ajuste em suas configurações); Sensores óticos de parada; Melhorias no design com vistas à redução de vibração; Produção de peças sem costura; Dispositivos que reduzem a formação de eletricidade estática;
Concepção de artigos têxteis	Software/Computador	<i>Computer Aided Design</i> – CAD ou Desenho assistido por computador (manipulação e integração de informações/concepção de projetos que levem em consideração aspectos das diferentes variáveis envolvidas: tipo de padronagem, propriedades do fio: tipo fibra/torção/título, tipo de máquina, etc.); Desenvolvimento de técnicas de modelagem do comportamento de tração, deformação e permeabilidade dos diferentes tipos de tecido de malha;
Padronagem têxtil	--	Estruturas 2D – tubular, retilíneo, dupla-face; Estruturas 3D – multiaxiais, tecidos de malha com geometria espacial e tecidos sanduíche (aplicação em compósitos estruturais têxteis);

Fonte: elaboração própria a partir de consultas diversas à bibliografia e textos didático

### 3.4.2.3) Processos Formadores de Não tecidos

Conforme a norma NBR-13370 (2002), o não tecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) e combinações destes.

O segmento de não tecidos, que em princípio era usado na substituição de produtos relativamente simples tais como filtros e tecidos de limpeza, atualmente mostra-se independente e tecnicamente sofisticado. O crescimento da multiplicidade de matérias-primas e processos utilizados tem ampliado a gama de produtos ofertados (DAHLSTRÖM, 2003). Existem várias tecnologias para fabricação de um não tecido. De modo geral, a indústrias: papelreira, têxtil (fiação e acabamento) e a do plástico, desempenharam grande influência sobre as tecnologias hoje existentes. Os processos para formação de não tecidos podem ser divididos em duas fases: preparação das fibras para consolidação (formação da manta) e o processo de consolidação em si (consolidação da manta).

A manta, estrutura ainda não consolidada, pode ser formada por uma ou mais camadas de véus de fibras ou filamentos, que podem ser obtidos por três tipos de processos distintos, caracterizados como: via seca /*dry laid*, via úmida/*wet laid* e via fundida /*molten laid* (ABINT, [s.d.]). Existem ainda outros processos particulares de fabricação/formação da manta, mas aqueles citados acima representam o maior volume de produção dos não tecidos.

Após a formação do véu/manta é necessário realizar a consolidação desta (união das fibras ou filamentos). Para tal, existem três métodos básicos, que são classificados como: mecânico (fricção), químico (adesão) e térmico (coesão). Estes métodos podem ser combinados entre si e são os responsáveis pelo acabamento necessário ao produto final, definindo suas características essenciais.

Cabe ainda destacar que quase todos os métodos de processamento e manufatura da fibra podem ser combinados com os diferentes métodos de consolidação dos não tecidos. O que permite a concepção de diferentes layouts de linha de fabricação.

A tabela 13 sintetiza as principais informações acerca das tecnologias empregadas aos processos de formação e consolidação da manta de fibras para produção de não tecidos.

**Tabela 13** – Principais tecnologias empregadas aos processos de formação e consolidação da manta de fibras na produção de não tecidos.

<b>Processo</b>	<b>Tecnologia Associada</b>	<b>Principais características</b>
Formação da manta (véu)	Via seca ( <i>dry laid</i> )	No processo Via Carda ( <i>Carded</i> ), as fibras são paralelizadas por cilindros recobertos de “dentes penteadores”, que formam mantas anisotrópicas, podendo essas mantas às vezes serem cruzadas em camadas. No processo por Fluxo de Ar ( <i>Air laid</i> ), as fibras são suspensas em fluxo de ar e depois são coletadas numa tela formando a manta.
	Via úmida ( <i>wet laid</i> )	Neste processo as fibras são suspensas em meio aquoso e depois são coletadas através de filtração por um anteparo, em forma de manta.
Consolidação da manta ( <i>Web Bonding</i> )	Via fundida	Neste processo incluem-se a formação da manta por extrusão, que são os de fiação contínua ( <i>Spunweb / Spunbonded</i> ) no qual um polímero termoplástico é fundido através de uma “fieira”, resfriado e estirado, e posteriormente é depositado sobre uma esteira em forma de véu ou manta e por Via Sopro ( <i>Meltblown</i> ) em que um polímero termoplástico é fundido através de uma “fieira” com orifícios muito pequenos, e imediatamente um fluxo de ar quente rapidamente solidifica a massa em fibras muito finas, que são sopradas em alta velocidade para uma tela coletora formando a manta. Há ainda o processo de extrusão eletrostático ( <i>Electrostatic spunbonding</i> ), no qual uma solução de polímero ou um polímero derretido, à uma alta tensão, é exposto a um campo elétrico, dividido em fibras muito finas e depois transformado em um véu.
	Mecânico (Fricção)	Na Agulhagem ( <i>Needlepunched</i> ), as fibras ou filamentos são entrelaçados através da penetração alternada de muitas agulhas que possuem saliências/ barbelas. O Hidroentrelaçamento ( <i>spunlaced ou hydroentanglement</i> ) prevê a utilização de jatos d’água a altas pressões para que ocorra o entrelaçamento de fibras/filamentos formadores da manta. A Costura ( <i>Stitchbonded</i> ) é um processo de consolidação ou acabamento através da inserção de fios de costura na manta ou processo sem fios, que trabalha com as próprias fibras do não tecido para realizar a costura. Por energia ultrassônica, é uma energia mecânica vibratória que aliada à vibração aplicada na área do não tecido a ser consolidado, causa um stress mecânico intermolecular no material. Assim, é liberada uma energia térmica que amolece os pontos de contato consolidando-os termicamente.
	Químico (Adesão)	No processo de resinagem ( <i>Resin Bonded</i> ) os ligantes químicos (resinas) realizam a união das fibras ou filamentos do não tecido e podem ser aplicados uniformemente por impregnação, revestimento ou pulverização.
	Térmico (Coesão)	Termoligado ( <i>Thermobonded</i> ), processo no qual as ligações das fibras ou filamentos do não tecido são realizadas pela ação de calor, através da fusão das próprias fibras ou filamentos. Os dois métodos mais utilizados são o processo por calandragem, pela passagem de ar quente através de um cilindro perfurado ou por impacto ultrassônico.

Fonte: adaptado de ABINT; [s.d.]

Uma das principais vantagens da fabricação de um não tecido é o fato deste ser geralmente feito por um processo contínuo, que vai diretamente da matéria-prima ao produto acabado (embora haja algumas exceções). Isto, naturalmente, significa que o custo do trabalho de produção é baixo porque não há a necessidade do manuseio de material (em etapas intercaladas às principais etapas de produção) como ocorre nos processos têxteis mais tradicionais.

Por fim, podem-se destacar alguns fatores que têm contribuído de forma marcante para o desenvolvimento, e aprimoramento dos processos formadores de não tecidos:

- A necessidade de simplificar o processo têxtil;
- A perspectiva de desenvolver novos tipos de produtos têxteis;
- A crescente demanda pela reciclagem de resíduos e fibras;
- A possibilidade de aplicação em outras áreas industriais.

#### **3.4.2.4) Processos de Beneficiamento Têxtil**

Os processos de beneficiamento têxtil podem ser aplicados aos substratos têxteis em suas diferentes etapas de produção e nas mais diversas formas (fibras, fios, tecidos planos, malhas, peças confeccionadas), visando melhorar suas características físico-químicas. Podemos perceber que com o passar dos anos tais melhorias, que focavam prioritariamente ganhos em termos de processos de fabricação desses substratos, tem evoluído para a melhoria de características ligadas ao desempenho final dos produtos têxteis (funcionalização) e seu enobrecimento.

Tradicionalmente, os processos de beneficiamento têxtil são classificados em três categorias: beneficiamento primário, secundário e terciário. De forma geral, o beneficiamento primário compreende as operações de preparação dos substratos para coloração (desengomagem, purga, pré-alveamento, alveamento, chamuscagem, mercerização), enquanto o beneficiamento secundário corresponde aos processos de coloração, que pode ser total (tingimento) ou parcial (estamparia). Por fim, temos o beneficiamento terciário, que engloba processos para modificação e melhoria das características físico-químicas do substrato têxtil (impregnação, calandragem, rama, flanelagem, amaciamento), após sua passagem pelo processo de tingimento (FIEMIG, 2014).

Quando direcionamos a discussão para o segmento dos têxteis técnicos, observamos o surgimento e o aprimoramento de um grupo de processos para o beneficiamento de substratos têxteis, que visam incorporar a estes uma ampla gama de funcionalidades. A seguir apresentaremos as tecnologias com maior destaque junto a literatura pertinente à produção de TT, a saber: calandragem, tratamento por plasma, revestimento, laminação e técnicas de funcionalização local.

A calandragem pode ser definida como a modificação da superfície de um tecido (ou um não tecido) por meio da ação de calor e pressão (HALL, 2000). Este tipo de acabamento é obtido pela passagem do material têxtil entre dois cilindros rotativos aquecidos, com velocidades de rotação e pressão ajustáveis. A superfície desses cilindros pode ser lisa ou gravada e sua construção pode variar do aço temperado aos rolos termoplásticos elásticos, a escolha dependerá do tipo de acabamento desejado, que seja o mais apropriado ao material beneficiado. Hall (2000) entende que os fatores mais importantes na concepção de uma calandra sejam a composição dos rolos juntamente com as características de sua superfície. Os diversos tipos de acabamento possíveis conferem diferentes propriedades, dentre as quais destacamos: obtenção de superfície lustrosa, altamente polida e a estampagem em tecidos celulósicos ou termoplásticos (cujo efeito pode ser permanente).

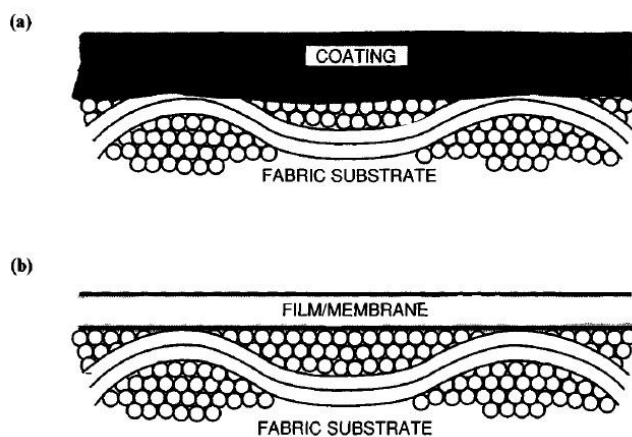
O plasma é o quarto estado da matéria, comumente definido como um gás parcialmente ionizado composto de espécies atômicas, moleculares, iônicas e radicais altamente excitados, bem como por fótons e elétrons (MARCANDALLI; RICCARDI, 2007). Para aplicação têxtil o tratamento com plasma pode ser feito à baixa pressão, através de descarga luminescente, ou à pressão atmosférica, por meio de: descarga corona, barreira dielétrica ou jato de plasma. Caracterizada como uma técnica de processamento à seco (GORJANC et. al., 2013). De forma flexível e versátil a tecnologia de plasma tem oferecido grandes vantagens em termos de funcionalização de tecidos e não tecidos, além de mostrar ser uma tecnologia ambientalmente amigável, em função da redução do consumo de água e energia, quando comparado às tradicionais tecnologias de beneficiamento têxtil capazes de atribuir os mesmos tipos de funcionalidades. Dentre as funcionalizações têxteis, via tratamento por plasma, podemos destacar: modificações na hidrofiliabilidade, biocompatibilidade, esterilização, proteção anti-desgaste e modificações em termos de afinidade química.

O revestimento têxtil caracteriza-se como um processo em que uma ou mais camadas de polímero, sob a forma de líquido viscoso (fluido), são aplicadas diretamente

a uma ou ambas superfícies do substrato têxtil - geralmente um tecido ou um não-tecido (SCOTT, 1995). A formulação de um revestimento é complexa e pode conter uma vasta gama de produtos químicos, cuja escolha está diretamente relacionada a fatores como a natureza do polímero, a utilização final desejada, as características do substrato têxtil a ser processado, o método de revestimento utilizado, dentre outros (SINGHA, 2012). Singha (2012) destaca ainda que nos últimos anos a pesquisa aplicada ao desenvolvimento revestimentos têxteis têm se intensificado com o objetivo de atender às novas e exigentes demandas por desempenho. Com aplicações encontradas na área de defesa, transporte, saúde, arquitetura, esportes, controle de poluição ambiental, entre outras, os tecidos revestidos assumem lugar importante entre os têxteis técnicos e são um dos processos tecnológicos mais importantes na indústria moderna (SEN, 2001).

Processo semelhante ao de revestimento têxtil, a laminação consiste na ligação de uma película ou membrana de polímero (pré-preparada) à um ou mais substratos têxteis, com a utilização de adesivos ou de calor e pressão (SCOTT, 1995). Cabe ainda destacar que a técnica de laminação é muito utilizada para produção de materiais têxteis compósitos (multicamadas).

Os processos de revestimento e laminação, ilustrados pela figura 8, possuem características claramente interdisciplinares, exigindo conhecimento nos campos da ciência de polímeros/materiais, tecnologia têxtil e engenharia química.



a) tecido revestido, b) tecido laminado

Fonte: SCOTT; 1995.

**Figura 8** – Seção transversal de um tecido revestido ou laminado

Entre os vários polímeros utilizados para revestimento/laminação, três classes são muito utilizadas: borracha (natural ou sintética), cloreto de polivinila e poliuretano,

que combinados aos mais diversos tipos de insumos químicos (microcápsulas, nanocompostos) abrem possibilidades para funcionalização de materiais têxteis sem precedentes. A figura 8 ilustra a seção transversal de tecidos beneficiados pelos processos de revestimento e laminação.

Por último, destacamos as técnicas de funcionalização local, tidas como uma rota para o aumento de eficiência e precisão no uso de produtos químicos e para redução no consumo de água e energia. Tais resultados têm sido alcançados com o desenvolvimento de algumas técnicas de deposição locais, tais como: impressão digital, pulverização, técnicas de moldagem. Almeida (2006) também destaca a implantação iônica e a ativação por raio laser como vias alternativas potenciais para a funcionalização local.

**Tabela 14** – Principais tecnologias de beneficiamento e tipos de funcionalização aplicados aos têxteis técnicos.

<b>Tecnologia</b>	<b>Tipos de funcionalização</b>
Calandragem	Alisar a superfície do tecido, aumentar o brilho, fixação dos fios que compõem o tecido, diminuir a permeabilidade do ar, melhoria do toque (maciez) do tecido, achatamento de pontos grossos dos fios, obtenção do efeito seda para acabamento de alto brilho, consolidação de nãotecidos.
Plasma	Conferir propriedades hidrofílicas, aumentar a adesão, melhorar a capacidade de impressão/tingimento, conferir propriedades hidrofóbicas/oleofóbicas, alteração da condutância elétrica, aplicação de agentes antibacterianos, aplicação de agentes retardadores de fogo, esterilização/biocompatibilidade, anti-encolhimento da lã, desengomagem do algodão.
Revestimento	Aumentar a resistência à tração/rasgo/perfuração, conferir propriedades impermeáveis, repelentes, respiráveis, com resistência química e mecânica, termo cromáticos, termo adaptáveis, anti-chama, anti-UV. (Materiais compósitos)
Laminação	
Funcionalização local (pulverização, impressão digital, sistemas de jato aquoso, jato de tinta, jato térmico, jato piezoelétrico)	Impermeáveis, repelentes à óleo ou água, respiráveis, com resistência química e mecânica, termo cromáticos, anti-chama, anti-UV, com liberação controlada de agentes (medicamentos, aromas, inseticidas, antibacterianos), antiestático.

Fonte: Elaboração própria.

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGIA

Este capítulo apresenta as principais informações consideradas para escolha da metodologia e ferramentas que melhor se adequem à elaboração do estudo proposto e ao consequente alcance de seus objetivos.

#### 4.1) Delineamento da Pesquisa

A presente pesquisa está inserida no campo dos estudos prospectivos, mais precisamente à prospecção de tecnologias relacionadas ao segmento brasileiro de têxteis técnicos.

O delineamento da pesquisa aqui apresentada é de natureza exploratória, uma vez que se pretende desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias sobre um tema ainda pouco explorado, com o objetivo de formular problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2008).

Tais estudos apresentam ainda a característica de possuir menor rigidez em seu planejamento, sendo um processo de pesquisa flexível e não-estruturado (GIL, 2008; MALHOTRA, 2001). Com o propósito de minimizar os pontos negativos que este nível de flexibilização possa trazer, será utilizada uma abordagem combinada, de natureza quali-quantitativa.

A abordagem combinada é prática comum na prospectiva e tem como objetivo maior harmonizar o que há de melhor em cada método, buscando compensar as possíveis deficiências trazidas pelo uso de técnicas ou métodos isolados. Admite-se que o emprego de abordagens combinadas traz uma série de vantagens, das quais Creswell e Clark (2006) *apud* MARTINS (2012, p.57) destacam:

- Prover evidências mais abrangentes para o estudo de um problema de pesquisa do que cada abordagem isoladamente;
- Ajudar a responder questões que não podem ser respondidas por abordagem separadamente; [...]
- Encorajar o uso de pontos de vista múltiplos ou concepções metodológicas mais do que uma simples associação típica das concepções dos pesquisadores quantitativos e qualitativos;
- Ser ‘prática’ no sentido de que o pesquisador é livre para usar todos os métodos possíveis para solucionar o problema de pesquisa.



No entanto, apesar das vantagens associadas ao emprego da abordagem combinada, deve-se ter em mente que sua aplicação requer rigor para guiar as decisões a serem tomadas na escolha do tipo de combinação das abordagens.

#### 4.1.1) Delimitação do Sistema Estudado

Em um estudo de prospecção tecnológica, a delimitação do Sistema estudado leva em consideração três informações essenciais: o objeto de estudo, o horizonte temporal e a extensão geográfica. A caracterização do Sistema direcionará a escolha apropriada dos métodos e técnicas empregados no exercício prospectivo.

Na tabela 15, encontramos as principais informações relacionadas ao escopo deste trabalho e as implicações que pesam sobre questões ligadas ao processo e ao conteúdo do estudo.

**Tabela 15** – Principais questões relacionadas à delimitação do sistema estudado.

<b>Escopo</b>		<b>Implicações</b>
<b>Questões relacionadas ao conteúdo</b>		
<b>Objeto de Estudo</b>	Segmento brasileiro de têxteis técnicos	Dados disponíveis, dados necessários, métodos adequados
<b>Horizonte Temporal</b>	15 anos	Dados necessários, métodos adequados
<b>Extensão Geográfica</b>	Nacional	Dados (tipos de acesso: direto ou secundário)
<b>Nível de Detalhe</b>	Meso (segmento industrial)	Natureza da interação com as partes interessadas
<b>Questões relacionadas ao processo</b>		
<b>Participantes</b>	Peritos ligados a diferentes segmentos de atuação (academia/indústria/governo) com intenso grau de conhecimento em uma parte do sistema estudado	Como a experiência é aproveitada, como o estudo é realizado
<b>Duração do Estudo</b>	6 meses	Métodos utilizáveis
<b>Recursos Disponíveis</b>	Internet, telefone	Métodos adequados; modo de acesso ao conhecimento
<b>Métodos usados</b>	Análise de patentes e <i>Delphi</i>	Dados necessários, resultados analíticos

Fonte: adaptado de Porter *et al.* (2003).

As características do sistema estudado inviabilizaram o uso combinado do método de construção de cenários com a consulta *Delphi* para o levantamento das tecnologias emergentes, isto porque a construção dos diferentes cenários demandaria um período de tempo incompatível com o cronograma disponível.

## **4.2) Metodologia Proposta**

A metodologia proposta para este trabalho foi estruturada em duas fases, quais sejam:

- 1) Identificação de um conjunto de tecnologias emergentes ligadas ao segmento de TT;
- 2) Determinação das tecnologias relevantes ao segmento estudado, em função de seu grau de difusão e potencial de produção, no contexto nacional.

Estas fases foram fruto da combinação entre levantamento bibliográfico, análise de patentes e realização de um painel *Delphi*. A abordagem metodológica foi construída de forma que, ao final, fosse obtido um conjunto de tópicos tecnológicos prioritários para o segmento brasileiro de têxteis técnicos, considerando um horizonte temporal de quinze anos.

### **4.2.1) Fonte de Dados**

De acordo com Gil (1999), pesquisas exploratórias geralmente envolvem levantamento bibliográfico e documental e entrevistas não padronizadas. Desta forma, foram consideradas para efeito desta pesquisa dados primários e secundários.

As fontes de dados primários foram os registros obtidos a partir da aplicação de um questionário semi-estruturado. Os dados secundários, por sua vez, foram recolhidos por meio de pesquisa bibliográfica à materiais previamente elaborados, tais como: patentes, livros, revistas, artigos, relatórios e demais publicações.

### **4.2.2) Identificação de Tecnologias Associadas aos Têxteis Técnicos**

A identificação do conjunto de tecnologias associadas aos TT foi elaborada a partir da combinação dos resultados obtidos pela revisão bibliográfica sobre têxteis técnicos e pela análise de conteúdo de um conjunto de patentes. A seguir descreveremos como estas duas etapas de busca se inter-relacionaram para a síntese da lista de tecnologias emergentes.

#### **4.2.2.1) Etapa 1: Revisão Bibliográfica**

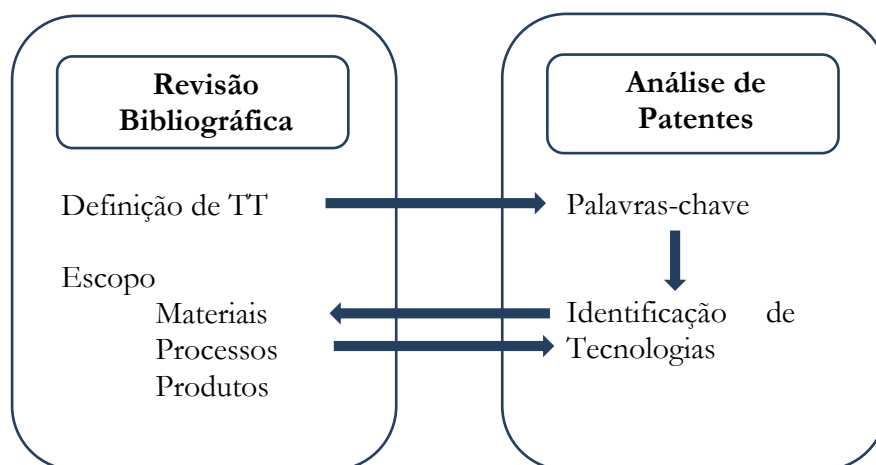
A revisão de literatura sobre têxteis técnicos revelou dois pontos importantes a serem considerados para identificação dos principais desenvolvimentos tecnológicos: a definição de têxteis técnicos e o escopo abrangido por este segmento.

A partir da compreensão das características associadas aos TT foi possível elencar o conjunto de palavras-chave relativas às suas definições que seriam empregadas na busca por patentes ligadas ao segmento. Foram priorizados os termos capazes de: identificar (em âmbito acadêmico e comercial) esta classe de materiais, designar os atributos que os distinguem dos materiais têxteis ditos tradicionais e apontar suas características tecnológicas. Sendo assim, foram selecionadas as seguintes palavras-chave: *technical, smart, multifunctional, textile, fabric*.

A delimitação do escopo abrangido pelos TT contribuiu para que as tecnologias identificadas durante a análise das patentes pudessem ser agrupadas em famílias, designadas como áreas de oportunidade tecnológica. Esta categorização teve o objetivo de facilitar a organização das linhas tecnológicas e sua posterior avaliação. Para efeito deste trabalho foram consideradas as tecnologias pertencentes às seguintes dimensões do escopo dos TT: materiais, processos e produtos.

Cabe ainda destacar que a lógica apreendida para identificação de tecnologias-chave, a partir da análise de patentes, possibilitou o posterior enriquecimento da lista inicial de tecnologias extraídas das patentes

A figura 9 mostra como os resultados obtidos na etapa de revisão bibliográfica estavam relacionados àqueles da etapa de consulta de patentes.



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 9:** inter-relação entre as etapas de revisão bibliográfica e análise de patentes.

#### 4.2.2.2) Etapa 2: Consulta à Base de Patentes

Levando em consideração que a busca de patentes foi dedicada a um segmento da Indústria Têxtil que possui interface com diversas áreas do conhecimento, optamos

por não limitar a extensão da busca à Seção D (têxteis; papel) da Classificação Internacional de Patentes. Desta forma, seria possível observarmos os pontos de convergência entre as áreas de conhecimento, bem como as possíveis tendências para o segmento.

Frente as diversas opções para sistematização da busca e levando em consideração a peculiaridade do objeto de estudo, definimos que a estratégia se apoiaria na utilização de palavras-chave encontradas em alguns campos específicos da patente. Xie e Miyazaki (2013) destacam que nos casos onde a tecnologia ou os produtos a serem investigados são emergentes e integrados, o método que utiliza a classificação de patentes como estratégia de busca parece não funcionar bem, sendo mais vantajoso executar a pesquisa a partir de palavras-chave.

As buscas foram feitas junto à base de dados eletrônica do *The United States Patent and Trademark Office* (USPTO) - o escritório norte-americano de marcas e patentes. Tal escolha foi motivada por algumas funcionalidades oferecidas pela base, tais como: a possibilidade da busca ser feita no documento completo ou em campos específicos, o acesso a um número ilimitado de registros, além do acesso ao texto integral contido na patente, que se encontra em inglês, o que não ocorre em algumas outras bases. Somando-se a isto, o escritório americano de patentes figura entre os 5 maiores em volume de aplicações (WIPO, 2014).

#### **4.2.3) Consulta aos especialistas**

Para fase de consulta aos especialistas foi adotado o método *Delphi* de prospecção tecnológica. Assim como no *Delphi* clássico, a consulta *Delphi* em Têxteis Técnicos preservou características consideradas fundamentais para o desenvolvimento satisfatório do estudo, dentre os quais podemos destacar: o de garantir o anonimato entre seus participantes, pois estes não tiveram conhecimento da identidade dos demais; o de tratar com sigilo suas respostas; e o de fornecer um *feedback* (sob forma de um histograma) ao início da segunda rodada. É importante relembrar que a técnica *Delphi* não é rígida em sua forma, permitindo algumas adaptações em função do grande número de aplicações aos quais este método pode ser utilizado.

Assim sendo, adotamos a metodologia empregada no projeto de Avaliação das Perspectivas de Desenvolvimento Tecnológico para a Indústria de Bens de Capital para Energia Renovável - PDTS-IBKER (KUPFER *et al*, 2011) para nortear a elaboração do

instrumento de coleta de dados e da identificação/classificação do conjunto de tecnologias emergentes.

De acordo com esta metodologia, as tecnologias são classificadas de acordo com os seguintes conceitos:

- **Tecnologias emergentes:** novos produtos, novos usos de produtos já existentes, novos processos produtivos ou novos materiais e componentes em fase pré-comercial, de desenvolvimento ou pesquisa exploratória em um horizonte de 15 anos.
- **Tecnologia não factível:** são tecnologias irrealizáveis, por demandarem desenvolvimentos futuros de novos materiais e/ou de novos componentes e/ou de novos processos etc. Assume-se que essas tecnologias não podem ser produzidas diante do atual estado das artes e da perspectiva do mesmo para os próximos 15 anos.
- **Tecnologia factível:** são tecnologias emergentes viáveis de serem produzidas diante do atual estado das artes.
- **Tecnologia não viável:** são tecnologias inviáveis diante de uma análise de custo e benefício em um horizonte de 15 anos, seja diante de outras tecnologias concorrentes ou pelas características da própria tecnologia emergente analisada.
- **Tecnologia viável:** são tecnologias emergentes que possuem um resultado favorável diante de uma análise de custo e benefício em relação às suas próprias características ou diante de outras tecnologias.
- **Tecnologia relevante:** são aquelas que terão um rápido/alto grau de difusão no Brasil nos próximos 15 anos.
- **Tecnologia relevante crítica:** são as tecnologias relevantes em que se identifica que o país possui um baixo potencial de produção no horizonte de 15 anos, demandando que, tanto a Indústria/segmento avaliado, quanto as agências de fomento e desenvolvimento busquem soluções que permitam o desenvolvimento e a produção dessas tecnologias no Brasil.
- **Tecnologia relevante prioritária:** são tecnologias emergentes com alto potencial de produção no Brasil em um horizonte de 15 anos, no sentido de que a Indústria/segmento considerado deva direcionar seus esforços

para a consolidação e o desenvolvimento de suas capacitações nessas tecnologias.

A metodologia está organizada em três fases. Suas atividades são distribuídas entre três grupos de trabalho com perfis e papéis bem definidos. A **tabela 16** resume a metodologia desenvolvida por Kupfer *et al* e seus desdobramentos.

**Tabela 16** – Fases da metodologia utilizada no projeto PDTS-IBKER

<b>Quando?</b>	<b>Quem?</b>	<b>O quê?</b>	<b>Como?</b>
<b>Fase 1:</b> Preparação dos estudos	<b>Comitê Técnico - CT</b> (Grupo de especialistas com declarado conhecimento em, pelo menos, uma das classes tecnológicas avaliadas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar as tecnologias emergentes na indústria analisada e indicar respondentes para participar da pesquisa de campo</li> <li>Estabelecer os critérios para a identificação e a seleção das tecnologias emergentes para a Indústria analisada</li> <li>Estabelecer diretrizes para a elaboração das listas de respondentes a integrar o painel da pesquisa de campo</li> </ul>	Oficinas de trabalho
<b>Fase 2:</b> Pesquisa de campo	<b>Coordenação do Projeto</b> (Equipe responsável pelo cronograma de trabalho e por integrar e consolidar as contribuições dos membros do Comitê Técnico)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir a regra de redação</li> <li>Elaborar o questionário da pesquisa de campo (disponibilizado em meio eletrônico)</li> </ul>	Oficinas de trabalho
	<b>Coordenação do Projeto / Comitê Técnico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formar o painel de respondentes</li> </ul>	
	<b>Painéis de Respondentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opinar em relação às tecnologias investigadas</li> </ul>	Questionário
<b>Fase 3:</b> Análise das informações e redação de documentos	<b>Coordenação do Projeto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conceber fluxograma para classificação das tecnologias</li> <li>Integrar as contribuições dos membros do CT e elaborar o texto do Panorama Tecnológico</li> </ul>	Oficinas de trabalho

---

**Comitê Técnico**

- Consolidar as contribuições dos diversos setores em estudo e compatibilizá-las.
- Validar os resultados obtidos na pesquisa de campo

---

Fonte: elaboração própria a partir da consulta a Kupfer *et al.* (2011).

Entretanto algumas especificidades ligadas ao escopo deste trabalho (tais como: recursos disponíveis, duração do estudo, métodos empregados, sistema estudado, entre outros) levaram a adaptações metodológicas que serão pontuadas e justificadas no decorrer do capítulo 5, que detalha a síntese da lista de tecnologias emergentes e o desenvolvimento da consulta *Delphi*.

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o detalhamento da metodologia, este capítulo tem por objetivo expor e analisar as informações coletadas durante as fases de realização deste trabalho. Em princípio são apresentados os dados obtidos a partir da análise de patentes que, em associação ao levantamento bibliográfico, permitiu a elaboração de uma lista de tecnologias emergentes ligadas ao segmento de TT. Feito isso, são apontados os resultados obtidos após a implementação das duas rodadas *Delphi* que conduziram à análise dos dados e direcionaram as conclusões do presente trabalho.

#### 5.1) Análise do Conteúdo das Patentes

A busca pelos documentos foi realizada junto à base da USPTO que compreende as patentes concedidas, classificadas como patentes de utilidade. De acordo com o escritório,

[A] Patente de utilidade pode ser concedida a qualquer pessoa que invente ou descubra qualquer processo, máquina, artigo de manufatura, ou composição da matéria novo e útil, ou qualquer melhoria nova e útil dos mesmos” (USPTO, 2014, tradução nossa).

Baseado nas conclusões de Xie e Miyazaki (2013), de que a estratégia mais eficaz para identificação de patentes a partir de palavras-chave é usar as informações contidas nos campos: título, resumo e reivindicação, prosseguimos com as buscas nestes campos. Fizemos a combinação, dois a dois, das cinco palavras selecionadas, que deveriam aparecer simultaneamente em algum desses três campos (título, resumo ou reivindicação). A busca considerou um período de cinco anos, compreendida de 01/01/2010 a 31/12/2014. Os resultados obtidos estão sintetizados na tabela 17.

O símbolo “\$” foi utilizado para permitir a recuperação dos termos “*textile*” e “*textiles*” no momento da busca, entretanto este mesmo símbolo de truncamento não foi aplicado ao termo “*fabric*” pois, além do termo “*fabrics*”, permitiria a recuperação de palavras como: “*fabrication*” e “*fabricate*”, não desejáveis para busca em questão. Na sequência, foram eliminadas as duplicatas encontradas, isto resultou no número final de 120 patentes avaliadas. Entretanto, deste total, o conteúdo de 30 patentes não foi considerado em função de seu conteúdo não deixar claro o emprego de tecnologias



especificamente associadas aos TT, mas apenas à indústria têxtil como um todo (melhoria nos processos de tingimento e alvejamento por exemplo).

**Tabela 17-** Resultado das buscas por palavras-chave.

Palavras-chave	Número de ocorrências
Technical + Textile\$	33
Technical + Fabric	39
Multifunctional + Textile\$	16
Multifunctional + Fabric	14
Smart + Textile\$	8
Smart + Fabric	30
Total geral:	140
Duplicatas	20
Total analisado:	120

Fonte: elaboração própria.

Para análise do conteúdo das patentes identificamos à qual(is) seção(ões) da Classificação Internacional de Patentes (IPC – *International Patent Classification*) pertenciam as patentes avaliadas. Sabemos que o IPC conta com 8 seções principais que representam o corpo completo de conhecimentos considerado como próprio do campo das patentes de utilidade e cujo principal objetivo é o de estabelecer uma ferramenta de busca eficaz para a recuperação destes documentos. As seções que compõem tal sistema de classificação estão listadas na tabela 21.

**Tabela 18 -** Seções da Classificação Internacional de Patentes.

Seção	Descrição
A	Necessidades Humanas
B	Operações de Processamento; Transporte
C	Química; Metalurgia
D	Têxteis; Papel
E	Construções Fixas
F	Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão
G	Física
H	Eletricidade

Fonte: adaptação da CIP.

Apesar das patentes depositadas na USPTO também possuem codificação da Classificação Americana de Patentes (*Current US Classification - CCL*) e da Classificação Cooperativa de Patentes (*Cooperative Patent Classification - CPC*<sup>17</sup>), a análise se concentrou na classificação IPC, por ser este o sistema internacionalmente empregado.

Verificamos que as patentes foram, em sua maioria, classificadas entre as quatro primeiras seções do IPC: A, B, C ou D, conforme demonstrado no gráfico 2<sup>18</sup>. O maior número das patentes analisadas foi classificado na seção B (Operações de Processamento; Transporte), superando a seção D (Têxteis; Papel) – específica da área têxtil, que apareceu em segundo lugar no número de ocorrências, seguido pelas seções e C (Química) e A (Necessidades Humanas).

Podemos observar que as patentes classificadas na seção B tratavam, em sua maioria, da tecnologia para fabricação de produtos em camadas (nos quais incluem-se os compósitos) e da elaboração de produtos com aplicações na área automotiva e aeronáutica. Já aquelas pertencentes a seção D, abordam questões muito voltadas para a melhoria da tecnologia envolvida nos processos de fabricação dos TT. As patentes referentes a seção C, por sua vez, estão muito concentradas em questões relativas à preparação e processamento de composições formadas por substâncias macromoleculares orgânicas. Por fim, os documentos catalogados na seção A focavam os temas: vestuário, ciência médica (finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas) e agricultura, silvicultura e pecuária (conservação de corpos de seres humanos ou animais ou plantas).

A proximidade entre as Indústrias Química e Têxtil, no que diz respeito à criação e difusão de mudanças técnicas e tecnológicas, é bem conhecida. Pavitt (1984), em estudo elaborado, a partir da observação das características e variações de um grupo de firmas<sup>19</sup>, com o objetivo de descrever e buscar entender as semelhanças e diferenças entre padrões setoriais de mudança tecnológica e seus impactos na inovação, concluiu

---

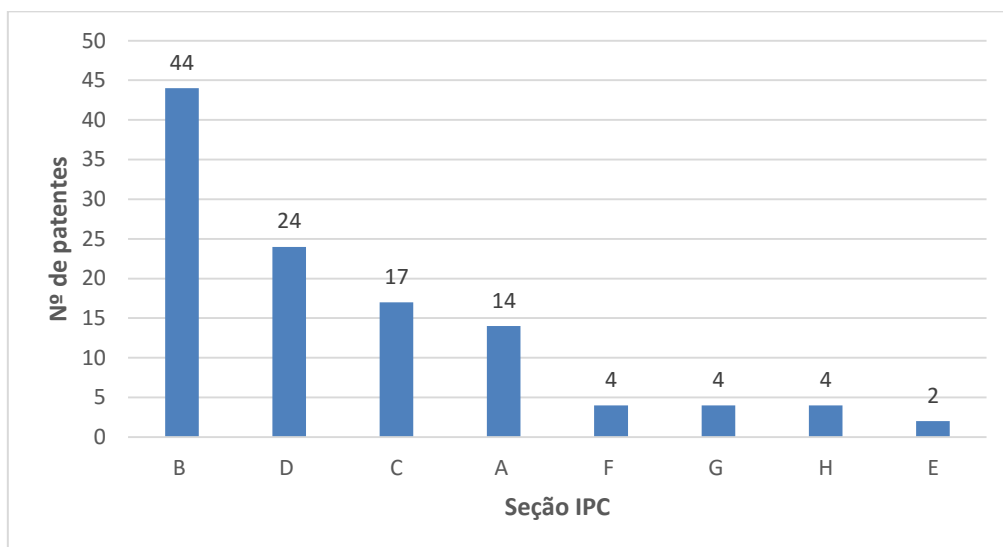
<sup>17</sup> A Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) é um sistema de classificação mundial para documentos de patente lançada em conjunto pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO) e o Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO). Resultado da harmonização que incorpora as melhores práticas de classificação de ambos os escritórios.

<sup>18</sup> É importante destacarmos que uma mesma patente pode ser classificada em mais de uma seção do IPC, o que justifica o fato do somatório das ocorrências apresentadas no gráfico 5 ser superior ao número total de patentes investigadas.

<sup>19</sup> Seleccionadas com base nos dados das 2000 mais significantes inovações surgidas na Grã-Bretanha entre 1945 e 1979.

que a Indústria Têxtil possui um perfil de trajetória tecnológica dominada pelo fornecedor. Contexto no qual a Indústria Química figurava entre os fornecedores de maior impacto.

**Gráfico 2** - Número de patentes por seção IPC.



Fonte: elaboração própria.

Nesta conjuntura, observa-se que o desafio da Indústria Têxtil em assumir uma postura de maior pró-atividade no que concerne à inovação é crescente, sobretudo quando diz respeito aos TT, que por natureza incorporam o desafio de serem produtos mais atraentes, com maior valor agregado e capazes de atender a uma gama crescente de aplicações. A ocorrência de patentes classificadas em todas as categorias do IPC, no âmbito desta análise, reforça a ideia de que o segmento de TT possui vocação multidisciplinar. Característica que se traduz numa demanda crescente pela habilidade, requerida dos profissionais e empresas que operam neste segmento, em atuar num contexto de transversalidade entre diferentes campos do conhecimento.

Na sequência, foram identificadas em quais áreas do escopo abrangido pelos TT se concentravam o desenvolvimento das inovações. Para tal, foi proposta uma taxonomia (sintetizada na tabela 19) que permitisse a classificação das inovações encontradas nos documentos investigados. Esta taxonomia levou em consideração as três esferas abrangidas pelo escopo de produção e aplicação dos TT (materiais, processos e produtos/aplicações). Cabe ressaltar que das 120 patentes lidas, 30 foram desconsideradas em função de seu conteúdo não deixar claro o emprego/desenvolvimento de tecnologias associadas especificamente aos TT, mas

apenas à indústria têxtil como um todo. Assim sendo, ao final foram classificados o conteúdo de 90 patentes.

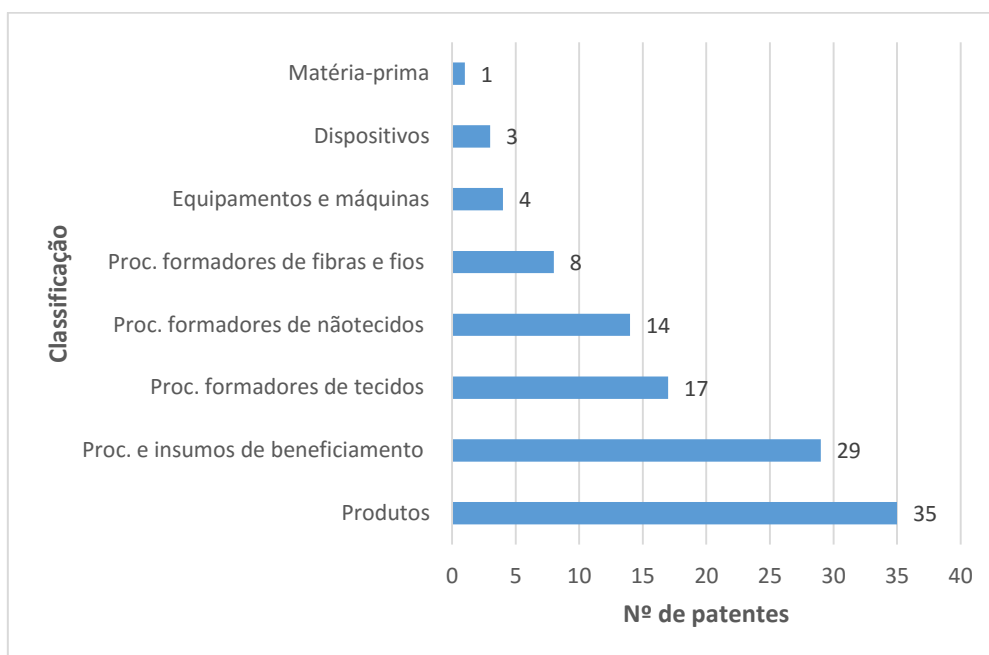
**Tabela 19** - Taxonomia proposta para análise das patentes

Item	Título	Descrição	Escopo
1	Matéria-prima	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação na síntese e utilização de novos materiais como fonte de matéria-prima.	Materiais
2	Processos formadores de fibras e fios	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação dos processos de produção de fibras, filamentos e fios (naturais/ artificiais/ sintéticos).	Processos
3	Processos formadores de tecidos	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação dos processos de produção de tecidos plano e de malha (tecelagem/malharia).	
4	Processos formadores de não tecidos	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação dos processos de produção dos não tecidos (mecânico/químico/térmico).	
5	Processos e insumos de beneficiamento	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação dos processos e insumos para o beneficiamento dos TT (mecânico, químico).	Produtos / Aplicações
6	Produto	Quando enfoca estudo, comparação, aprimoramento ou inovação de produtos diversos que contenham TT em sua composição.	
7	Dispositivos	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação de dispositivos incorporados aos TT	Equipamentos / Máquinas
8	Equipamentos e máquinas	Quando enfoca o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação de equipamentos ou máquinas utilizadas no processo de fabricação dos TT	

Fonte: elaboração própria.

O gráfico 3 sumariza os resultados encontrados. A maioria das patentes envolve em seu escopo a criação ou melhoramento de produtos que utilizam TT em sua composição. Encontramos produtos com aplicações diversas, nas áreas: médica, esportiva, de transporte, de proteção, industrial e residencial (em ordem decrescente de ocorrências).

**Gráfico 3** - Classificação do conteúdo das patentes em função da taxonomia proposta.



Fonte: elaboração própria.

Em segundo lugar, destacaram-se os processos envolvidos na produção dos TT, dos quais os processos e insumos de beneficiamento são os mais abordados. Os números sugerem que a Indústria Química também exerça uma forte influência sobre o segmento de têxteis técnicos, assim como ocorre com a Indústria Têxtil tradicional.

Dentre as patentes analisadas verificamos que a nanotecnologia, a biotecnologia e tecnologias de superfície (laminação e revestimento) são os assuntos mais abordados. Também encontramos nos documentos mais recentes, registros, em menor número, ligados à utilização de plasma, materiais de mudança de fase (que armazenam calor latente) e técnicas de impressão para modificação das superfícies têxteis. De forma geral, percebe-se também a tendência para o aperfeiçoamento dos mecanismos de adesão dos produtos químicos aos substratos, de forma a tornar tais funcionalidades têxteis mais atraentes, duradouras, além de ambiental e economicamente vantajosas.

Em meio aos processos formadores de tecidos, os de malharia tiveram maior destaque que os de tecelagem. As inovações nesta área exploraram a versatilidade de configurações do tecido de malha levando em conta, por um lado, aspectos como a disposição/incorporação de fibras, fios, dispositivos e, por outro, os mais variados tipos de entrelaçamento. Verificou-se a tendência na produção de: tecidos de malha térmicos nos quais aspectos de padronagem e composição permitem que se construam tecidos

com uma única camada, em substituição àqueles compostos por várias camadas; tecidos de malha térmicos que utilizam em sua composição materiais termo sensíveis e por isto apresentam melhoria no desempenho de isolamento dinâmico e, tecidos de malha simultaneamente impermeáveis e respiráveis.

No que diz respeito aos nãotecidos, evidenciaram-se os materiais com natureza multicamadas e aqueles resistentes à chama, com destaque para os processos de formação via extrusão (*spunbonded*) e via sopro (*meltblown*) para formação da manta por via fundida, e de hidroentrelaçamento (*spunlaced* ou *hydroentangled*) e agulhagem (*needlepunched*) para consolidação da manta por via mecânica.

Nos processos formadores de fibras e fios figuraram desenvolvimentos ligados à construção de fios compósitos eletricamente condutivos, fios constituídos por diferentes tipos de fibras que apresentam características multifuncionais e aditivos capazes de alterar as propriedades das fibras químicas (como a redução da formação de borboto, fibras microbicidas).

A inovação nos desenvolvimentos de equipamentos e máquinas está ligada às tecnologias de revestimento têxtil (sistemas de jato aquoso, jato de tinta, jato térmico, jato piezoelétrico), já os desenvolvimentos no campo dos dispositivos concentram-se na criação de circuitos eletrônicos de interface capazes de conceber tecidos táteis (com destaque para utilização de materiais piezoelétricos, nanotubos, polímeros eletrocondutivos e fibras feitas a partir de ligas com memória de forma) e de monitoramento remoto (telemetria) de pacientes, a partir da detecção, medição e registro de seus sinais bioelétricos. O único desenvolvimento na área de matéria-prima está relacionado ao melhoramento em algumas características de um polímero (aumento da hidrofiliidade e redução da geração de energia estática).

### **5.1.1) Tecnologias em Destaque**

De forma geral, a análise das patentes, em função de sua classificação internacional, ressalta a forte natureza multidisciplinar do segmento. A maior parte das patentes enfocava o estudo, comparação, aprimoramento ou inovação de produtos diversos contendo têxteis técnicos em sua composição, com destaque para aplicações nas áreas: esportiva, de proteção, médica e de transporte.

Notou-se que a biomimética continua a inspirar soluções têxteis versáteis e inteligentes, alguns exemplos encontrados nos documentos analisados foram: o efeito ‘flor-de-lótus’ que tornam os tecidos auto-limpantes; os tecidos simultaneamente

impermeáveis e respiráveis e os tecidos termo sensíveis, cujo nível de isolamento térmico é auto ajustável.

Em relação aos processos de beneficiamento, os revestimentos, com agentes em micro e nano escala (que conferem aos têxteis técnicas funcionalidades de absorção de raios UV, liberação de fragrâncias, pesticidas, óleos essenciais, repelentes, agentes bactericidas e medicamentos) foram pontos muito abordados pelos documentos investigados. A preocupação em desenvolver produtos e processos ambientalmente amigáveis também foi identificada em algumas patentes, que focavam o bioprocessamento de corantes e polímeros e a utilização do plasma para o tratamento de superfícies têxteis.

A elaboração de circuitos eletrônicos flexíveis, a partir da incorporação de dispositivos, fios compósitos e fibras com funcionalidades eletrônicas capazes de criar sistemas têxteis interativos, ampliam as oportunidades associadas à telemetria (monitoramento de sinais bioelétricos) e à telecomunicação. Aparelhos ortopédicos compostos por tecidos que incorporam sensores de movimento e materiais flexíveis com *feedback* tátil, os quais lançam mão de uma gama de novos materiais (de mudança de fase, piezoelétricos, eletrocondutivos e com memória de forma, bicomponentes) também estavam entre as patentes analisadas.

Em linhas gerais, podemos apontar como tecnologias protagonistas na busca pela multifuncionalidade dos artigos têxteis: a nanotecnologia, a bioquímica, as tecnologias de superfície (revestimento e laminação) e a utilização de novos materiais ou a incorporação/melhoramento das funcionalidades aos já largamente empregados. Cabe ressaltar que estas informações contribuíram para identificação e seleção das tecnologias de interesse que constituirão o questionário *Delphi*. Para seleção destas tecnologias, foram priorizadas linhas tecnológicas claramente capazes de conferir características distintivas aos materiais têxteis, sejam tornando-os funcionais ou inteligentes (ativos).

### **5.1.2) Lista das Tecnologias de Interesse**

A análise das patentes permitiu elaborar a lista inicial das tecnologias de interesse a serem avaliadas pela consulta *Delphi*. Entretanto, para a formulação das questões que comporiam o questionário *Delphi* (instrumento de avaliação) era necessário buscar mais elementos que permitissem ampliar a compreensão sobre a caracterização e aplicação destas tecnologias ao segmento de TT. Para isso, recorreremos

novamente à consulta bibliográfica, que também contribuiu para ampliar a lista de tecnologias, como demonstrado na tabela 20.

**Tabela 20** – Lista de tecnologias emergentes associadas aos TT.

<b>Lista de Tecnologias Emergentes</b>
Análise de patentes
Deposição polimérica <i>in situ</i>
Eletrodeposição
Eletrofição
Fibras de alta performance
Fios multicomponentes (coextrusão)
Impressão jato de tinta
Laminação
Materiais com memória de forma
Materiais condutivos
Materiais crômicos
Materiais de mudança de fase
Materiais reciclados
Microencapsulação
Microfibras
Modelagem e simulação
Nanofibras
Nanomateriais
Nanotecnologia
Nanotubos de carbono
Plasma
Revestimento
Tecidos multiaxiais (bi, triaxiais – 3D)
Tecidos multicamadas
Tecnologia de Informação e Comunicação
Tecnologia <i>seamless</i> <sup>20</sup>
Ultrassom
Revisão bibliográfica
Biomimética
Biotecnologia
Corantes Naturais
Eco <i>design</i>
Efeito lenticular
Eletroluminescência
Engenharia Genética
Fiação gel
Fiação magnética
Impressão 3D
Laser
Materiais auxéticos
Materiais biodegradáveis
Materiais piezoelétricos
Metamateriais

Fonte: elaboração própria.

<sup>20</sup> Tecnologia que designa o conceito de roupas sem costura, em que as costuras são eliminadas, sobretudo nas laterais, ou drasticamente reduzidas.



As tecnologias de interesse foram organizadas em 5 grupos denominados (no âmbito deste trabalho) de Áreas de Oportunidade Tecnológica. Para isso foram levados em consideração as características de similaridade existentes entre elas e delas com os elos que compõem a cadeia produtiva dos TT. A tabela 21 ilustra a correspondência existente entre as áreas de oportunidade tecnológica e o escopo dos TT.

**Tabela 21** – Relação entre as áreas de oportunidade tecnológica e o escopo dos TT.

Escopo	Áreas de Oportunidade Tecnológica
<b>Materiais</b>	Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil
<b>Processos</b>	Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)
	Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos
	Processos de Beneficiamento
<b>Materiais / Processos / Produtos</b>	Macrotendências Tecnológicas

Fonte: elaboração própria.

Baseado nos procedimentos metodológicos adotados no projeto PDTs-IBKER, cada uma das tecnologias emergentes<sup>21</sup> identificadas foi adaptada à regra de redação que prevê a seguinte estrutura: “*Uso de... (tecnologia emergente)... em... (segmento, componente, princípio, etapa da produção etc.)...visando... (propriedade, desempenho, aperfeiçoamento etc.)...*” (KUPFER *et al.*, 2011). A tabela 22 apresenta a redação final elaborada para cada uma das 42 tecnologias emergentes selecionadas.

**Tabela 22** – Lista de tecnologias emergentes adaptadas à regra de redação.

Área de oportunidade Tecnológica	Tecnologias Emergentes
<b>Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil</b>	1) Uso de materiais de mudança de fase, aplicados às fibras/filamento/fios, visando conferir aos materiais têxteis a capacidade de absorver, armazenar e liberar grandes quantidades de energia sob a forma de calor latente (gerenciamento térmico).
	2) Uso de materiais com memória de forma, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a capacidade de recuperar sua forma inicial após sofrer um processo temporário de deformação.
	3) Uso de materiais crômicos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando atribuir aos materiais têxteis a propriedade de mudança reversível da cor.
	4) Uso de materiais crômicos, aplicados à produção de corantes e

<sup>21</sup> Denominação empregada pela metodologia adotada, cujo conceito foi apresentado na seção 4.3.2.

	<p>pigmentos, visando atribuir aos materiais têxteis a propriedade de mudança reversível da cor.</p>
	<p>5) Uso de materiais condutivos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis eletricamente condutivos.</p>
	<p>6) Uso de materiais piezoelétricos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis capazes de gerar um sinal elétrico em função de um estímulo mecânico e vice-versa (piezoativos).</p>
	<p>7) Uso de materiais auxéticos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de expandir sua seção transversal quando tracionado longitudinalmente (Coeficiente de Poisson negativo).</p>
	<p>8) Uso de metamateriais, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de camuflagem, invisibilidade e microscopia de super-resolução (Índice de Refração Negativo).</p>
	<p>9) Uso de metamateriais, aplicados a insumos químicos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de camuflagem, invisibilidade e microscopia de super-resolução (Índice de Refração Negativo).</p>
	<p>10) Uso de materiais reciclados, aplicados à produção de fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando a valorização e o reaproveitamento de materiais descartados como fonte de matéria-prima para fabricação de produtos têxteis diferenciados e inovadores.</p>
	<p>11) Uso da Biotecnologia, aplicada à biossíntese de biomassa animal e vegetal, visando a produção de fibras têxteis biodegradáveis e renováveis.</p>
	<p>12) Uso da Biotecnologia (fermentação), aplicado ao cultivo de nanofibras de celulose, visando produzir artigos têxteis de couro/tecido vegetal flexível e biodegradável com aplicações técnicas.</p>
	<p>13) Uso de nanotubos de carbono, aplicado ao revestimento de fios, visando torná-los materiais capazes de armazenar, conduzir e gerar energia.</p>
	<p>14) Uso de corantes naturais, aplicados a fibras elastoméricas condutoras elétricas, visando a produção de materiais têxteis fotovoltaicos dobráveis (células solares orgânicas que convertem energia dos fótons em energia elétrica).</p>
	<p>15) Uso da eletrofição, aplicado a fabricação de nanofibras, visando fabricar materiais têxteis funcionais (tais como: membranas de afinidade, meios filtrantes, curativos, liberação de drogas, vestuário de proteção química/biológica, sensores, reforços compósitos).</p>
	<p>16) Uso da fição gel, aplicado à produção de fibras com elevado nível de orientação macromolecular, visando conferir propriedades de alta performance.</p>
<b>Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)</b>	<p>17) Uso da fição magnética (<i>magnetospinning</i>), aplicado a fabricação de nanofibras, visando fabricar materiais têxteis funcionais (tais como: membranas de afinidade, meios filtrantes, curativos, liberação de drogas, vestuário de proteção química/biológica, sensores, reforços compósitos).</p>
	<p>18) Uso da Engenharia Genética, aplicada ao <i>Bombyx Mori</i> (bicho da seda), visando produzir filamento de seda artificial com propriedades físicas significativamente melhoradas da seda de</p>

	<p>aranha (Produção de teia de aranha artificial).</p> <p>19) Uso da co-extrusão, aplicado a fabricação de filamentos multicomponentes, visando promover propriedades funcionais combinadas (em decorrência da associação das propriedades de seus polímeros-base).</p> <p>20) Uso de sistemas de simulação virtual, aplicado aos processos formadores de fios, visando simular suas propriedades físico-mecânicas e orientar a configuração rápida das máquinas envolvidas na fabricação de tais produtos.</p>	
<b>Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos</b>	<p>21) Uso de nanofibras, aplicada à produção de tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas (tais como: liberação controlada de drogas, proteção química e biológica, condutividade elétrica, regulação térmica, etc).</p> <p>22) Uso de fibras de alta performance, aplicada à produção de tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas.</p> <p>23) Uso de tecnologia de tecelagem 3D (multicamadas), aplicada à produção de tecido plano, visando fabricar estruturas têxteis tridimensionais utilizadas como pré-formas na produção de materiais compósitos.</p>	
	<p>24) Uso de impressora 3D, aplicada à produção de estruturas têxteis, visando utilizar novos materiais para fabricação de tecidos técnicos.</p> <p>25) Uso da Tecnologia <i>Seamless</i>, aplicada ao design e fabricação de tecidos de malha, visando produzir com maior rapidez artigos de vestuário com performance diferenciada, em diversas dimensões e prontos para uso.</p> <p>26) Uso de sistemas de simulação virtual, aplicado aos processos formadores de tecidos e não tecidos, visando simular as propriedades físico-mecânicas das estruturas têxteis multifuncionais e orientar a configuração rápida das máquinas envolvidas na fabricação de tais produtos.</p>	
	<p>27) Uso de nanomateriais funcionais, aplicado aos insumos químicos, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis.</p> <p>28) Uso do plasma, aplicado ao processo de acabamento da superfície têxtil, visando modificar as propriedades físicas da superfície dos materiais têxteis (superfícies hiperfuncionais).</p> <p>29) Uso da tecnologia de laminação, aplicado à produção de estruturas têxteis bidimensionais laminadas, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis (a partir da combinação de um ou mais substratos têxteis com um filme polimérico pré-preparado).</p>	
	<p>30) Uso da tecnologia de revestimento, aplicado ao beneficiamento de artigos têxteis, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis (a partir da aplicação direta de líquido polimérico viscoso).</p> <p>31) Uso de métodos de microencapsulação, aplicado à produção de insumos químicos, visando funcionalizar substratos têxteis para liberação controlada de substâncias e com efeito duradouro.</p> <p>32) Uso da técnica de eletrodeposição, aplicada ao processo de beneficiamento, visando aplicar agentes de funcionalização têxtil em áreas localizadas e de forma eficiente.</p> <p>33) Uso da técnica de deposição polimérica <i>in situ</i>, aplicada ao processo de beneficiamento, visando aplicar agentes de funcionalização têxtil aplicados de forma mais minuciosa e uniforme</p>	
	<b>Processos de Beneficiamento</b>	

	e precisa.
	34) Uso da tecnologia de ultrassom, aplicada aos processos de beneficiamento em nanoescala (nanotingimento, nanoimpressão, nanoacabamento), visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis.
	35) Uso do laser, aplicado ao processo de beneficiamento têxtil, visando expandir e melhorar os processos para funcionalização de superfícies têxteis.
	36) Uso da tecnologia de impressão jato de tinta, aplicado ao processo de beneficiamento, visando melhorar a capacidade de aplicação de uma variedade de fluidos funcionais em quantidades discretas de um lado do tecido.
	37) Uso da tecnologia de efeito lenticular, aplicado ao beneficiamento têxtil, visando produzir materiais têxteis com efeitos óticos (efeito zoom, 3D e de imagem em movimento).
	38) Uso da eletroluminescência, aplicada aos corantes têxteis, visando a produção de materiais têxteis com funcionalidades inovadoras de emissão de luz.
<b>Macrotendências Tecnológicas</b>	39) Uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC's), aplicado ao desenvolvimento de dispositivos flexíveis, visando obter têxteis inteligentes (capazes de responder a estímulos ambientais e interagir com seus usuários).
	40) Uso da nanotecnologia, aplicado aos materiais/processos/produtos têxteis, visando obter produtos com funcionalidades avançadas e aplicações diversas.
	41) Uso do conceito de biomimética, aplicado ao desenvolvimento de soluções na área de TI, visando obter produtos com performance diferenciada.
	42) Uso do conceito de <i>Eco Design</i> , aplicado ao desenvolvimento de soluções na área de TI, visando obter produtos e processos que causem menores impactos ao meio ambiente.

Fonte: elaboração própria.

Finalizadas as etapas de identificação, seleção e padronização de redação das tecnologias emergentes, passamos à etapa de preparação e execução da consulta *Delphi* como demonstrado a seguir.

## 5.2) *Delphi*

A primeira rodada *Delphi* teve início no dia 03/12/2015 com o envio dos questionários. O prazo inicialmente estipulado para o envio das respostas foi o dia 18/12/2016, mas que foi estendido para o dia 18/01/2016 em função do baixo retorno, em parte influenciado pelo calendário de realização do estudo, caracterizado por períodos de recesso e fechamento do ano civil.

Ao término da primeira rodada, os dados foram classificados<sup>22</sup>, compilados e reencaminhados aos respondentes (*feedback*) sob a forma de distribuição percentual, juntamente com as observações registradas durante a primeira rodada. Isto possibilitou que cada um dos respondentes tomasse conhecimento das avaliações feitas pelo grupo e pudesse compará-las à sua própria resposta. Durante a segunda rodada, que teve início em 21/01/2016 e terminou em 03/02/2016, era facultado ao respondente manter sua resposta ou alterá-la, frente à opinião do grupo.

Houve sugestão para inclusão de mais uma tecnologia emergente, descrita como: “o uso de agentes cationizantes, aplicado aos materiais têxteis de origem celulósica, visando o tingimento com corantes reativos sem a utilização de eletrólitos de forma a diminuir a carga de sais nos efluentes gerados durante o processo de tingimento”. Embora tenha sido incluída para avaliação durante a segunda rodada *Delphi*, o resultado para este item foi inconclusivo devido ao baixo nível de retorno obtido.

O único procedimento que não foi respeitado, quando comparado ao *Delphi* clássico, foi a checagem da estabilidade das respostas, procedimento que mostraria um aumento ou diminuição do consenso, indicando o fim das interações. Isto ocorreu porque o número extenso de questões tornaria o procedimento longo e trabalhoso e, além do mais, o tempo disponível para conclusão da pesquisa não permitiria a realização de pelo menos mais uma rodada, tida como necessária para efetivar o procedimento de checagem.

O questionário *Delphi* foi estruturado em cinco blocos de avaliação, denominadas áreas de oportunidade tecnológica. O questionário foi dividido da seguinte forma: uma linha de abertura com para auto avaliação, apresentação de cada uma das tecnologias emergentes nas demais linhas, cinco colunas para avaliação de: factibilidade técnica, viabilidade comercial, difusão esperada para os próximos 5 e 15 anos (nível Brasil) e potencial de desenvolvimento e produção nacional e, por fim, um espaço para observações (que poderiam ser referentes às escolhas, impressões ou inclusão de novas tecnologias emergentes, por parte dos respondentes). O questionário é apresentado no Anexo 1 e as opções de resposta admitidas para cada um dos campos de avaliação são apresentadas na tabela 23.

---

<sup>22</sup> Detalhes sobre a classificação das tecnologias serão apresentados na sessão 5.2.2.

**Tabela 23** - Campos de preenchimento do questionário e respectivas opções de resposta.

Campos de preenchimento	Opções de resposta
Nível de conhecimento	Não familiarizado Casualmente adquirido Familiarizado Conhecedor Especialista
Factibilidade técnica no mundo, nos próximos 15 anos	Sim Não
Viabilidade comercial no mundo, nos próximos 15 anos	Sim Não
Difusão esperada da tecnologia no Brasil, nos próximos 5 anos	Baixa Média Alta
Difusão esperada da tecnologia no Brasil, nos próximos 15 anos	Baixa Média Alta
Potencial de desenvolvimento e produção da tecnologia no Brasil, nos próximos 15 anos	Sim Não

Fonte: elaboração própria.

O questionário foi formulado em um documento com macro do Word® que só admitia a edição de campos pré-definidos. O envio aos respondentes foi feito por e-mail, juntamente com uma carta de apresentação e orientações sobre seu preenchimento.

### 5.2.1) Seleção dos Respondentes

A aplicação da técnica *Delphi* requer a participação de um grupo de especialistas com conhecimento aprofundado de uma ou mais áreas do sistema estudado, aqui representado pelas cinco áreas de oportunidade tecnológica: novos materiais e matérias-primas, processos formadores de fios (fibras e filamentos), processos formadores de tecidos e nãotecidos, processos de beneficiamento e macrotendências.

A seleção dos respondentes buscou atender a dois pontos cruciais: eleger especialistas com conhecimento sobre as áreas de oportunidade tecnológica consideradas e pertencentes a diferentes perfis profissionais. A ideia é de que o painel fosse composto por pessoas reconhecidas pelo seu intenso conhecimento em, pelo menos, uma parte do sistema estudado e pelo seu conhecimento superficial das outras partes desse sistema. A tabela 24 apresenta as categorias contempladas e os principais critérios de seleção dos respondentes.

**Tabela 24** – Critérios para seleção dos respondentes.

<b>Categoria</b>	<b>Perfil</b>	<b>Fonte de busca</b>
Indústria	Profissionais vinculados a empresas atuantes no segmento de têxteis técnicos e não tecidos	Relatório sobre mercado potencial do setor de Têxteis Técnicos, elaborado pelo IEMI no ano de 2013
Academia	Professores de cursos de graduação em Engenharia ou Tecnologia de Produção Têxtil; Pesquisadores envolvidos com o tema têxteis técnicos	Site E-MEC; Sites de Faculdades e Universidades; Grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa da Plataforma Lattes, CNPq
Governo	Profissionais ligados a organizações governamentais e de representação	ABIT, ABINT e ABDI

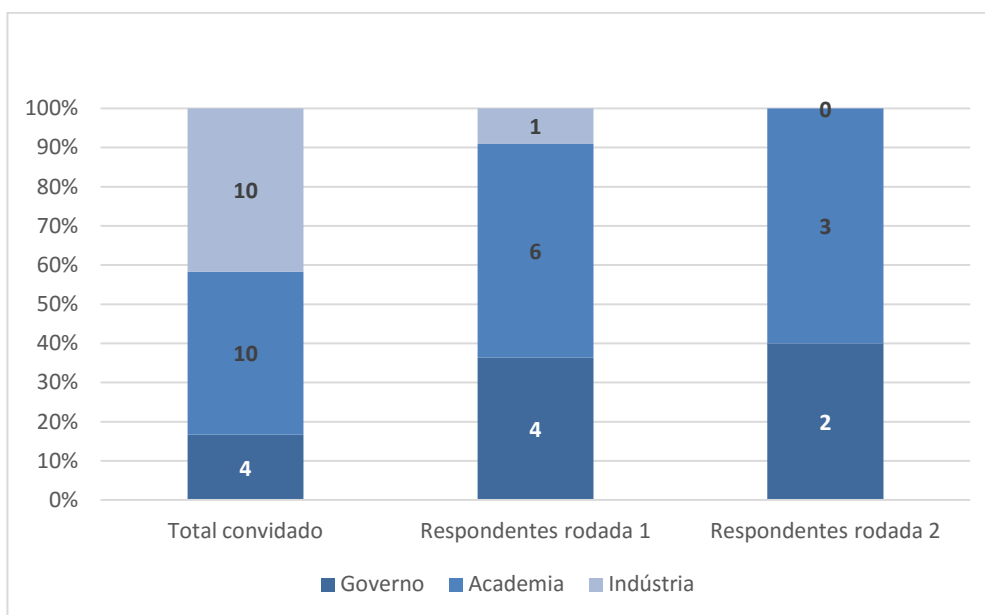
Fonte: elaboração própria.

A fixação do número mínimo de respondentes obedeceu aos critérios estabelecidos pela metodologia adotada. Para a técnica *Delphi* admite-se que um número em torno de dez a quinze respondentes já seria capaz de retornar um conjunto de informações válidas (DELBECQ *et al.*, 1975 *apud* HSU; SANDFORD, 2007).

Ao todo, foram convidados 24 especialistas que atendiam aos critérios para seleção dos respondentes (tabela 24). Obtivemos a participação de respondentes pertencentes a todos os perfis considerados para pesquisa (especialistas ligados à academia, indústria e governo). O Gráfico 4 resume a distribuição dos respondentes convidados e participantes, por tipo de perfil considerado.

Como pode ser observado, a distribuição inicial (42% Academia, 42% Indústria e 16% Governo) foi desbalanceada, devido a maior adesão dos especialistas pertencentes à academia (55% do total na primeira rodada e 60% do total na 2ª rodada), seguido daqueles pertencentes às instituições governamentais e de entidades de classe (36% do total da primeira rodada e 40% da segunda rodada), ficando os especialistas da indústria com o percentual mais modesto de participação (9% na primeira rodada e 0% na segunda). Quando avaliamos a participação relativa dos especialistas do governo, o percentual torna-se muito expressivo (100% do total convidado na primeira rodada e 50% na segunda).

**Gráfico 4 – Distribuição dos respondentes por perfil**



Fonte: elaboração própria.

No total, dos 24 convidados, 11 responderam à 1ª rodada (46%) e 5 à 2ª rodada (21%), apesar da sensível diminuição os índices estão dentro da normalidade quando considerados os números encontrados na literatura, como em DELBECQ *et al.* (1975 apud HSU; SANDFORD, 2007). Cabe destacar que o envio dos questionários coincidiu com um período pouco favorável que abrangeu o recesso de final de ano e de carnaval.

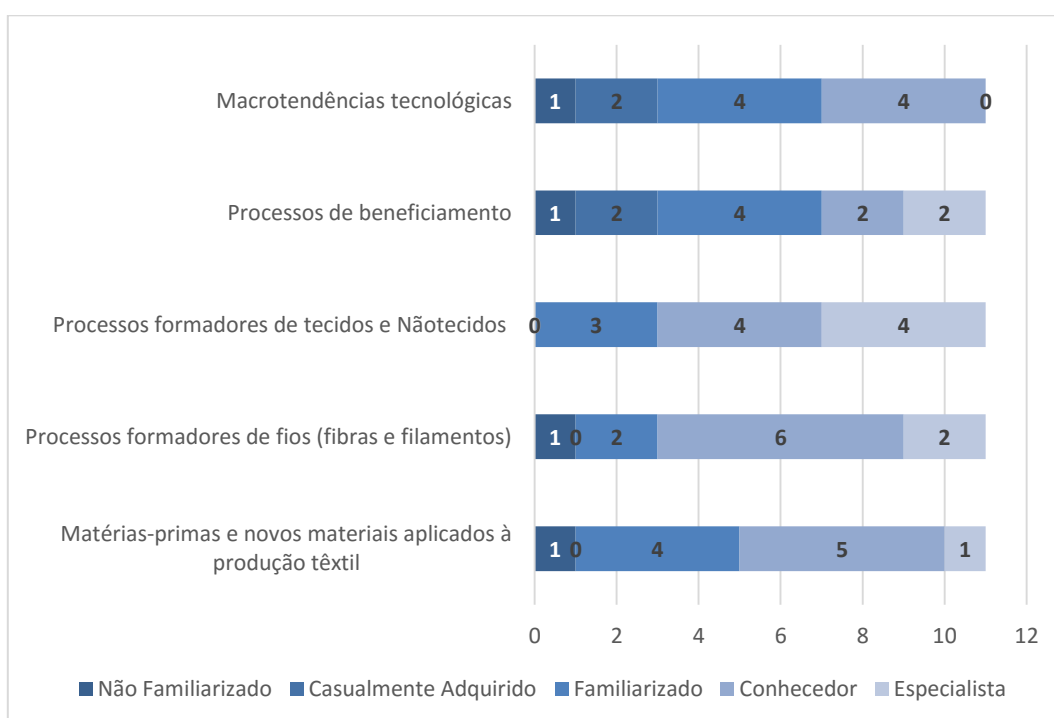
No que diz respeito à origem dos respondentes, tivemos representantes dos setores público e privado: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), Associação Brasileira da Indústria de Não-tecidos e Tecidos Técnicos (ABINT), Instituto de Pesos e Medidas (IPEM) - Paraná, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) - Rio de Janeiro e São Paulo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR), Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) e Altenburg Indústria Têxtil.

Ao início de cada bloco tecnológico, os respondentes fizeram auto avaliação, sobre seu nível de conhecimento, numa escala de cinco opções, assim designadas: não familiarizado, casualmente adquirido, familiarizado, conhecedor e especialista. O gráfico 5 sintetiza a distribuição dos respondentes pelo seu grau de conhecimento em cada um dos blocos tecnológicos considerados na pesquisa.



Cabe ainda destacar que para as áreas de oportunidade tecnológica: 1) Matérias-primas e novos materiais aplicados à produção têxtil; 2) Processos formadores de fios (fibras e filamentos); 3) Processos formadores de tecidos e Não tecidos e 4) Processos de beneficiamento, só foram consideradas as respostas daqueles que se denominaram especialistas, conhecedores ou familiarizados com o assunto em questão. Apenas na área de oportunidade tecnológica: 5) Macrotendências tecnológicas, foram consideradas todas as respostas em função das tecnologias avaliadas apresentarem características de natureza abrangente e interdisciplinar.

**Gráfico 5 – Distribuição dos respondentes por nível de conhecimento**

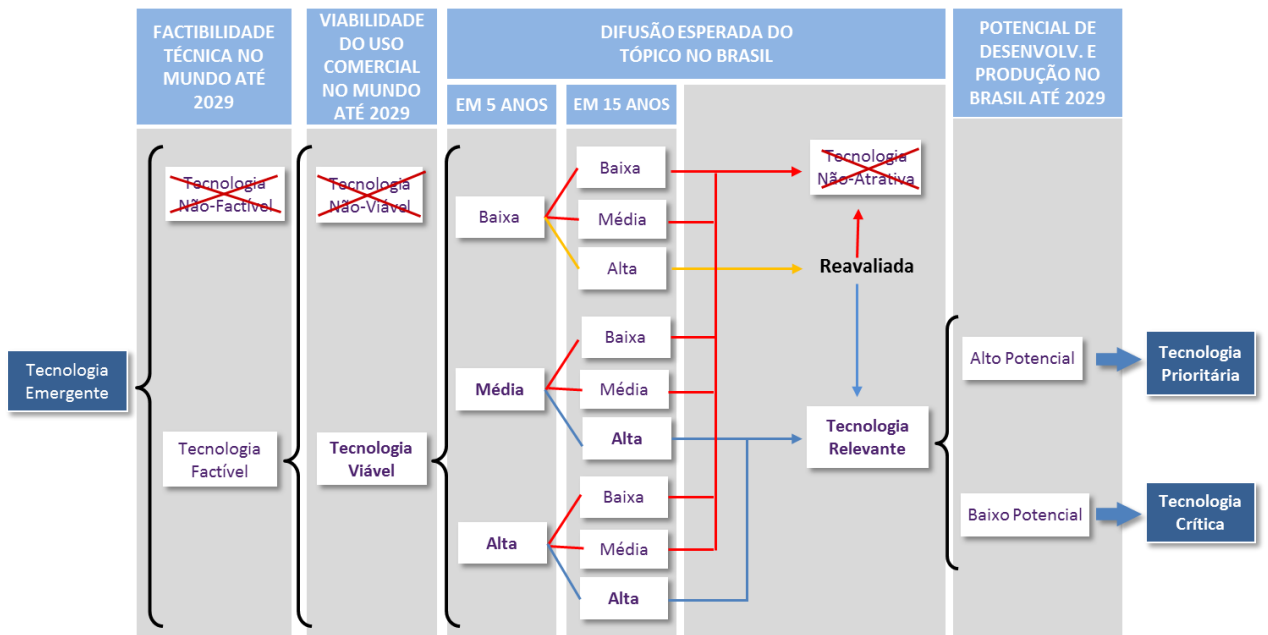


Fonte: elaboração própria.

### 5.2.2) Classificação das Tecnologias

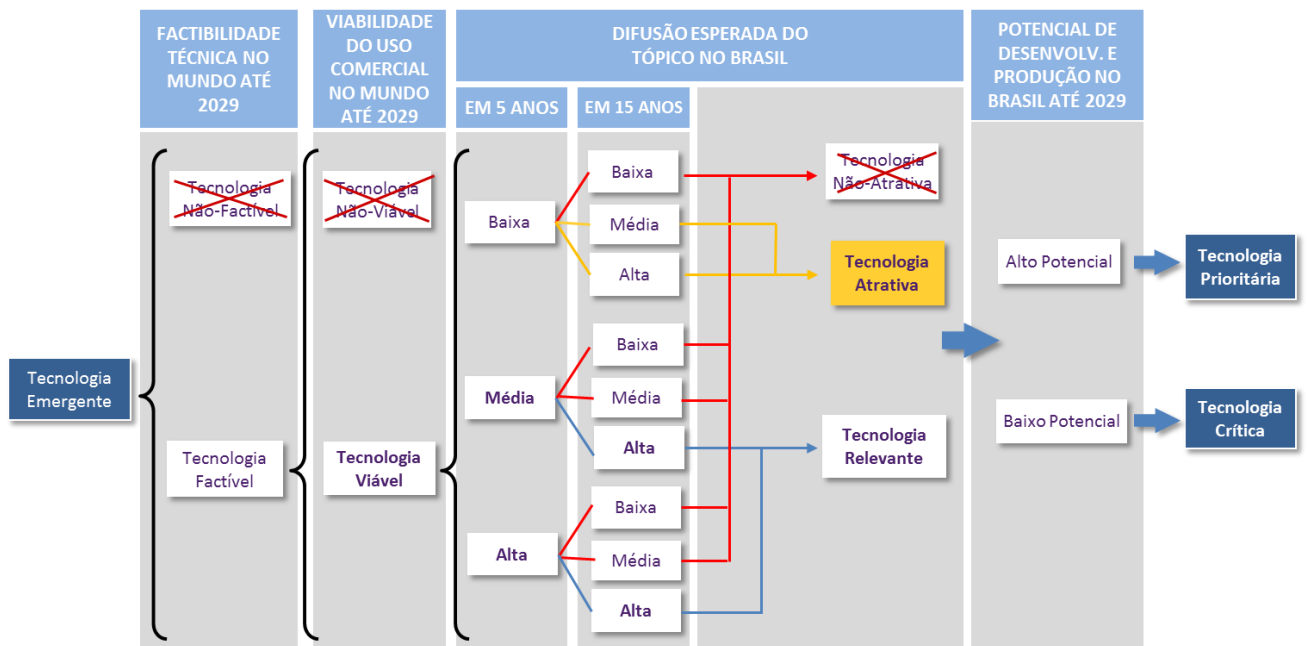
Para classificação das tecnologias foram adotados os conceitos da metodologia PDTS-IBKER (KUFPER *et al*, 2011), cuja sistemática de categorização é ilustrada na figura 10 (a). Entretanto, a não formação de um comitê técnico (no âmbito deste trabalho) para reavaliação das tecnologias consideradas de baixa difusão nacional nos próximos 5 anos e de média/alta difusão nos próximos 15 anos (caso de 60% das tecnologias) fez com que criássemos mais uma categoria para classificação denominada **tecnologia atrativa**, em destaque (amarelo) na figura 10 (b).

(a)



Fonte: ABDI, ([201-?]).

(b)



Fonte: adaptado de ABDI, ([201-?]).

**Figura 10:** Representação das seqüências adotadas para classificação das tecnologias emergentes: (a) segundo a metodologia do Projeto PDTS IBKER (KUFPER *et al*, 2011) e (b) metodologia aplicada a este trabalho (após adaptação sugerida).

Uma outra adaptação proposta foi a de estender para as tecnologias atrativas a classificação<sup>23</sup> que as diferencia entre críticas e prioritárias, semelhante ao adotado para as tecnologias relevantes (detalhe que aparece ilustrado na figura 10 (b)).

Por fim, na tabela 25 são descritos os conceitos para classificação das tecnologias emergentes utilizados neste trabalho.

**Tabela 25** – Conceitos adotados para classificação das tecnologias emergentes, após adaptação.

Nível	Classificação da Tecnologia	Conceito
Mundo	<b>Tecnologias Emergentes</b>	São tecnologias em desenvolvimento ainda em fase pré-comercial ou recentemente introduzidas no mercado, mas pouco utilizadas;
	<b>Tecnologias Tecnicamente Factíveis</b>	São tecnologias emergentes viáveis de serem produzidas diante do atual estado da arte nos próximos 15 anos no mundo;
	<b>Tecnologias Viáveis Comercialmente</b>	São tecnologias emergentes com custo benefício comercial viável num horizonte de 15 anos comparadas a outras tecnologias concorrentes ou por suas próprias características;
Brasil	<b>Tecnologias Não-Atrativas</b>	São as tecnologias emergentes, com factibilidade técnica e viabilidade comercial no mundo em até 15 anos, mas com baixo potencial de difusão no Brasil nos próximos 15 anos;
	<b>Tecnologias Atrativas</b>	São as tecnologias emergentes, com factibilidade técnica e viabilidade comercial no mundo em até 15 anos e com alto potencial de difusão no Brasil nos próximos 15 anos;
	<b>Tecnologias Relevantes</b>	São tecnologias emergentes, com factibilidade técnica e viabilidade comercial no mundo em até 15 anos e com elevada difusão esperada no Brasil em 5 anos e em 15 anos;

Fonte: Adaptado de ABDI, ([201-?]).

Os critérios usados para classificação das tecnologias emergentes analisadas obedeceram a seguinte métrica:

<sup>23</sup> Esta classificação leva em consideração o potencial de desenvolvimento e produção da tecnologia em nível nacional.

**Tabela 26** – Critérios adotados para categorização das tecnologias emergentes.

<b>Natureza da Tecnologia</b>	<b>Critério</b>
<b>Tecnologia Factível</b>	A tecnologia é considerada factível quando no mínimo 70% dos respondentes tenham esta opinião;
<b>Tecnologia Viável</b>	A tecnologia é considerada viável quando 70% dos especialistas tenham esta opinião;
<b>Tecnologia Não Atrativa</b>	Aquela em que menos de 70% dos especialistas consideram que terá difusão média/alta no Brasil nos próximos 15 anos;
<b>Tecnologia Atrativa</b>	Aquela em que mais de 70% dos especialistas consideram que terá difusão média/alta no Brasil nos próximos 15 anos;
<b>Tecnologia Relevante</b>	Quando, simultaneamente, mais de 70% dos especialistas consideram que a tecnologia deve ser difundida em média / alta escala no Brasil os próximos 5 anos e mais de 50% dos especialistas consideram que a tecnologia deve ser difundida em alta escala nos próximos 15 anos;
<b>Tecnologia Atrativa /Relevante - Prioritária</b>	Quando de 50% dos especialistas acreditam que a tecnologia tem alto potencial de produção no Brasil;
<b>Tecnologia Atrativa /Relevante - Crítica</b>	Quando mais de 50% dos especialistas acreditam que a tecnologia tem baixo potencial de produção no Brasil;

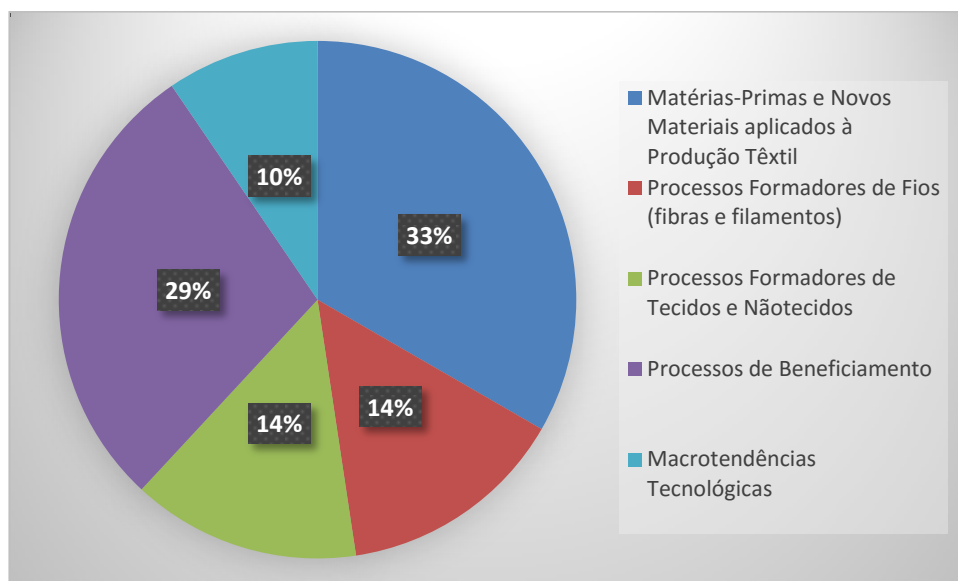
Fonte: Adaptado de ABDI, ([201-?]).

Para efeito desta dissertação, será dada prioridade para identificação das tecnologias consideradas atrativas e relevantes no contexto nacional. A classificação final das tecnologias emergentes, sob a forma de frequência relativa, é disponibilizada no Anexo 2.

### **5.2.3) Tendências Tecnológicas para o setor**

Todos os especialistas convidados tiveram a oportunidade de avaliar cada uma das 42 tecnologias emergentes identificadas. Desse total, 14 (33%) tecnologias vinculavam-se à área de oportunidade tecnológica: matérias-primas e novos materiais aplicados à produção têxtil; 6 (14%) à área de oportunidade tecnológica: processos formadores de fios (fibras e filamentos); 6 (14%) aos processos formadores de tecidos e Não tecidos; 12 (29%) eram relacionadas aos processos de beneficiamento e 4 (10%) referentes às macrotendências tecnológicas.

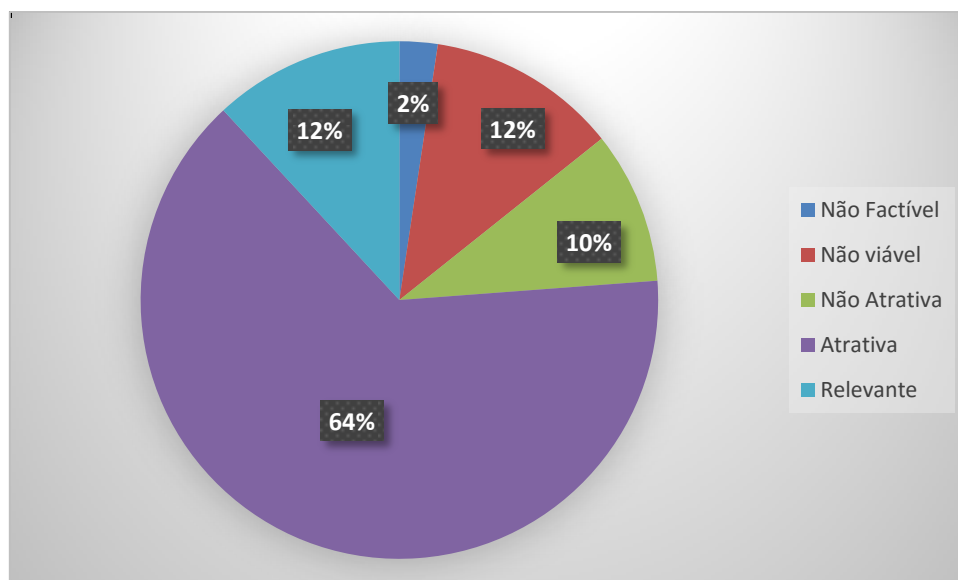
**Gráfico 6** – Percentual de tecnologias por área de oportunidade tecnológica



Fonte: elaboração própria.

Dentre as 42 tecnologias emergentes avaliadas, 1 (2%) foi considerada como sendo tecnicamente não factível, 5 (12%) não viáveis comercialmente, 4 (10%) não atrativas, 27 (64%) atrativas e 5 (12%) relevantes, conforme ilustrado pelo gráfico 7.

**Gráfico 7** – Percentual de tecnologias por classificação

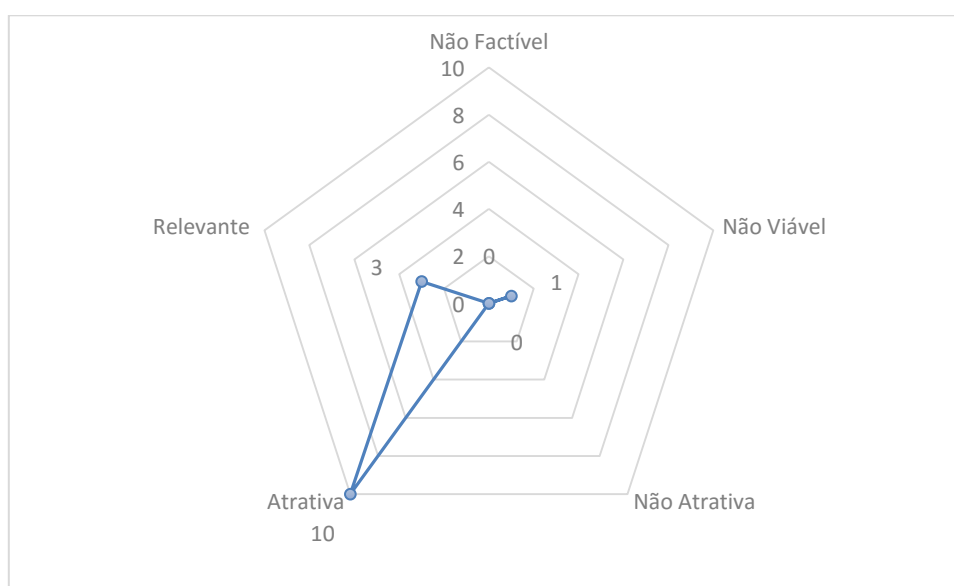


Fonte: elaboração própria.

### 5.2.3.1) Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

Dentre as 14 linhas tecnológicas apreciadas, 10 foram consideradas atrativas (71,5%), 3 relevantes prioritárias (21,5%) e 1 não viável (7%), como demonstrado no gráfico 8. A avaliação indica que a aplicação de novos materiais/matérias-primas terá grande relevância para o segmento nacional, tendência também observada em nível global.

**Gráfico 8** – Classificação das tecnologias emergentes associadas às matérias-primas e novos materiais aplicados à produção têxtil



Fonte: elaboração própria.

Ficou clara a relevância que o emprego de novos materiais (sob a forma de materiais fibrosos, aditivos ou insumos) têm para substituição dos materiais tradicionais a fim de obter produtos têxteis com performance diferenciada, prova disso é a inexistência de tecnologias consideradas não atrativas.

Foram declaradas tecnologias relevantes (com alta difusão esperada para os próximos 5 e 15 anos): a utilização de materiais com memória de forma, condutivos e reciclados. Pelo menos dois motivos contribuiriam para este resultado: o domínio sobre as tecnologias de produção destes materiais terem um certo grau de maturidade (datando das décadas de 70 e 80) e pelo atual emprego destes (em nível mundial) na elaboração de uma variedade de tecidos e artigos de vestuário de alto desempenho, com aplicações nas áreas: de proteção (civil e militar), industrial (elétrica e eletrônica), esporte (formação esportiva) e saúde (reabilitação). Entre as três tecnologias, o destaque ficou para os materiais reciclados, cujo nível de consenso obtido a respeito do grau de difusão

e da capacidade nacional de desenvolvimento e produção foi o mais alto dentre os três (inclusive dentre todas as tecnologias emergentes apreciadas). Isto indica uma forte valorização de questões ligadas à redução do impacto ambiental (reaproveitamento de resíduos) e da sua influência como um importante vetor de inovação e desenvolvimento industrial.

Dentre as tecnologias atrativas (com alta difusão esperada para os próximos 15 anos) estão os materiais com mudança de fase, os materiais crômicos e as fibras têxteis biodegradáveis/renováveis (obtidos por processos de biossíntese). Pressupõe-se que o país detenha potencial de desenvolvimento e produção destas tecnologias num prazo de 15 anos. Diferentemente do que ocorreria com os metamateriais, materiais auxéticos, materiais piezoelétricos, nanotubos de carbono e a biossíntese de nanofibras de celulose (por fermentação), também consideradas tecnologias atrativas, mas cujo potencial de desenvolvimento e produção nacionais para os próximos 15 anos foi considerado inexistente. Isto poderia ser explicado pelo fato de se tratar de materiais considerados de vanguarda, que demandam alta complexidade tecnológica para seu desenvolvimento e produção e cujo leque de aplicações necessita ser mais explorado/explotado.

O uso de corantes naturais para produção de materiais têxteis fotovoltaicos flexíveis (células solares orgânicas capazes de converter a energia dos fótons em energia elétrica) foi a única tecnologia considerada comercialmente não viável. Embora o uso de novas formas de energia (em especial as renováveis) venha impulsionando a pesquisa e o desenvolvimento de baterias tecnologicamente avançadas, notamos que o desenvolvimento de sistemas têxteis para geração e armazenamento de energia, capazes de substituir as baterias atualmente existentes, ainda se apresentaria como um gargalo tecnológico para os próximos anos.

Observamos ainda que, para os casos em que o emprego de novos materiais possa ocorrer em distintas fases do processo produtivo dos têxteis técnicos (formação de fios, tecidos, não tecidos ou beneficiamento), sempre foram considerados com maior potencial de difusão a aplicação dos novos materiais sob a forma de insumos químicos<sup>24</sup>. Esta prevalência pelo uso de novos insumos químicos poderia estar associada aos menores custos de mudança envolvidos na adoção destas inovações.

De modo geral, percebemos que a Indústria química e a Indústria de polímeros seriam capazes de beneficiar-se das tecnologias associadas às matérias-primas e novos

---

<sup>24</sup> Produtos químicos (corantes, pigmentos e auxiliares têxteis) capazes de prover a funcionalização dos têxteis durante o processo de beneficiamento.

materiais aplicados à produção têxtil. Seja pela oferta de insumos químicos tecnologicamente melhorados (corantes, pigmentos e auxiliares têxteis) ou pela oferta de polímeros diferenciados, capazes originar fibras e filamentos tecnologicamente avançados.

Abaixo segue o resumo da classificação das tecnologias emergentes relativas à área de oportunidade tecnológica matérias-primas e novos materiais aplicados à produção têxtil:

### **Tecnologia relevante**

- **Prioritária** - materiais com memória de forma (2<sup>25</sup>); materiais condutivos (5) e reciclados (10), com destaque para este último, considerado como o de maior grau de difusão e potencial de desenvolvimento e produção nacional, destacando assim a importância do tema meio ambiente como vetor de desenvolvimento setorial.

### **Tecnologia atrativa**

- **Prioritária** - materiais de mudança de fase (1), materiais crômicos empregados na produção de fibras e de insumos químicos (3 e 4) e a biossíntese de fibras têxteis biodegradáveis/renováveis (11).
- **Crítica** - integram esta categoria os metamateriais empregados na fabricação de produtos e insumos têxteis (8 e 9), materiais auxéticos (7), materiais piezoelétricos (6), nanotubos de carbono (13) e a biossíntese de nanofibras de celulose (12). Sobre estas tecnologias julga-se que o Brasil ainda não possuirá competência científica, tecnológica e de base industrial que garanta seu efetivo potencial de desenvolvimento e produção.

**Tecnologia não viável comercialmente** – uso de corantes naturais, aplicados à produção de fibras capazes de conceber artigos têxteis fotovoltaicos (14).

A tabela 27 sintetiza os números encontrados e apresenta os dados desagregados das tecnologias consideradas relevantes e críticas.

---

<sup>25</sup> Esta é a numeração sequencial atribuída a cada tecnologia emergente, facilitando sua recuperação junto a Tabela 22.



**Tabela 27** - Total tecnologias emergentes por categoria -  
Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

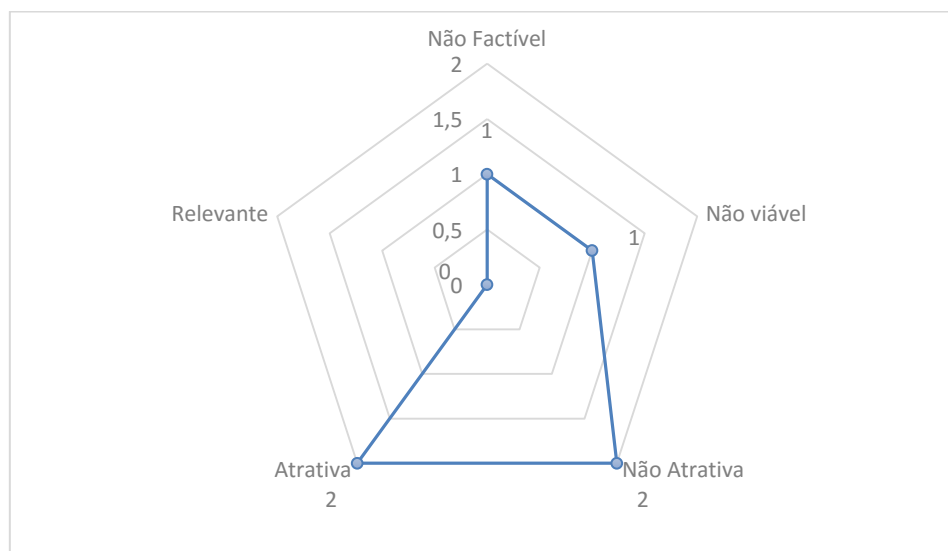
Categoria	Nº. de Ocorrências	Frequência
Não factível	0	0%
Não viável	1	7%
Não atrativa	0	0%
Atrativa	10	71,5%
Prioritária	4	
Crítica	6	
Relevante	3	21,5%
Prioritária	0	
Crítica	3	
Total	14	100%

Fonte: elaboração própria.

### 5.2.3.2) Processos Formadores de Fios (Fibras e Filamentos)

Nesta área nenhuma tecnologia foi considerada relevante. Como podemos observar no gráfico 9, 2 tecnologias foram consideradas atrativas por seu alto grau de difusão em 15 anos (33%), 2 consideradas não atrativas (33%), 1 tecnologia foi considerada não viável (17%) e 1 não factível (17%).

**Gráfico 9** – Classificação das tecnologias emergentes associadas aos Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)



Fonte: elaboração própria.

Dentre as tecnologias associadas aos processos formadores de fibras/filamentos e fios, somente o uso de sistemas de simulação virtual para produção de fios e o processo de eletrofiação foram considerados atrativos (com alta difusão esperada para

os próximos 15 anos), sendo que, para este último, julga-se necessário investir no desenvolvimento de competência científica, tecnológica e de base industrial brasileira, tida pelos especialistas como deficitária. Era de se esperar que nesta área poucas linhas tecnológicas apresentassem alto potencial de difusão. O que estaria relacionado ao fato da Indústria têxtil nacional, em sua trajetória histórica, ter sido tecnologicamente e culturalmente muito ligada à utilização de fibras naturais, especificamente a fibra de algodão. Outra questão que corrobora para esta avaliação é sua natureza inovativa ser fortemente dependente da aquisição de tecnologias incorporadas em máquinas e equipamentos, cuja concepção se dá prioritariamente fora do país.

De fato, os respondentes pontuaram que as fibras manufaturadas oferecem grande espaço para pesquisa e desenvolvimento na geração de novas fibras e suas aplicações. Entretanto, a existência de poucos fabricantes de fibras manufaturadas no país (e que em sua maioria são de origem estrangeira) reduz as chances da realização de pesquisa e produção genuinamente nacionais daqueles produtos e insumos avaliados.

O processo de fiação magnética (para produção de nanofibras) e da co-extrusão (para produção de filamentos multicomponentes), foram consideradas tecnologias não-atrativas (com baixo potencial de difusão nos próximos 15 anos). Esperava-se que estas tecnologias fossem consideradas atrativas ou relevantes, a exemplo da eletrofiação, em função da larga aplicabilidade que as nanofibras e os filamentos obtidos a partir destas tecnologias têm (médica, industrial, de proteção, transporte, etc).

Por outro lado, a fiação gel foi julgada uma tecnologia comercialmente não viável, o que seria justificado pelo fato de ser uma tecnologia com operacionalidade relativamente complexa, o que ainda compromete sua viabilidade econômica.

O uso da engenharia genética aplicada à produção de filamentos de seda com propriedades significativamente melhoradas foi considerado não factível. Entretanto, a literatura registra a produção (em escala laboratorial) de tais filamentos – a tecnologia, portanto é factível, poderia não ser comercialmente viável. Isto indica o desconhecimento do assunto por parte dos painelistas, reforçando a ideia do baixo nível de circulação nacional de informações ligadas ao segmento dos têxteis técnicos.

Por fim, podemos salientar que as fibras manufaturadas compõem a base de uma multiplicidade de produtos têxteis diferenciados. Tais fibras são elementos-chave para o crescimento de outros setores inovadores como a indústria automobilística, fabricantes de dispositivos médicos, engenharia civil e mecânica, indústria aeronáutica e espacial.

A seguir, apresentamos o resumo da classificação das tecnologias emergentes relacionadas aos processos de produção de fios/fibras e filamentos:

**Tecnologia não factível tecnicamente** - uso da engenharia genética aplicada à manipulação do bicho da seda para produção de filamento de seda artificial com propriedades físicas significativamente melhoradas (18).

**Tecnologia não viável comercialmente** - O processo de fiação gel (16), para produção de fibras com elevado nível de orientação molecular e alta performance, foi considerada uma tecnologia não viável.

#### **Tecnologia atrativa**

- **Prioritária** - o uso de sistemas de simulação virtual (CAD/CAM) de apoio à produção de fios (20)
- **Crítica** - processo de eletrofiação (15), para produção de nanofibras.

**Tecnologia não atrativa** - fiação magnética para produção de nanofibras (17) e da co-extrusão (19) para produção de filamentos multicomponentes

Os dados desagregados das tecnologias relevantes e críticas estão contidos na tabela 28.

**Tabela 28** - Total de tecnologias emergentes por categoria - Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

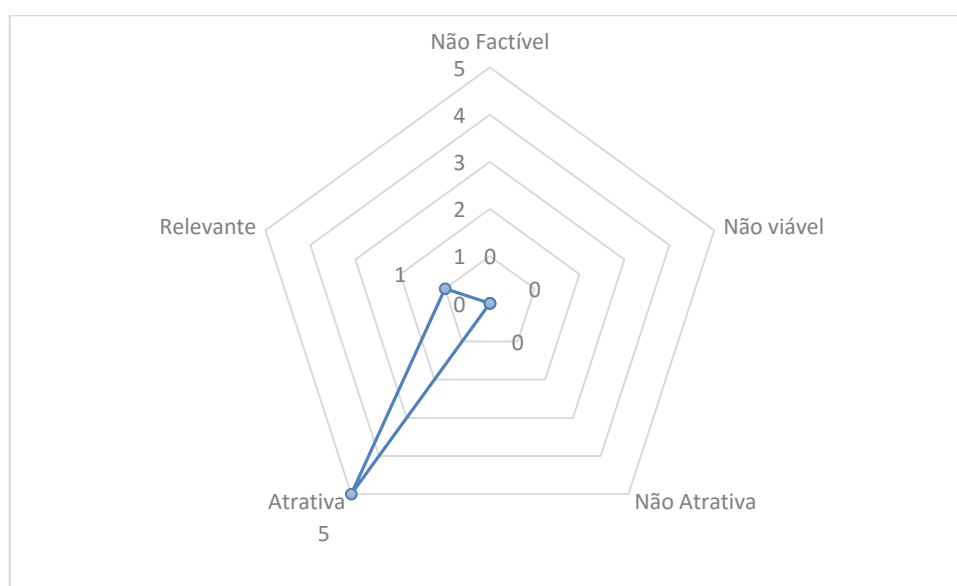
<b>Categoria</b>	<b>Nº. de Ocorrências</b>	<b>Frequência</b>
Não factível	1	17%
Não viável	1	17%
Não atrativa	2	33%
Atrativa	2	33%
Prioritária	1	
Crítica	1	
Relevante	0	0%
Prioritária	0	
Crítica	0	
Total	6	100%

Fonte: elaboração própria.

### 5.2.2.3) Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos

A esta área de oportunidade tecnológica, vinculam-se os desenvolvimentos associados aos processos de fabricação de tecidos (plano e de malha) e de não tecidos. Dentre as 6 tecnologias analisadas, 5 foram consideradas atrativas (83%) e 1 considerada relevante prioritária (17%). Como pode ser observado no gráfico 10, nenhuma tecnologia foi considerada não atrativa, não viável ou não factível.

**Gráfico 10** – Classificação das tecnologias emergentes associadas aos Processos Formadores Tecidos e Não tecidos



Fonte: elaboração própria.

No que se refere aos processos formadores de tecidos e não tecidos, o emprego de fibras de alta performance<sup>26</sup> é apontado como uma tendência tecnológica relevante (alta difusão esperada para os próximos 5 e 15 anos). Um ponto que pode ser destacado como estimulador na adoção de tal tecnologia é o fato de que sua incorporação aos processos de formação de tecidos e não tecidos alarga consideravelmente a produção de têxteis técnicos a um baixo custo de mudança (pela não necessidade de aquisição de novas máquinas e equipamentos para processamento destes materiais).

No entanto, a disponibilização das fibras de alta performance pode representar um gargalo tecnológico se levarmos em consideração o fato da Indústria têxtil brasileira ser muito voltada tecnológica e culturalmente à utilização de fibras naturais, importando cerca de 1/3 das fibras manufaturadas (sintéticas e artificiais) atualmente consumidas. Mantendo-se tal tendência, o emprego destas fibras seria dependente de importações, o

<sup>26</sup> Fibras (geralmente poliméricas e inorgânicas) com resistência térmica, química e alta tenacidade.

que poderia dificultar o acesso a esta classe de materiais e restringir a produção de uma variedade de TT. Caberia refletir sobre a necessidade/viabilidade, ou não, da criação de competência nacional na cadeia de produtores de fibras químicas para fabricação de tais fibras, seja através de licenciamento da tecnologia ou pela atração de investimentos por parte das empresas multinacionais atuantes no país. A exemplo do que ocorreu com a multinacional RacidiGroup, que anunciou em 2014 o início da operação de produção de fibras técnicas especiais e de precursores da fibra de carbono na planta de São José dos Campos em substituição à produção de fibra acrílica (BERGAMINI, 2014).

As tecnologias consideradas atrativas (com alta difusão esperada para os próximos 15 anos), foram: tecelagem 3D para fabricação de têxteis multicamadas, sistemas de simulação virtual das propriedades físico-mecânicas das estruturas têxteis, a utilização de nanofibras para produção de materiais têxteis, impressoras 3D na produção de estruturas têxteis e a tecnologia *seamless* para fabricação de tecidos de malha.

Dentre estas, o uso das nanofibras com propriedades multifuncionais avançadas, da tecelagem 3D e dos sistemas de simulação virtual na produção de TT (tecidos e não tecidos), foram considerados com alto potencial nacional de desenvolvimento e produção, nos próximos 15 anos (tecnologias atrativas prioritárias). Todavia, acredita-se que o Brasil não possuirá competências científicas, tecnológicas e de base industrial para o desenvolvimento das tecnologias de impressão 3D e *seamless* na produção de têxteis técnicos (tecnologias atrativas críticas). O que de certa forma é surpreendente, pois a tecnologia *seamless* é empregada atualmente pela indústria têxtil tradicional na produção de artigos diversos, como: roupa íntima (*underwear*), roupa exterior (*outwear*), roupa de dormir (*sleepwear*), roupa esportiva (*sportswear*), modeladores (*shapewear*) e meias.

Sabemos que as tecnologias *seamless* e de impressão 3D são capazes de satisfazer às exigências dos consumidores do ponto de vista estético e funcional. E isto pode ser obtido através da exploração do binômio: alargamento da capacidade produtiva de estruturas têxteis diferenciadas (novas padronagens) *versus* utilização de diferentes matérias-primas em áreas predeterminadas do tecido.

Ainda há que se destacar que a difusão de tais tecnologias também sofre influência de um conjunto de fatores externos e estruturais, tais como: condição atrativa de aquisição da tecnologia (máquinas, equipamentos), acesso a matérias-primas diferenciadas (fibras e fios), além da oferta de capacitação tecnológica aos profissionais técnicos que atuam no segmento (mão de obra qualificada).

O resumo com a classificação das tecnologias emergentes associadas aos processos de produção de tecidos e não tecidos é listado abaixo.

#### **Tecnologia relevante**

- **Prioritária** - O uso de fibras de alta performance para formação dos tecidos/Nãotecidos (22).

#### **Tecnologia atrativa**

- **Prioritária** - Foram consideradas a tecnologia de tecelagem 3D (23); os sistemas de simulação virtual de propriedades físico-mecânicas das estruturas têxteis multifuncionais (26); utilização de nanofibras na produção de materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas (21);
- **Crítica** - impressoras 3D na produção de estruturas têxteis (24) e tecnologia *seamless* aplicada ao *design* e fabricação de tecidos de malha (25).

A tabela a seguir resume os números encontrados e detalha dados desagregados das tecnologias relevantes e críticas.

**Tabela 29** - Total de tecnologias emergentes por categoria  
Processos Formadores de Tecidos e Nãotecidos

<b>Categoria</b>	<b>Nº. de Ocorrências</b>	<b>Frequência</b>
Não factível	0	0%
Não viável	0	0%
Não atrativa	0	0%
Atrativa	5	83%
Prioritária	3	
Crítica	2	
Relevante	1	
Prioritária	1	17%
Crítica	0	
Total	6	100%

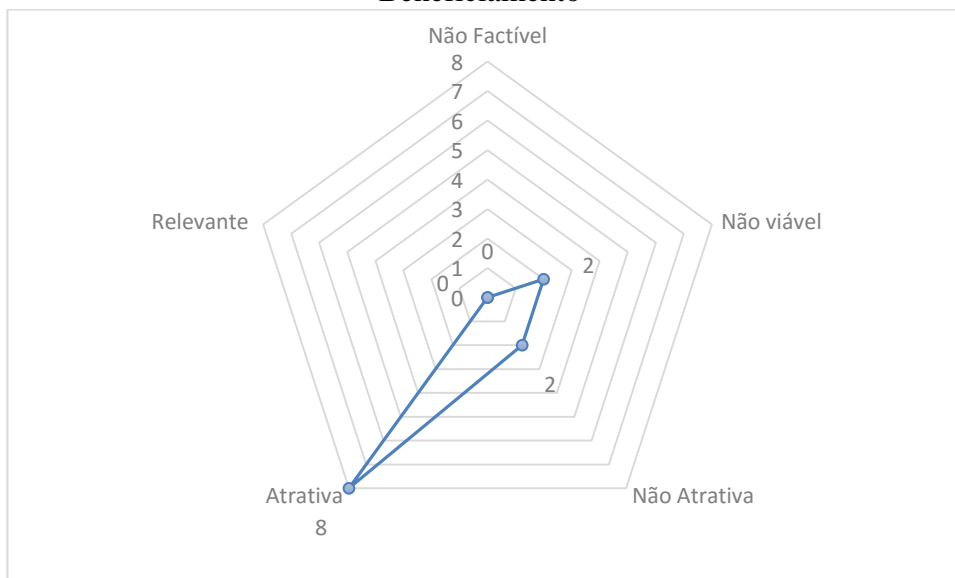
Fonte: elaboração própria.

#### **5.2.3.4) Processos de Beneficiamento**

Esta área de oportunidade tecnológica encerra ao todo 12 tecnologias emergentes, deste total 8 foram consideradas atrativas (66%), 2 não atrativas (17%) e mais 2 não viáveis comercialmente (17%). Como observado no gráfico 11, nenhuma

tecnologia foi classificada como relevante (crítica / prioritária) ou tecnicamente não factível.

**Gráfico 11** – Classificação das tecnologias emergentes associadas aos Processos de Beneficiamento



Fonte: elaboração própria.

Na área de oportunidade tecnológica que compreende os processos de beneficiamento têxtil, foram consideradas tecnologias atrativas (com alta difusão esperada para os próximos 15 anos): revestimento, eletroluminescência, microencapsulação, nanomateriais, plasma, impressão jato de tinta, eletrodeposição e laminação. Sendo que esta última foi a única tecnologia para qual julgou-se que o Brasil não terá base industrial, científica e tecnológica de desenvolvimento e produção (tecnologia atrativa crítica). Para todas as demais acredita-se que, nos próximos 15 anos, o país terá alto potencial de desenvolvimento e produção (tecnologias atrativas prioritárias).

Por sua vez, as tecnologias de ultrassom e laser, capazes de criar efeitos funcionais às superfícies têxteis (repelência, adsorção e deposição de micro e nano partículas), eliminando a geração de resíduos, foram considerados com baixa difusão para os próximos 15 anos (tecnologias não atrativas)

Além disso, as tecnologias de deposição polimérica *in situ*, para aplicação dos agentes de funcionalização têxtil de modo minucioso, uniforme e preciso, e a de efeito lenticular, para produção de materiais têxteis com efeitos óticos, foram classificadas como comercialmente não viáveis. O pode ser explicado em função do alto grau de

especificidade dos produtos gerados (materiais têxteis com efeitos óticos) ou da complexidade tecnológica requerida, que ainda tornaria preferível a adoção de tecnologias similares (por exemplo: a polimerização *in situ* poderia, em certo grau, ser substituída pela tecnologia de eletrodeposição ou de impressão).

De modo geral, o conjunto de tecnologias consideradas atrativas referem-se à processos de funcionalização têxtil versáteis, ambientalmente amigáveis (que prevê o uso eficiente de recursos/insumos e a redução dos resíduos gerados), flexíveis e apropriados à produção de pequenas séries. Por estarem incorporadas aos insumos químicos e equipamentos têxteis, sua difusão demandará desenvolvimentos tecnológicos liderados por estas indústrias (química e de máquinas e equipamentos).

Torna-se evidente que o espectro de ação dos TT obtidos a partir das tecnologias emergentes associadas aos processos de beneficiamento pode se estender aos mais diversos setores econômicos, indo da área médica, de proteção e calçadista (têxteis funcionais) até o setor de transportes, em especial as indústrias automobilística e aeronáutica, que utilizam componentes estruturais à base de materiais compósitos (laminados têxteis).

Abaixo, segue a classificação das tecnologias emergentes associadas aos processos de beneficiamento.

**Tecnologia não viável comercialmente** – deposição polimérica *in situ* (33) e tecnologia de efeito lenticular (37).

**Tecnologia não atrativa** - uso da tecnologia de ultrassom, aplicada aos processos de beneficiamento em nanoescala, tais como nanotingimento, nanoimpressão, nanoacabamento (34) e uso do laser, aplicado ao processo de beneficiamento têxtil (35).

#### **Tecnologia atrativa**

- **Prioritária** - técnicas de microencapsulação (31), nanomateriais aplicados aos insumos químicos (27), tecnologia de revestimento (30), uso do plasma para o beneficiamento têxtil (28), uso da eletroluminescência (38), técnica de eletrodeposição (32), tecnologia de impressão jato de tinta (36).
- **Crítica** - tecnologia de laminação (29).



Os dados desagregados das tecnologias relevantes e críticas estão contidos na tabela abaixo.

**Tabela 30** - Total de tecnologias emergentes por categoria  
Processos de Beneficiamento

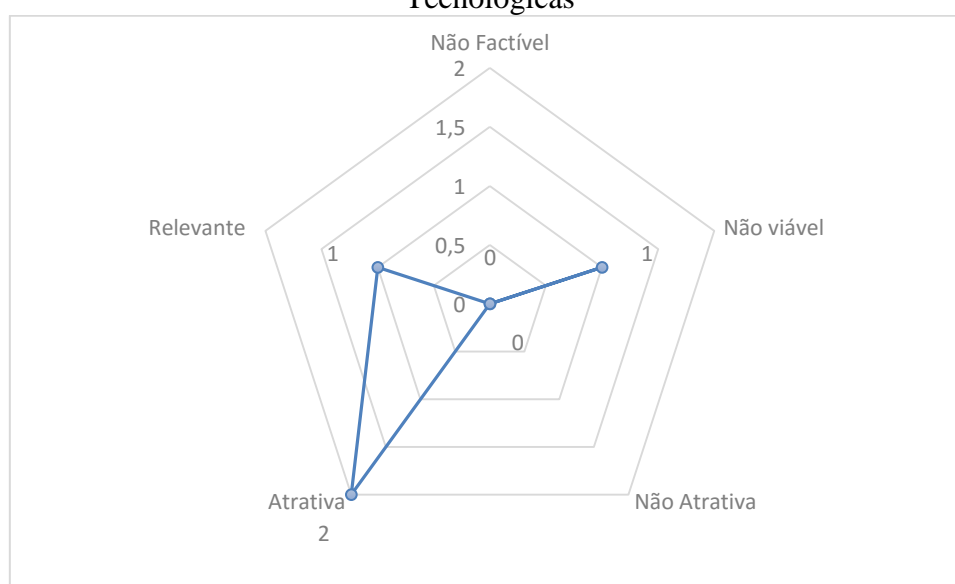
Categoria	Nº. de Ocorrências	Frequência
Não factível	0	0%
Não viável	2	17%
Não atrativa	2	17%
Atrativa	8	66%
Prioritária	7	
Crítica	1	
Relevante	0	0%
Prioritária	0	
Crítica	0	
Total	12	100%

Fonte: elaboração própria.

#### 5.2.3.5) Macrotendências Tecnológicas

Dentre as 4 macrotendências tecnológicas analisadas, 2 foram consideradas atrativas prioritárias (50%), 1 relevante prioritária (25%) e 1 não viável (25%). Como vemos no gráfico 12, nenhuma tecnologia emergente foi considerada não atrativa ou não factível.

Gráfico 12 – Classificação das tecnologias emergentes associadas às Macrotendências Tecnológicas



Fonte: elaboração própria.

Em destaque, aparece o conceito de *eco design*, considerada uma macrotendência tecnológica relevante (com alto grau de difusão em 5 e 15 anos), o que reforça a ideia de que o *design* assumirá papel estratégico nas oportunidades de criação de valor em atendimento às exigências dos consumidores, inclusive no que diz respeito à minimização dos impactos na natureza (ABDI, 2010).

De forma abrangente, a nanotecnologia e as tecnologias de informação e comunicação foram consideradas atrativas (com alta difusão para os próximos 15 anos) e com significativo potencial de desenvolvimento nacional. Há o reconhecimento da competência que essas tecnologias têm a oferecer na agregação de funcionalidades aos produtos têxteis mais tradicionais. Pontuamos que o esforço direcionado ao desenvolvimento de competência científica, tecnológica e de base industrial brasileira, poderá beneficiar os vários elos da cadeia produtiva.

Muito embora haja iniciativas ligadas à biomimética, em nível mundial, para busca de soluções simples e inovadoras inspiradas pela natureza e de ações que contribuam com a sustentabilidade (DETANICO; TEIXEIRA; SILVA, 2010) esta tendência tecnológica não foi considerada comercialmente viável no contexto nacional, num espaço de 15 anos. Isso já era de se esperar pelo fato de se tratar de uma abordagem de concepção radicalmente nova (participativa e eticamente responsável), que demanda um considerável nível de organização e cooperação entre atores capazes de operar em um campo interdisciplinar. E para este tipo de processo colaborativo ainda não existiria uma rede de conhecimento devidamente estruturada.

Em seguida, apresentamos a síntese da classificação das tecnologias emergentes associadas às macrotendências tecnológicas.

**Tecnologia não viável comercialmente** - biomimética aplicada ao desenvolvimento de soluções na área de TT (41).

**Tecnologia atrativa**

- **Prioritária** - Nanotecnologia (40) e Tecnologia de Informação e Comunicação (39).

**Tecnologia relevante**

- **Prioritária** – Uso do conceito de *Eco Design* (42).

A tabela 31 sintetiza o panorama tecnológico esperado para o segmento brasileiro de têxteis técnicos nos próximos 15 anos.

A expectativa é de que o segmento adote a maioria (76,3%) das tecnologias emergentes avaliadas. Desse total, 64,3% foram consideradas atrativas e 12% consideradas relevantes, ou seja, a difusão de tais tecnologias se daria predominantemente no prazo de quinze anos (tecnologias atrativas).

Acredita-se ainda que o deterá competência científica, tecnológica e de estrutura industrial para o desenvolvimento e produção de 40,5% das tecnologias atrativas (prioritárias) e da totalidade das tecnologias consideradas relevantes. Assim sendo, o segmento estaria apto a, além de absorver, produzir e desenvolver algumas tecnologias emergentes já nos próximos 5 anos.

No rol de tecnologias atrativas, existe a representação de todas as áreas de oportunidade tecnológica, ao passo que, dentre as consideradas relevantes não. Fazem parte desta classe, tecnologias ligadas à três, das cinco áreas de oportunidade tecnológica: (i) matérias-primas e novos materiais aplicados à produção têxtil, (ii) processos formadores de tecidos e não tecidos e (iii) macrotendências tecnológicas – com destaque para o uso de novos materiais.

**Tabela 31** - Quadro-resumo com a classificação das tecnologias

---

**TECNOLOGIA NÃO FACTÍVEL**

---

Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

- Engenharia Genética (18);

---

**TECNOLOGIA NÃO VIÁVEL**

---

Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

- Corantes naturais (14);

Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

- Fiação gel – *gel spinning* (16);

Processos de Beneficiamento

- Deposição polimérica *in situ* (33);
- Tecnologia de efeito lenticular (37);

Macrotendências Tecnológicas

- Biomimética (41);

---

**TECNOLOGIA NÃO-ATRATIVA**

---

Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

- Fiação magnética - *magnet spinning* (17);
- Co-extrusão (19);

Processos de Beneficiamento

- Ultrassom (34);
  - Laser (35);
-

---

**TECNOLOGIA ATRATIVA**

---

## PRIORITÁRIA

## Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

- Materiais de mudança de fase (1);
- Materiais crômicos (3/4);
- Biotecnologia - biossíntese de biomassa animal e vegetal (11);

## Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

- Sistemas de simulação virtual (20);

## Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos

- Nanofibras (21);
- Tecelagem 3D (23);
- Sistemas de simulação virtual (26);

## Processos de Beneficiamento

- Nanomateriais funcionais (27);
- Plasma (28);
- Revestimento - *coating* (30);
- Microencapsulação (31);
- Eletrodeposição (32);
- Impressão jato de tinta (36);
- Eletroluminescência (38);

## Macrotendências Tecnológicas

- Tecnologia de Informação e Comunicação (39);
  - Nanotecnologia (40);
- 

## CRÍTICA

## Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

- Materiais piezoelétricos (6);
- Materiais auxéticos (7);
- Metamateriais (8/9);
- Uso da Biotecnologia - fermentação (12);
- Nanotubos de carbono (13);

## Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

- Eletrofiação - *electrospinning* (15);

## Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos

- Impressora 3D (24);
- Tecnologia *Seamless* (25);

## Processos de Beneficiamento

- Laminação (29);

---

**TECNOLOGIA RELEVANTE**

---

## PRIORITÁRIA

Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

- Materiais com memória de forma (2);
- Materiais condutivos (5);
- Materiais reciclados (10);

Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos

- Fibras de alta performance (22);

Macrotendências Tecnológicas

- *Eco Design* (42);

## CRÍTICA

Não houve ocorrências

---

Fonte: elaboração própria.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste estudo foi o de identificar, dentre um conjunto de tecnologias emergentes, aquelas de maior impacto futuro no segmento brasileiro de têxteis técnicos, a partir da elaboração da técnica *Delphi* de prospecção tecnológica. As conclusões aqui apresentadas visam relacionar os objetivos pretendidos com os resultados obtidos e para isso, dividiu-se este capítulo em dois tópicos. Primeiramente serão relatadas as principais conclusões e dificuldades encontradas no decorrer deste trabalho e em seguida são sugestões para novas pesquisas.

#### 6.1) Conclusões

O presente trabalho, caracterizado como um estudo exploratório, teve como objetivo central identificar tecnologias significativas para o segmento brasileiro de têxteis técnicos, pelo potencial de difusão, desenvolvimento e produção a elas associados. Como instrumento para o alcance deste objetivo, realizamos um ensaio de prospecção tecnológica.

Para tal, lançou-se mão de uma abordagem metodológica conduzida em dois momentos: (i) a identificação de um conjunto de tecnologias emergentes relacionadas ao segmento de TT e (ii) posterior levantamento das tendências tecnológicas para os diferentes elos que compõem o escopo deste segmento. A etapa de revisão bibliográfica contemplou o levantamento de informações que auxiliassem na detecção da metodologia de prospecção que mais se adequasse ao sistema estudado (segmento brasileiro de têxteis técnicos), na conceituação e delimitação dos materiais têxteis abrangidos pelo escopo deste trabalho.

Durante o processo de execução do estudo nos deparamos com um conjunto de ocorrências que trouxeram algumas limitações ao trabalho. O primeiro deles foi o fato de haver um número reduzido de materiais bibliográficos nacionais e internacionais (livros, relatórios, estatísticas, etc), relacionados ao segmento de TT, que estivessem à disposição para livre consulta, isto dificultou o levantamento de informações para revisão bibliográfica, bem como para identificação das tecnologias emergentes.

A versatilidade do segmento, não representada por um conjunto bem definido de códigos da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE, aliada à limitada

difusão de informações contribuíram para dificultar a identificação das empresas atuantes no segmento de TT e NT e, conseqüentemente, no estabelecimento de contato com profissionais capazes de contribuir para pesquisa. Além disso, por tratar-se de um segmento que deriva e se funde com a tradicional indústria têxtil e de confecção, abrangente em suas linhas de atuação e pulverizado entre os diferentes elos da cadeia nacional T&C brasileira, percebeu-se um discurso de não pertencimento ao segmento por parte de algumas empresas. Isso também dificultou a adesão destas à pesquisa.

Podemos afirmar que para sobreviver na economia do conhecimento, o segmento brasileiro de TT dependerá da agilidade de sua indústria em produzir inovações, desenvolver os processos mais avançados, flexíveis e eficientes no uso de recursos, e de concentrar seus modelos de negócio na constante evolução das necessidades de seus consumidores.

De forma geral, os resultados mostraram um segmento com expectativas de modernização tecnológica, mas que ainda tem um considerável caminho a percorrer. Acreditamos que algumas características importantes da trajetória tecnológica do setor têxtil, tais como: (i) sua dinâmica inovativa ser altamente determinada por outras indústrias e campos de inovação (em especial os setores de máquinas, polímeros e insumos químicos) e (ii) a heterogeneidade do padrão de concorrência, que permite a coexistência de empresas de portes diferenciados e que se utilizam de tecnologias díspares, exercerão influência sobre a trajetória tecnológica do segmento de têxteis técnicos. Indícios dessa conjectura podem ser encontrados a partir da observação dos resultados obtidos no *Delphi*.

Como exemplos disso temos o alto potencial de difusão associado (i) ao uso de novos materiais (considerados em quase sua totalidade tecnologias atrativas ou relevantes), que estariam incorporados aos polímeros que servem de base para produção de fibras têxteis (e conseqüentemente para produção de tecidos e nãotecidos) ou aos insumos químicos utilizados na fase de beneficiamento, e (ii) ao uso de tecnologias de fiação, tecelagem e beneficiamento incorporadas a equipamentos de produção têxtil (eletrofiação, impressão e tecelagem 3D, *seamless*).

Traços do comportamento associado à heterogeneidade da cadeia produtiva têxtil estão presentes na expectativa de difusão tecnológica do segmento de TT. A difusão de tecnologias relacionadas à produção de fibras, fios e filamentos mostrou-se restrita (com o menor índice registrado de tecnologias atrativas/relevantes). Isto pode ter direta relação à natureza peculiar deste elo da cadeia produtiva (fibras químicas),



caracterizado por um reduzido número de empresas produtoras (normalmente filiais de multinacionais), elevado investimento de capital, pequena margem de lucro, elevado nível de conhecimento técnico e despesas com pesquisa e desenvolvimento. Não restando muito espaço para que a inovação seja empreendida por pequenas empresas, em função dos altos custos de aquisição de tecnologia e a forte barreira à entrada de novos concorrentes. O que explicaria a expectativa de difusão tecnológica ter sido julgada de baixo potencial. Cabe destacar que a oferta reduzida de fibras diferenciadas traz limitações importantes ao desenvolvimento de fios diferenciados e sua subsequente incorporação ao desenvolvimento de têxteis técnicos.

Por outro lado, a adoção de tecnologias associadas aos processos de formação de tecidos, nãotecidos e beneficiamento foram, de forma geral, avaliados com boa expectativa de difusão. Diferentemente da produção de fibras químicas, estes elos da cadeia produtiva apresentam um número maior de empresas (com porte variado), que atuam tanto na produção de *commodities* como na de artigos diferenciados em atendimento à nichos de mercado e cujo desenvolvimento de produtos geralmente requer menor gasto com pesquisa. Além disso, permitem a adoção de tecnologias com custo de mudança variado: máquinas e equipamentos (tear 3D, impressora 3D, impressora jato de tinta, plasma) ou insumos (fibras de alta performance, nanofibras, insumos químicos com nano e micromateriais funcionais).

Percebemos que existe a expectativa da ampliação do número de consumidores preocupados com a responsabilidade socioambiental e que valorizarão o consumo consciente. O que reforça a tendência do desenvolvimento de produtos sustentáveis - que não agridam o meio ambiente e a saúde dos consumidores. Os resultados encontrados indicaram que as tecnologias ligadas a esta vertente terão grande difusão no país, com destaque para o alto potencial de difusão, produção e desenvolvimento de materiais reciclados (e produtos à base deste) já nos próximos 5 anos. Evidenciamos ainda a tendência de evolução do conceito de *design* para o de *eco design*, que promove a ideia de que o produto deva satisfazer as necessidades e os desejos dos consumidores de forma a impactar ao mínimo o meio ambiente. Assim sendo, questões ligadas ao descarte e reciclagem poderão ser consideradas desde a fase de concepção dos têxteis técnicos.

O processo de concepção e *design* de produtos também tende a ser influenciado pelo emprego de tecnologias capazes de conceber estruturas em 3D (tecelagem, malharia e impressão 3D) para produção de materiais compósitos e artigos que

dispensem a etapa produtiva de modelagem e confecção ou que incorporem dispositivos da eletrônica.

Outro ponto evidente é o aumento da participação de “tecnologias mais limpas” associadas aos processos de funcionalização e beneficiamento têxtil, cuja difusão e potencial de desenvolvimento e produção nacionais foram considerados altos para os próximos 15 anos.

Assim sendo, a ciência dos materiais, a nanotecnologia, a biotecnologia e as tecnologias de informação e comunicação são campos do conhecimento que exercerão grande influência nas perspectivas futuras dos processos de desenvolvimento e inovação no campo têxtil. Desta forma, é imprescindível estimular ações interdisciplinares capazes de promover o crescimento do segmento de TT, aliando atualização tecnológica ao conhecimento e ao rápido atendimento das mudanças nas preferências dos consumidores. Ações para qualificação de uma força de trabalho capaz de atender aos novos paradigmas tecnológicos atuais e futuros também serão requeridas.

A existência de um mercado nacional com grande possibilidade de crescimento e que ainda apresenta um baixo consumo *per capita* de têxteis técnicos, representa uma importante oportunidade para o desenvolvimento do segmento nacional e fonte de melhoria para competitividade. Entretanto é importante ter em mente que o segmento de TT está inserido na Indústria (Têxtil) caracterizada por uma cadeia com alta heterogeneidade, baixo grau de integração e coordenação entre seus elos produtivos (ABDI, 2010).

Ao final da análise, pode-se perceber que algumas destas características estruturais podem inviabilizar a difusão de um conjunto de tecnologias consideradas atrativas (críticas), em função da inexistência de competências de base científica, tecnológica e industrial que garantam um potencial nacional mínimo para o desenvolvimento e produção dos têxteis técnicos.

## **6.2) Sugestões para Trabalhos Futuros**

Durante o desenvolvimento deste trabalho, surgiram outros assuntos relevantes, que não foram aqui abordados por não estarem inseridos no escopo desta dissertação, e que poderiam originar a elaboração de novos estudos. Dentre estes assuntos podemos destacar:

- Elaboração de estudos prospectivos focados em grupos específicos de aplicação (clothtech, medtech, sporttech) ou na identificação de nichos e linhas de produtos mais promissores;
- Estudos que tracem ações estratégicas, em termos de: mercado, investimento, infraestrutura político-institucional, infraestrutura física e talento, para o setor levando em consideração as rotas tecnológicas aqui apontadas.
- Análise sobre a relação entre fatores condicionantes da estrutura industrial e a dinâmica competitiva do segmento de têxteis técnicos;
- Entender e vislumbrar como a concretização das expectativas de mudanças tecnológicas para o segmento de TT impactará nos aspectos ocupacionais do segmento (mudanças no conteúdo de trabalho, competências profissionais, criação e extinção de postos de trabalho, requerimentos de treinamentos).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Estudo prospectivo setorial: têxtil e confecção**. Brasília: ABDI, 2010. 176 p. (Série Cadernos da Indústria ABDI XVIII).

\_\_\_\_\_, **Pesquisa Estruturada: Nanotecnologia aplicada à saúde**. Agenda Tecnológica Setorial -ATS. [201-?]. 32 slides, apresentação em PowerPoint.

ALMEIDA, L. **Functionalisation of Textiles: Future Perspectives**. 2006.

ASIA NONWOVEN FABRICS ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.asianonwovens.org/>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12546: Materiais têxteis - Ligamentos fundamentais de tecidos planos – Terminologia**. Rio de Janeiro: 1991.

ASSOCIATION OF THE NONWOVEN FABRICS INDUSTRY. Disponível em: <<http://www.inda.org/>>. Acesso em 11 ago. 2015.

AIZENSHTEIN, E.M. Information: International Exhibition of Technical Textiles and Nonwovens in Frankfurt. **Fibre Chemistry**, Vol. 43, No. 5, January, 2012.

BALACKOVA, H. **Brainstorming: a Creative Problem-Solving Method**. Masaryk Institute of Advanced Studies, Czech Technical University. Prague, Czech Republic, [s.d], p. 37-44. Disponível em: <[http://www.unido.org/fileadmin/import/16953\\_Brainstorming.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/16953_Brainstorming.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2015

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Polo de Tecelagem Plana de Fibras Artificiais d Sintéticas da Região de Americana**. Gerência Setorial de Bens de Consumo Não Duráveis, 2001. 23 p.

BOUSSU, F.; PETITNIOT, J.L. Development of Shape Memory Alloy Fabrics for Composite Structures. In: Mattila, H.R. (Ed). **Intelligent Textiles and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 124-141.

BENDKOWSKA, W. Intelligent textiles with PCMs. In: Mattila, H.R. (Ed). **Intelligent Textiles and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 34-62.

BERGAMINI, C. Synthetic fibres: RadiciGroup is refocusing on its core nylon business in Brazil. Acrylic fibre production has been suspended. **RacidiGroup Press Release**. São José dos Campos, p. 1-2, 7 jan. 2014. Disponível em: <<http://www.radicigroup.com/pt/news-media/press-releases/brasil-radicigroup-concentra-a-atividade-no-precursor-da-fibra-de-carbono-14872>>. Acesso em: 15 de mar. 2016.

BLACKBURN, R. S. Introduction. In: BLACKBURN, R. S. (Ed.). **Biodegradable and sustainable fibres**. England: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2005, p.XV.

BYRNE, C. Technical Textile Markets: an overview. In: HORROCKS, A.R.; ANAND, S.C. (Eds.). **Handbook of Technical Textiles**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2000, p. 1-23.

CASTRO, A.M.G. et al. **La dimensión de futuro en la construcción de la sostenibilidad institucional**. Innovación para la Sostenibilidad Institucional. Proyecto "Nuevo Paradigma". 2001.

CELANESE ACETATE LLC. **Complete Textile Glossary**. 2001.

CHEN, L.; LIU, C.; WANG, J.; ZHANG, W.; HU, C.; FAN, S. Auxetic materials with large negative Poisson's ratios based on highly oriented carbon nanotube structures. **Applied Physics Letters**. Vol. 94, 2009.

CHERENAK, K.; van PIETERSON, L. Smart Textiles: Challenges and Opportunities. **Journal of Applied Physics**, vol. 112, 2012. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1063/1.4742728>>. Acesso em 23 dez. 2014.

CHUGAN, P. K.; Diversification into Technical Textiles: A Forward Momentum for Indian Textiles Industry. **Nirma University Journal of Business and Management Studies**, Vol. 6, Nºs. 1 & 2, p. 19-33, July – December. 2011

CIECHAŃSKA, D.; NOUSIAINEN, P. In: Blackburn, R.S. (Ed). **Biodegradable and sustainable fibres**. . England: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2005, p. 111-151.

COELHO, G.M. **Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro: INT/Finep/ANP Projeto CT-Petro Tendências Tecnológicas, 2003. Disponível em: <[http://www.davi.ws/prospeccao\\_tecnologica.pdf](http://www.davi.ws/prospeccao_tecnologica.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2013.

COMISSÃO EUROPEIA. **Guia prático de prospectiva regional em Portugal**, Luxemburgo, 2002.

COMMERZBANK. **Technical textiles: prospects and challenges**. Corporate Sector Analysis, Frankfurt: jan. 16th, 2015. Disponível em: <[http://www.messefrankfurt.com/content/dam/texprocess/2015/IPK/en/08\\_Commerzbank\\_final\\_eng.pdf.res/08\\_Commerzbank\\_final\\_eng.pdf](http://www.messefrankfurt.com/content/dam/texprocess/2015/IPK/en/08_Commerzbank_final_eng.pdf.res/08_Commerzbank_final_eng.pdf)>. Acesso em 25 abr. 2015.

CUHLS, K.; GRUPP, H. **Status and prospects of technology foresight in Germany after ten years**. Disponível em <<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077ae.html>>. Acesso em 18 set. 2014.

DAHLSTRÖM, H.N. Foreword. In: ALBRECHT, W.; FUCHS, H.; KITTELMANN, W. (Ed). **Nonwoven fabrics: raw materials, manufacture, applications, characteristics, testing processes**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2003. p. v.

DETANICO, F.B.; TEIXEIRA, F.G.; SILVA, T.K. A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto. **Design e Tecnologia**, p. 101-113, 2010.

ELMOGAHZY, Y. Yarn Engineering. **Indian Journal of Fibre & Textile Research**. Vol 31, March 2006, pp. 150-159.

ERNST, H. Patent information for strategic technology management. **World Patent Information**, v. 25, p.233-242, 2003.

EUROPEAN COMMISSION. **Nanostructured Metamaterials: Exchange Between Experts in Electromagnetics and Material Science**. Brussels, 2010.

EUROPEAN DISPOSABLES AND NONWOVENS ASSOCIATION. Disponível em: <<http://www.edana.org/>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE - EESC. **OPINION** of the Consultative Commission on Industrial Change (CCMI) on Growth Driver Technical Textiles. Brussels, 21 Mar. 2013.

FAEZ, R. et al. Atualidades em Química: Polímeros Condutores. **Química Nova na Escola**. Nº 11, p. 13 – 18, mai. 2000.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil**. Minas Gerais, 2014.

FERREIRA, A.J.S.; FERREIRA, F.B.N; OLIVEIRA, F.R. Têxteis Inteligentes – Uma breve revisão da literatura. **Redige**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 1-22, 2014.

FIBER SOURCE. Disponível em: < <http://www.fibersource.com/f-tutor/prods.htm>> . Acesso em: 07 mar. 2015.

GANGLOFF, C. Demand for nonwovens in Central and South America. **Technical Textiles**, 2013. Disponível em: < <http://www.technicaltextile.net/articles/nonwoven-textiles/detail.aspx?articleid=5372&pageno=1>>. Acesso em 18 abr. 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODET, M. Future memories. **Technological Forecasting & Social Change**, vol. 77, p. 1457 – 1463, 2010.

\_\_\_\_\_. **A Caixa de Ferramentas da Prospectiva Estratégica**. Ed. CEPES – Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégica. Lisboa, 2000.

\_\_\_\_\_; DURANCE, F. **A prospectiva estratégica: para as empresas e os territórios**. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Paris: 2011.

GOKARNESHAN, N. et al. Engineering knits for versatile technical applications: Some insights on recent researches. **Journal of Industrial Textiles**, vol. 42, 1: pp. 52-75, 2011.

GORJANC, M. et al. Multifunctional Textiles – Modification by Plasma, Dyeing and Nanoparticles. **Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing**, Dr. Melih Gunay (Ed.),

InTech, DOI: 10.5772/53376, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5772/53376>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

GUPTA, U. G.; CLARKE, R. E. Theory and Applications of the Delphi Technique: A Bibliography (1975-1994). **Technological Forecasting & Social Change**, vol 53, p. 185-211, 1996.

HARLIN, A.; FERENETS, M. Introduction to Conductive Materials. In: Mattila, H.R. (Ed). **Intelligent Textiles and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 217- 238.

HÄUSSER, E. The Use of Patent Information for the Identification of Development Trends. **World Patent Information**, v. 1, n. 2, 1979.

HONKALA, M. Introduction to Shape Memory Materials. In: Mattila, H.R. (Ed). **Intelligent Textiles and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 85-101.

HORROCKS, A. R.; ANAND, S. C. **Handbook of Technical Textiles**. England: Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, 2000.

HSU, C. C.; SANDFORD, B. A. The Delphi Technique: Making Sense of Consensus. **Practical Assessment, Research & Evaluation**, Vol 12, No 10, p. 1-8, 2007.

INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Mercado potencial de têxteis e tecidos técnicos**, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL (INPI). **Guia de depósitos de patentes**, 2008. Disponível em: <[http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/guia\\_de\\_deposito\\_de\\_patentes.pdf/view](http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/guia_de_deposito_de_patentes.pdf/view)>. Acesso em: 18 fev 2015.

INTERNATIONAL MONETARY FUND - IMF. **Globalization: Threats or Opportunity**. IMF Publications, 12 abr. 2000. Disponível em: <<http://www.imf.org/external/np/exr/ib/2000/041200to.htm>>. Acesso em 14 de fev. 2015.

JOCIC, D. Smart Textile Materials by Surface Modification with Biopolymeric Systems. **Research Journal of Textile and Apparel**, 12, p.58 – 65, 2008.

JUNGMANN, D. M.; BONETTI, E. A. **A Caminho da Inovação: Proteção e Negócios com Bens de Propriedade Intelectual: Guia para o Empresário**. Brasília: IEL, 2010, 125 p.

JOUVENEL, B. **Futuribles**. Jan. 1965. Disponível em: <<http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/papers/2008/P3045.pdf>>. Acesso em 18 set. 2014.

KUMAR,R. et al. **Phase Change Materials: Technology Status and Potential Defence Applications**. Defence Science Journal, Vol. 61, No. 6, November 2011, pp. 576-582. Disponível em: <<http://publications.drdo.gov.in/ojs/index.php/dsj/article/viewFile/363/557>>. Acesso em 07 Jul. 2015.

KUPFER, D.; TIGRE, P. Prospecção Tecnológica. In: Caruso, L.A.; Tigre, P. B. (organizadores). **Modelo SENAI de prospecção**: documento metodológico. Montevideo. OIT/CINTERFOR, 2004.

\_\_\_\_\_, D. *et al.* **Avaliação das perspectivas de desenvolvimento tecnológico para a indústria de bens de capital para energia renovável (PDTS-IBKER)**: relatório de pesquisa. São Paulo: ABDI; GIC-IE/UFRJ, 2011. Disponível em:<<http://goo.gl/GRs02>>

LAWRENCE, C. A. **Fundamentals of spun yarn technology**. United States of America: CRC Press LLC, 2003.

LEWIN, M. **Handbook of Fiber Chemistry**. United States of America: Taylor & Francis Group and CRC Press LLC, 2007.

LEWIS, R. W. Foreword. In: TAO, X. (Ed). **Smart Fibres, Fabrics and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2001. p. xi – xii.

LIMA, S. M. V. et al. **Projeto Quo Vadis – Brasil**: o futuro da pesquisa agropecuária no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Disponível em: <<http://hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/pesq/wp-content/uploads/2009/07/LIVRO-COMPLETO-PROJETO-QV-BR.pdf>>. Acesso em 18 set. 2014.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. (Ed.). **The Delphi method**: techniques and applications. 2002.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCANDALLI, B.; RICCARDI, C. Plasma Treatments of Fibres and Textiles. In: SHISHOO, R. (Ed). **Plasma technologies for Textiles**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2007, p. 282-300.

MARCIAL, E. C. **Aplicação da Metodologia de Cenários no Banco do Brasil no Contexto da Inteligência Competitiva**. 1999. 160f. Dissertação (Mestrado em Dea Information Scientifique Et Technique) - Université Paul Cézanne Aix Marseille III, AixMarseille III, França. 1999.

\_\_\_\_\_, E. C.; GRUMBACH, R. J. S. **Cenários prospectivos**: como construir um futuro melhor. Rio de Janeiro: FGV, 2008.

MARIANO, M. Conferência sobre nãotecidos surpreende mercado brasileiro, **Têxtil Técnico Report**, São Paulo. 5ª edição, p.14-19, mai. 2015.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: Miguel, P. A. C. (Org.) **Metodologia da pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. p.47-63.

MINOIS, G. **Histoire de l’Avenir: des Prophètes à la Prospective**. Paris: Fayard, 1996.

MIRAFTAB, M. Technical fibres. In: HORROCKS, A.R.; ANAND, S.C. (Eds.). **Handbook of Technical Textiles**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2000, p. 1-23.



MORITZ, G. O.; PEREIRA, M. F. Planejamento de cenários: a evolução do pensamento prospectivo. **Revista de Ciências da Administração** [online] 2005, 7 (Enero-Julio): Disponível em :<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273520147007>> , Acesso em 27 ago. 2014.

MASINI, E.B. The future of futures studies: a european view. **Futures**, p. 152-160, abr. 1989.

NEMOZ, G. **Applications and Markets of Technical Textiles**: Actual Situation and Trends. Institut Français du Textile-Habillement. Vicenza: nov. 2001. Disponível em <[http://www.inexmoda.org.co/Portals/35/documentacion/sesion\\_grupo\\_asociativoen\\_funcionalidad/aplicaciones\\_y\\_mercados\\_de\\_los\\_textiles\\_tecnicos.pdf](http://www.inexmoda.org.co/Portals/35/documentacion/sesion_grupo_asociativoen_funcionalidad/aplicaciones_y_mercados_de_los_textiles_tecnicos.pdf)>. Acesso em 24 abr. 2015.

OKOLI, C.; PAWLOWSKI, D. S. The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. **Information & Management**, v. 42, n. 1, p. 15-29, 2004.

PARK, S.; JAYARAMAN, S. Adaptive and responsive textile structures (ARTS). In: TAO, X. (Ed). **Smart Fibres, Fabrics and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2001. p.226 - 245.

PETTERSSON, M. **Technical Textile Retrospective**: the Swedish heritage. Swedish: 2013, 40 p. Degree of Master in Applied Textile Management. University of Borås, The Swedish School of Textiles. 2013.

PIO, M. J. **Estudos de prospectiva tecnológica como ferramenta de apoio ao planejamento estratégico**: o caso têxtil. 2004. 309f. Tese (Doutorado em Tecnologia De Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

PORTER, A. et al. Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 71, n. 3, p. 287- 303, 2004.

POST, E.R. et al. E-broidery: Design and Fabrication of Textile-Based Computing. **IBM Systems Journal**, vol. 39, n 3 e 4, p. 840-860, 2000.

RAMAKRISHNA, S. et al. **An Introduction to Electrospinning and Nanofibers**. National University of Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2005.

RANT, D.; RIJAVEC, T.; PAVKO-ČUDEN, A. Auxetic Textiles. **Acta Chim. Slov.** Vol 60, 2013, p. 715-723.

ROCHA, I. **Prospecção Tecnológica: curso de especialização em agentes de inovação e difusão tecnológica**. Brasília: ABIPTI/SEBRAE/CNPq, 1996.

SCHENATTO, F. J. A. et al. Análise crítica dos estudos do futuro: uma abordagem a partir do resgate histórico e conceitual do tema. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 4, p. 739-754, 2011

SCHWARTZ, P. **A arte da visão de longo prazo**: planejando o futuro em um mundo de incertezas. Tradução de Luiz Fernando M. Esteves. Rio de Janeiro: BestSeller, 2006. 213 p.

SCOTT, R.A. Coated and Laminated Fabrics. In: CARR, C.M. (Ed). **Chemistry of the Textiles Industry**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1995, p. 210-248.

SEN, A. K. **Coated Textiles**: Principles and Applications. USA: Technomic Publishing Company, 2001. 225 p.

SHEELA, A. K. Global Technical Textiles Market Is Expected To Reach USD 160.38 Billion By 2018: Transparency Market Research. **PRNewswire**. NEW YORK, June 24, 2013. Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/news-releases/global-technical-textiles-market-is-expected-to-reach-usd-16038-billion-by-2018-transparency-market-research-212737491.html>>. Acesso em 31 ago.2014.

SINGHA, K. A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications. **American Journal of Polymer Science**, v. 2, n. 3, p. 39-49, 2012.

SPENCER, D.J. **Knitting Technology**: A Comprehensive Handbook and Practical Guide. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001.

STEFFENS, F.; FANGUEIRO, R. Materiais auxéticos: o efeito do coeficiente de Poisson negativo. **Redige**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 1-40, 2012.

SUTTER, M. B. *et al.* Construção de cenários: apreciação de métodos mais utilizados na administração estratégica. **Espacios**, vol. 33, 2012. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a12v33n08/12330814.html#uno>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

TALVENMAA, P. Introduction to Chromic Materials. In: Mattila, H.R. (Ed). **Intelligent Textiles and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 193-205.

TAO, X. Smart technology for textiles and clothing – introduction and overview. In: TAO, X. (Ed). **Smart Fibres, Fabrics and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2001. p. 1 – 6.

TEIXEIRA, R.C.; SOUZA, R.R. O Uso das informações contidas em documentos de patentes nas práticas de inteligência competitiva: Apresentação de um estudo das patentes da UFMG. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.18, n.1, p.106-125, jan./mar. 2013

TELASANG, A. B. Global TT market to touch \$315 bn. **The India Textile Journal**, Industry Focus, Special Supplement Technotex, p. 6-10, 2015. Disponível em: <<http://www.gherzi.com/downloads/media/2015/6-10.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2015.

THE TEXTILE INSTITUTE. **Textile Terms and Definitions**. Décima edição. Manchester: Textile Institute, 1994.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION - UNIDO. **UNIDO technology foresight manual: organization and methods**, Vienna, vol 1, 2005.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE - USPTO. **Performance and Accountability Report**. Virginia: Office of Planning and Budget: 2014, 179 p.

UOTILA, M.; MATTILA, H.; HÄNNINEN, O. Methods and models for intelligent garment design. In: Mattila, H.R. (Ed). **Intelligent Textiles and Clothing**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 5-16.

WALTON, P. **The Story of Textiles**. New York: Tudor Publishing CO, Jan. 1937.

WULFHORST, B.; GRIES, T.; VEIT, D. **Textile Technology**. Munich: Hanser, 2006. 320 p.

YANG, M.M. Polyamide Fibers. In: LEWIN, M. (Ed.). **Handbook of Fiber Chemistry**. United States of America: Taylor & Francis Group and CRC Press LLC, 2007, p. 33-127.

XIE, Z.; MIYAZAKI, K. Evaluating the effectiveness of keyword search for patent identification. **World Patent Information**, 35, p. 20-30, 2013.

ZACKIEWICZ, M.; SALLES-FILHO, S. Technological foresight: um instrumento para política científica e tecnológica. **Parcerias Estratégicas**, n. 10, p. 144-161, mar. 2001.

ZĂNOAGĂ, M.; TANASĂ, F. Complex textile structures as reinforcement for advanced composite materials. In: **Proceedings of The Scientific Conference AFASES**. 2014. p. 1281-287.

## ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO *DELPHI*

### IDENTIFICAÇÃO DO RESPONDENTE

Nome:

Área de Especialidade:

Empresa/Instituição:

O(a) Sr(ª) Permite a divulgação de seus dados no trabalho de dissertação ao qual vincula-se esta pesquisa?

- Sim
- Não
- Sim, com restrições.

Quais?

## Área de oportunidade tecnológica: Matérias-Primas e Novos Materiais aplicados à Produção Têxtil

Em primeiro lugar, indique seu **nível de conhecimento** nesta área:

Não Familiarizado   
  Casualmente Adquirido   
  Familiarizado   
  Conhecedor   
  Especialista

TECNOLOGIAS EMERGENTES	MUNDO		BRASIL		
	Factibilidade (Em 15 anos)	Viabilidade (Em 15 anos)	Difusão		Potencial de Desenvolvimento e Produção (Em 15 anos)
			5 anos	15 anos	
1) Uso de materiais de mudança de fase, aplicados às fibras/filamento/fios, visando conferir aos materiais têxteis a capacidade de absorver, armazenar e liberar grandes quantidades de energia sob a forma de calor latente (gerenciamento térmico).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
2) Uso de materiais com memória de forma, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a capacidade de recuperar sua forma inicial após sofrer um processo temporário de deformação.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
3) Uso de materiais crômicos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando atribuir aos materiais têxteis a propriedade de mudança reversível da cor.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
4) Uso de materiais crômicos, aplicados à produção de corantes e pigmentos, visando atribuir aos materiais têxteis a propriedade de mudança reversível da cor.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
5) Uso de materiais condutivos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis eletricamente condutivos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
6) Uso de materiais piezoelétricos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis capazes de gerar um sinal elétrico em função de um estímulo mecânico e vice-versa (piezoativos).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
7) Uso de materiais auxéticos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de expandir sua seção transversal quando tracionado longitudinalmente (Coeficiente de Poisson	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

negativo).					
8) Uso de metamateriais, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e nãotecidos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de camuflagem, invisibilidade e microscopia de super-resolução (Índice de Refração Negativo).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
9) Uso de metamateriais, aplicados a insumos químicos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de camuflagem, invisibilidade e microscopia de super-resolução (Índice de Refração Negativo).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
10) Uso de materiais reciclados, aplicados à produção de fibras/filamentos/fios, tecidos e nãotecidos, visando a valorização e o reaproveitamento de materiais descartados como fonte de matéria-prima para fabricação de produtos têxteis diferenciados e inovadores.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
11) Uso da Biotecnologia, aplicada à biossíntese de biomassa animal e vegetal, visando a produção de fibras têxteis biodegradáveis e renováveis.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
12) Uso da Biotecnologia (fermentação), aplicado ao cultivo de nanofibras de celulose, visando produzir artigos têxteis de couro/tecido vegetal flexível e biodegradável com aplicações técnicas.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
13) Uso de nanotubos de carbono, aplicado ao revestimento de fios, visando torná-los materiais capazes de armazenar, conduzir e gerar energia.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
14) Uso de corantes naturais, aplicados a fibras elastoméricas condutoras elétricas, visando a produção de materiais têxteis fotovoltaicos dobráveis (células solares orgânicas que convertem energia dos fótons em energia elétrica).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

#### OBSERVAÇÕES

## Área de oportunidade tecnológica: Processos Formadores de Fios (fibras e filamentos)

Em primeiro lugar, indique seu **nível de conhecimento** nesta área:

Não Familiarizado  
  Casualmente Adquirido  
  Familiarizado  
  Conhecedor  
  Especialista

TECNOLOGIAS EMERGENTES	MUNDO		BRASIL		
	Factibilidade (Em 15 anos)	Viabilidade (Em 15 anos)	Difusão		Potencial de Desenvolvimento e Produção (Em 15 anos)
			5 anos	15 anos	
15) Uso da eletrofiação, aplicado a fabricação de nanofibras, visando fabricar materiais têxteis funcionais (tais como: membranas de afinidade, meios filtrantes, curativos, liberação de drogas, vestuário de proteção química/biológica, sensores, reforços compósitos).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
16) Uso da fiação gel, aplicado à produção de fibras com elevado nível de orientação macromolecular, visando conferir propriedades de alta performance.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
17) Uso da fiação magnética (magnet spinning), aplicado a fabricação de nanofibras, visando fabricar materiais têxteis funcionais (tais como: membranas de afinidade, meios filtrantes, curativos, liberação de drogas, vestuário de proteção química/biológica, sensores, reforços compósitos).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
18) Uso da Engenharia Genética, aplicada ao <i>Bombyx Mori</i> (bicho da seda), visando produzir filamento de seda artificial com propriedades físicas significativamente melhoradas da seda de aranha (Produção de teia de aranha artificial).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
19) Uso da co-extrusão, aplicado a fabricação de filamentos multicomponentes, visando promover propriedades funcionais combinadas (em decorrência da associação das propriedades de seus polímeros-base).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
20) Uso de sistemas de simulação virtual, aplicado aos processos formadores de fios, visando simular suas propriedades físico-mecânicas e orientar a configuração rápida das máquinas envolvidas na fabricação de tais produtos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

## OBSERVAÇÕES

Área de oportunidade tecnológica: **Processos Formadores de Tecidos e Não tecidos**

Em primeiro lugar, indique seu **nível de conhecimento** nesta área:

Não Familiarizado  
  Casualmente Adquirido  
  Familiarizado  
  Conhecedor  
  Especialista

TECNOLOGIAS EMERGENTES	MUNDO		BRASIL		
	Factibilidade (Em 15 anos)	Viabilidade (Em 15 anos)	Difusão		Potencial de Desenvolvimento e Produção (Em 15 anos)
			5 anos	15 anos	
21) Uso de nanofibras, aplicada à produção de tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas (tais como: liberação controlada de drogas, proteção química e biológica, condutividade elétrica, regulação térmica, etc).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
22) Uso de fibras de alta performance, aplicada à produção de tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
23) Uso de tecnologia de tecelagem 3D (multicamadas), aplicada à produção de tecido plano, visando fabricar estruturas têxteis tridimensionais utilizadas como pré-formas na produção de materiais compósitos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
24) Uso de impressora 3D, aplicada à produção de estruturas têxteis, visando utilizar novos materiais para fabricação de tecidos técnicos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione



25) Uso da Tecnologia <i>Seamless</i> , aplicada ao design e fabricação de tecidos de malha, visando produzir com maior rapidez artigos de vestuário com performance diferenciada, em diversas dimensões e prontos para uso.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
26) Uso de sistemas de simulação virtual, aplicado aos processos formadores de tecidos e não tecidos, visando simular as propriedades físico-mecânicas das estruturas têxteis multifuncionais e orientar a configuração rápida das máquinas envolvidas na fabricação de tais produtos.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

### OBSERVAÇÕES

## Área de oportunidade tecnológica: Processos de Beneficiamento

Em primeiro lugar, indique seu **nível de conhecimento** nesta área:

Não Familiarizado  
  Casualmente Adquirido  
  Familiarizado  
  Conhecedor  
  Especialista

TECNOLOGIAS EMERGENTES	MUNDO		BRASIL		
	Factibilidade (Em 15 anos)	Viabilidade (Em 15 anos)	Difusão		Potencial de Desenvolvimento e Produção (Em 15 anos)
			5 anos	15 anos	
27) Uso de nanomateriais funcionais, aplicado aos insumos químicos, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
28) Uso do plasma, aplicado ao processo de acabamento da superfície têxtil,	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

visando modificar as propriedades físicas da superfície dos materiais têxteis (superfícies hiperfuncionais).					
29) Uso da tecnologia de laminação, aplicado à produção de estruturas têxteis bidimensionais laminadas, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis (a partir da combinação de um ou mais substratos têxteis com um filme polimérico pré-preparado).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
30) Uso da tecnologia de revestimento, aplicado ao beneficiamento de artigos têxteis, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis (a partir da aplicação direta de líquido polimérico viscoso).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
31) Uso de métodos de microencapsulação, aplicado à produção de insumos químicos, visando funcionalizar substratos têxteis para liberação controlada de substâncias e com efeito duradouro.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
32) Uso da técnica de eletrodeposição, aplicada ao processo de beneficiamento, visando aplicar agentes de funcionalização têxtil em áreas localizadas e de forma eficiente.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
33) Uso da técnica de deposição polimérica <i>in situ</i> , aplicada ao processo de beneficiamento, visando aplicar agentes de funcionalização têxtil aplicados de forma mais minuciosa e uniforme e precisa.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
34) Uso da tecnologia de ultrassom, aplicada aos processos de beneficiamento em nanoescala (nanotingimento, nanoimpressão, nanoacabamento), visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
35) Uso do laser, aplicado ao processo de beneficiamento têxtil, visando expandir e melhorar os processos para funcionalização de superfícies têxteis.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
36) Uso da tecnologia de impressão jato de tinta, aplicado ao processo de beneficiamento, visando melhorar a capacidade de aplicação de uma variedade de fluidos funcionais em quantidades discretas de um lado do tecido.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
37) Uso da tecnologia de efeito lenticular, aplicado ao beneficiamento têxtil, visando produzir materiais têxteis com efeitos óticos (efeito zoom, 3D e de imagem em movimento).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
38) Uso da eletroluminescência, aplicada aos corantes têxteis, visando a produção de materiais têxteis com funcionalidades inovadoras de emissão de luz.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

OBSERVAÇÕES

## Área de oportunidade tecnológica: Macrotendências Tecnológicas

Em primeiro lugar, indique seu **nível de conhecimento** nesta área:

Não Familiarizado  
  Casualmente Adquirido  
  Familiarizado  
  Conhecedor  
  Especialista

TECNOLOGIAS EMERGENTES	MUNDO		BRASIL		
	Factibilidade (Em 15 anos)	Viabilidade (Em 15 anos)	Difusão		Potencial de Desenvolvimento e Produção (Em 15 anos)
			5 anos	15 anos	
39) Uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC's), aplicado ao desenvolvimento de dispositivos flexíveis, visando obter têxteis inteligentes (capazes de responder a estímulos ambientais e interagir com seus usuários).	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
40) Uso da nanotecnologia, aplicado aos materiais/processos/produtos têxteis, visando obter produtos com funcionalidades avançadas e aplicações diversas.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
41) Uso do conceito de biomimética, aplicado ao desenvolvimento de soluções na área de TT, visando obter produtos com performance diferenciada.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione
42) Uso do conceito de Eco Design, aplicado ao desenvolvimento de soluções na área de TT, visando obter produtos e processos que causem menores impactos ao meio ambiente.	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione	Selecione

## OBSERVAÇÕES

--

## ANEXO 2 – FREQUÊNCIA RELATIVA DAS RESPOSTAS AO FINAL DA SEGUNDA RODADA *DELPHI*

Tecnologias Emergentes			Difusão 5 anos			Difusão 15 anos			Potencial
	Factibilidade	Viabilidade	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
1) Uso de materiais de mudança de fase, aplicados às fibras/filamento/fios, visando conferir aos materiais têxteis a capacidade de absorver, armazenar e liberar grandes quantidades de energia sob a forma de calor latente (gerenciamento térmico).	100%	100%	70%	20%	10%	0%	70%	30%	70%
2) Uso de materiais com memória de forma, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a capacidade de recuperar sua forma inicial após sofrer um processo temporário de deformação.	100%	100%	30%	60%	10%	0%	50%	50%	90%
3) Uso de materiais crômicos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando atribuir aos materiais têxteis a propriedade de mudança reversível da cor.	90%	80%	70%	30%	0%	20%	60%	20%	70%
4) Uso de materiais crômicos, aplicados à produção de corantes e pigmentos, visando atribuir aos materiais têxteis a propriedade de mudança reversível da cor.	100%	80%	50%	40%	10%	0%	30%	70%	80%
5) Uso de materiais condutivos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis eletricamente condutivos.	100%	90%	30%	70%	0%	0%	50%	50%	70%
6) Uso de materiais piezoelétricos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis capazes de gerar um sinal elétrico em função de um estímulo mecânico e vice-versa (piezoativos).	70%	70%	60%	40%	0%	30%	30%	40%	50%
7) Uso de materiais auxéticos, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de expandir sua seção transversal quando tracionado longitudinalmente (Coeficiente de Poisson negativo).	90%	80%	80%	20%	0%	20%	80%	0%	60%

Tecnologias Emergentes			Difusão 5 anos			Difusão 15 anos			Potencial
	Factibilidade	Viabilidade	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
8) Uso de metamateriais, aplicados às fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de camuflagem, invisibilidade e microscopia de super-resolução (Índice de Refração Negativo).	80%	80%	70%	20%	10%	20%	50%	30%	60%
9) Uso de metamateriais, aplicados a insumos químicos, visando conferir aos materiais têxteis a propriedade de camuflagem, invisibilidade e microscopia de super-resolução (Índice de Refração Negativo).	80%	80%	70%	20%	10%	10%	60%	30%	60%
10) Uso de materiais reciclados, aplicados à produção de fibras/filamentos/fios, tecidos e não tecidos, visando a valorização e o reaproveitamento de materiais descartados como fonte de matéria-prima para fabricação de produtos têxteis diferenciados e inovadores.	100%	100%	0%	40%	60%	0%	0%	100%	100%
11) Uso da Biotecnologia, aplicada à biossíntese de biomassa animal e vegetal, visando a produção de fibras têxteis biodegradáveis e renováveis.	90%	70%	70%	10%	20%	20 %	50%	30%	70%
12) Uso da Biotecnologia (fermentação), aplicado ao cultivo de nanofibras de celulose, visando produzir artigos têxteis de couro/tecido vegetal flexível e biodegradável com aplicações técnicas.	90%	70%	70%	30%	0%	20%	70%	10%	60%
13) Uso de nanotubos de carbono, aplicado ao revestimento de fios, visando torná-los materiais capazes de armazenar, conduzir e gerar energia.	80%	80%	40%	50%	10%	20%	50%	30%	60%
14) Uso de corantes naturais, aplicados a fibras elastoméricas condutoras elétricas, visando a produção de materiais têxteis fotovoltaicos dobráveis (células solares orgânicas que convertem energia dos fótons em energia elétrica).	80%	60%	90%	10%	0%	40%	50%	10%	40%

Tecnologias Emergentes			Difusão 5 anos			Difusão 15 anos			Potencial
	Factibilidade	Viabilidade	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
15) Uso da eletrofição, aplicado a fabricação de nanofibras, visando fabricar materiais têxteis funcionais (tais como: membranas de afinidade, meios filtrantes, curativos, liberação de drogas, vestuário de proteção química/biológica, sensores, reforços compósitos).	100%	100%	70%	20%	10%	20%	50%	30%	60%
16) Uso da fiação gel, aplicado à produção de fibras com elevado nível de orientação macromolecular, visando conferir propriedades de alta performance.	90%	60%	100%	0%	0%	50%	50%	0%	50%
17) Uso da fiação magnética (magnet spinning), aplicado a fabricação de nanofibras, visando fabricar materiais têxteis funcionais (tais como: membranas de afinidade, meios filtrantes, curativos, liberação de drogas, vestuário de proteção química/biológica, sensores, reforços compósitos).	80%	70%	90%	10%	0%	40%	40%	20%	50%
18) Uso da Engenharia Genética, aplicada ao Bombyx Mori (bicho da seda), visando produzir filamento de seda artificial com propriedades físicas significativamente melhoradas da seda de aranha (Produção de teia de aranha artificial).	60%	50%	90%	10%	0%	50%	50%	0%	40%
19) Uso da co-extrusão, aplicado a fabricação de filamentos multicomponentes, visando promover propriedades funcionais combinadas (em decorrência da associação das propriedades de seus polímeros-base).	100%	80%	70%	30%	0%	40%	40%	20%	70%
20) Uso de sistemas de simulação virtual, aplicado aos processos formadores de fios, visando simular suas propriedades físico-mecânicas e orientar a configuração rápida das máquinas envolvidas na fabricação de tais produtos.	90%	80%	40%	50%	10%	10%	70%	20%	70%

Tecnologias Emergentes			Difusão 5 anos			Difusão 15 anos			Potencial
	Factibilidade	Viabilidade	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
21) Uso de nanofibras, aplicada à produção de tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas (tais como: liberação controlada de drogas, proteção química e biológica, condutividade elétrica, regulação térmica, etc).	91%	91%	45%	27%	27%	27%	18%	55%	55%
22) Uso de fibras de alta performance, aplicada à produção de tecidos e não tecidos, visando produzir materiais têxteis com propriedades funcionais avançadas.	100%	100%	18%	64%	18%	9%	18%	73%	73%
23) Uso de tecnologia de tecelagem 3D (multicamadas), aplicada à produção de tecido plano, visando fabricar estruturas têxteis tridimensionais utilizadas como pré-formas na produção de materiais compósitos.	82%	82%	55%	45%	0%	18%	36%	45%	73%
24) Uso de impressora 3D, aplicada à produção de estruturas têxteis, visando utilizar novos materiais para fabricação de tecidos técnicos.	100%	82%	64%	18%	18%	18%	55%	27%	64%
25) Uso da Tecnologia Seamless, aplicada ao design e fabricação de tecidos de malha, visando produzir com maior rapidez artigos de vestuário com performance diferenciada, em diversas dimensões e prontos para uso.	82%	73%	55%	27%	18%	18%	45%	36%	64%
26) Uso de sistemas de simulação virtual, aplicado aos processos formadores de tecidos e não tecidos, visando simular as propriedades físico-mecânicas das estruturas têxteis multifuncionais e orientar a configuração rápida das máquinas envolvidas na fabricação de tais produtos.	100%	91%	45%	55%	0%	18%	55%	27%	73%
27) Uso de nanomateriais funcionais, aplicado aos insumos químicos, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis.	100%	90%	40%	50%	10%	10%	30%	60%	80%



Tecnologias Emergentes			Difusão 5 anos			Difusão 15 anos			Potencial
	Factibilidade	Viabilidade	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
28) Uso do plasma, aplicado ao processo de acabamento da superfície têxtil, visando modificar as propriedades físicas da superfície dos materiais têxteis (superfícies hiperfuncionais).	90%	80%	60%	30%	10%	20%	50%	30%	70%
29) Uso da tecnologia de laminação, aplicado à produção de estruturas têxteis bidimensionais laminadas, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis (a partir da combinação de um ou mais substratos têxteis com um filme polimérico pré-preparado).	80%	70%	70%	30%	0%	30%	50%	20%	60%
30) Uso da tecnologia de revestimento, aplicado ao beneficiamento de artigos têxteis, visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis (a partir da aplicação direta de líquido polimérico viscoso).	100%	100%	50%	50%	0%	10%	70%	20%	70%
31) Uso de métodos de microencapsulação, aplicado à produção de insumos químicos, visando funcionalizar substratos têxteis para liberação controlada de substâncias e com efeito duradouro.	100%	90%	40%	60%	0%	0%	90%	10%	90%
32) Uso da técnica de eletrodeposição, aplicada ao processo de beneficiamento, visando aplicar agentes de funcionalização têxtil em áreas localizadas e de forma eficiente.	100%	80%	80%	20%	0%	30%	70%	0%	80%
33) Uso da técnica de deposição polimérica in situ, aplicada ao processo de beneficiamento, visando aplicar agentes de funcionalização têxtil aplicados de forma mais minuciosa e uniforme e precisa.	70%	60%	90%	10%	0%	50%	50%	0%	40%
34) Uso da tecnologia de ultrassom, aplicada aos processos de beneficiamento em nanoescala (nanotingimento, nanoimpressão, nanoacabamento), visando conferir funcionalidades específicas aos materiais têxteis.	90%	90%	90%	10%	0%	50%	50%	0%	60%

Tecnologias Emergentes			Difusão 5 anos			Difusão 15 anos			Potencial
	Factibilidade	Viabilidade	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
35) Uso do laser, aplicado ao processo de beneficiamento têxtil, visando expandir e melhorar os processos para funcionalização de superfícies têxteis.	90%	80%	60%	40%	0%	40%	30%	30%	80%
36) Uso da tecnologia de impressão jato de tinta, aplicado ao processo de beneficiamento, visando melhorar a capacidade de aplicação de uma variedade de fluidos funcionais em quantidades discretas de um lado do tecido.	90%	90%	80%	0%	20%	30%	40%	30%	80%
37) Uso da tecnologia de efeito lenticular, aplicado ao beneficiamento têxtil, visando produzir materiais têxteis com efeitos óticos (efeito zoom, 3D e de imagem em movimento).	80%	60%	100%	0%	0%	50%	50%	0%	50%
38) Uso da eletroluminescência, aplicada aos corantes têxteis, visando a produção de materiais têxteis com funcionalidades inovadoras de emissão de luz.	90%	80%	80%	20%	0%	20%	40%	40%	80%
39) Uso da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC's), aplicado ao desenvolvimento de dispositivos flexíveis, visando obter têxteis inteligentes (capazes de responder a estímulos ambientais e interagir com seus usuários).	80%	70%	50%	40%	10%	30%	20%	50%	80%
40) Uso da nanotecnologia, aplicado aos materiais/processos/produtos têxteis, visando obter produtos com funcionalidades avançadas e aplicações diversas.	100%	90%	50%	40%	10%	20%	30%	50%	80%
41) Uso do conceito de biomimética, aplicado ao desenvolvimento de soluções na área de TT, visando obter produtos com performance diferenciada.	70%	60%	100%	0%	0%	50%	50%	0%	50%
42) Uso do conceito de Eco Design, aplicado ao desenvolvimento de soluções na área de TT, visando obter produtos e processos que causem menores impactos ao meio ambiente.	100%	100%	30%	60%	10%	10%	30%	60%	100%

