

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
ENGENHARIA DE MATERIAIS

CARACTERIZAÇÃO DA FABRICAÇÃO E USO DE COMPÓSITOS
POLIMÉRICOS CONTENDO FIBRAS NATURAIS COM ÊNFASE NO
POLIPROPILENO/SISAL A PARTIR DA ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE
PATENTES.

Felipe Scopel

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo Rodrigues Gregolin
Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria

São Carlos
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
ENGENHARIA DE MATERIAIS

CARACTERIZAÇÃO DA FABRICAÇÃO E USO DE COMPÓSITOS
POLIMÉRICOS CONTENDO FIBRAS NATURAIS COM ÊNFASE NO
POLIPROPILENO/SISAL A PARTIR DA ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE
PATENTES.

Felipe Scopel

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Engenharia
de Materiais como requisito parcial para
obtenção do título de MESTRE EM
CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

Orientador: Prof. Dr. José Ângelo Rodrigues Gregolin
Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Innocentini Lopes de Faria

São Carlos
2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S422cf Scopel, Felipe.
Caracterização da fabricação e uso de compósitos poliméricos contendo fibras naturais com ênfase no polipropileno/sisal a partir da análise de documentos de patentes / Felipe Scopel. -- São Carlos : UFSCar, 2015. 132 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Engenharia de materiais. 2. Fibras naturais. 3. Prospecção tecnológica. 4. Patentes. 5. Inovação tecnológica. I. Título.

CDD: 620.11 (20^a)

VITAE DO CANDIDATO

Engenheiro de Materiais pela UFSCar (2008)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma colaboraram para a finalização deste trabalho:

Aos meus orientadores, Professores Dr. Gregolin e Dr. Leandro, pela imensa paciência e valiosos ensinamentos durante todo o período;

A Jordana, pela compreensão e apoio durante os períodos de trabalho;

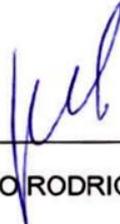
A minha família, pelo incentivo na busca pelo conhecimento.

Aos amigos que foram essenciais para a conclusão deste trabalho: Thiago Kiam, pelo auxílio nas simulações de Mold Flow; Douglas Milanez, pelo auxílio no software Vantage Point e nos artigos; José Sérgio Martins e Cleverson Marchalek pela oportunidade de associar o trabalho a este projeto; aos amigos André Leite, Aruana Barros, Danilo Guarda, Helvio Gregório, Rafael Rodrigues, Sullivan Vianna que, de maneira direta ou indireta, foram essenciais para a conclusão do trabalho.

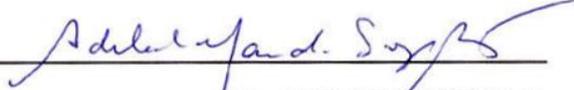
MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE
FELIPE SCOPEL

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
ENGENHARIA DE MATERIAIS, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO
CARLOS, EM 24 DE JANEIRO DE 2012.

BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. JOSÉ ÂNGELO RODRIGUES GREGOLIN
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS



DR. ADELAIDE ANTUNES
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL



PROF. DR. LUIZ ANTONIO PESSAN
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

RESUMO

As fibras naturais possuem uma crescente importância como alternativa às fibras sintéticas de reforço e carga de origens não renovável em compósitos poliméricos, buscando a combinação de propriedades, menor custo e apelo de sustentabilidade econômica, ambiental e social. Porém, ainda existem desafios técnicos, como a compatibilidade fibra/matriz, temperatura de processamento e absorção de umidade. Essa é uma área importante para o Brasil, pela sua proeminência na produção de fibras naturais. No Brasil, os órgãos de fomento à pesquisa e ao desenvolvimento têm apoiado projetos em fibras naturais, existindo expressiva quantidade de grupos de pesquisa acadêmicos. O objetivo da presente pesquisa foi analisar a situação e as tendências de fabricação e do uso de materiais contendo fibras naturais, enfatizando o sisal, a partir da análise de patentes e do estudo exploratório da simulação de uma peça de eletrodoméstico. Foram mapeados os avanços temporais dos materiais, processos, usos e atores envolvidos com fibras naturais, com indicadores elaborados a partir de documentos de patentes. A análise de documentos de patentes associadas às fibras naturais e seu uso em compósitos poliméricos, realizada entre 1960-2009, permitiu verificar a importância crescente deste tema no cenário mundial e brasileiro. Dentre outros resultados, verificou-se que o Brasil detém a 16ª posição no patenteamento associado às fibras naturais em geral e a 12ª colocação no patenteamento relativo à fibra de sisal, apesar de ser o maior produtor mundial dessa fibra e um grande produtor de fibras naturais. As empresas e pessoas físicas detêm o maior número de documentos de patentes, quando comparadas às universidades e institutos. Foi possível estabelecer recomendações para novas etapas do desenvolvimento de um pino de eletrodoméstico de polipropileno/sisal por simulação estrutural exploratória. Através deste estudo, verificou-se também a necessidade de geração de novos dados dos compósitos para viabilizar a simulação do processo de injeção.

MANUFACTURING AND USE OF NATURAL FIBRES COMPOSITES
CONTAINING NATURAL FIBRES, WITH EMPHASIS ON SISAL, THROUGH
PATENT ANALYSIS.

ABSTRACT

Natural fibers have become important as substitute for synthetic fiber reinforcement and filling in polymer composites, looking for better properties, lower cost and appeal of sustainability. To do so, there are challenges and limitations to be overcome, such as the compatibility of fiber/matrix, the processing temperature, the moisture absorption and so on. The global auto industry, including Brazil, has led the use of composites containing natural fibers in commercial products and also serves as reference to other economic areas. In Brazil, the fomentation agencies have supported projects in natural fibers and their application in composites, with a significant amount of academic research groups working in this area. The aim of this study was to analyze the situation and trends in the manufacturing and use of materials containing natural fibers through patent analysis, with emphasis on sisal, and also to simulate a sisal/polypropylene composite in home appliance part. Materials, processes, practices and actors involved in these composites were mapped, based on indicators made from patent documents. The analysis of patent documents associated with natural fibers and their use in polymer composites, in the period of 1960 to 2009, demonstrated the growing importance of this subject in the world and particularly in Brazil. Among other results, it was found that Brazil holds the 16th position in patenting associated with natural fibers in general and the 12th place in patenting on the sisal fiber, despite being the world's largest producer of sisal and one of the largest producers of natural fibers in general. Companies and individuals assignees have the largest number of patent documents, when compared to universities and institutes. It was possible to make recommendations for the development of a sisal/polypropylene part through exploratory structural simulation. It was also needed to generate new data to enable simulation of the injection process.

ÍNDICE DE ASSUNTOS

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE ASSUNTOS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	7
3 REVISÃO SOBRE FIBRAS NATURAIS E SEU USO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS	9
3.1 Economia da produção de fibras naturais	9
3.2 Estrutura e propriedades das fibras naturais	14
3.3 As fibras naturais em materiais compósitos poliméricos	20
3.4 Fibras de sisal	26
3.5 Fabricação dos compósitos de fibras naturais.....	27
3.5.1 Etapas básicas da fabricação de compósitos com fibras	27
3.5.2 Extração de fibras naturais das espécies vegetais para uso na fabricação de compósitos poliméricos	28
3.5.3 Tratamento superficial de fibras naturais para compatibilização com a matriz polimérica	30
3.5.4 Principais técnicas de fabricação dos compósitos com fibras naturais	31
3.6 Aplicações das fibras naturais	37
3.7 Comunicação empresarial sobre sustentabilidade com base nas fibras naturais.....	40
3.8 Reciclagem, reprocessamento e análise do ciclo de vida de produtos contendo fibras naturais	45
3.8.1 Reprocesso	45
3.8.2 Análise do ciclo de vida	48
3.8.3 Regulamentação ambiental europeia associada aos veículos automotivos [54]	50
3.9 Prospecção tecnológica em materiais contendo fibras naturais	51
3.10 Análise por simulação de processo e estrutural na fabricação de peça por injeção de compósito de matriz termoplástica	57
4 MÉTODOS	61
4.1 Procedimentos gerais	61
4.2 Levantamento de informações, registros e documentos	62

4.2.1 Levantamento de informações, registros de bases de dados e documentos técnico-científicos	62
4.2.2 Levantamento de informações, registros e documentos de patentes.....	64
4.3 Elaboração e análise de indicadores de patentes.....	66
4.3 Elaboração e análise de indicadores de artigos científicos.....	67
4.4 Simulação de processo e estrutural do uso de fibras de sisal em uma matriz de polipropileno para um pino de dobradiça de máquina de lavar roupas.....	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
5.1 Patenteamento mundial e brasileiro associado às fibras naturais	71
5.2 Processos e matrizes envolvidos no patenteamento de compósitos poliméricos contendo fibras naturais.....	84
5.3 Patenteamento de compósitos poliméricos contendo sisal.....	87
5.4 Discussão geral sobre a análise de documentos de patentes associados a compósitos poliméricos contendo fibras naturais e sisal.....	97
5.5 Análise exploratória da simulação da aplicação de compósito de matriz polipropileno reforçada com sisal em um pino de eletrodoméstico.....	99
5.5.1 Análise exploratória da aplicação de compósito polipropileno/sisal em peça técnica com base na simulação estrutural	99
5.5.2 Requisitos e possibilidades na simulação de injeção da peça.....	104
5.5.3 Discussão geral e recomendações para prosseguimento do desenvolvimento da aplicação de polipropileno/sisal no pino de eletrodoméstico	105
6 CONCLUSÃO	107
7 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	109
8 REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICE A	121
APÊNDICE B	129

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Propriedades das fibras naturais e da fibra de vidro	2
Tabela 3.1: Exemplos de espécies vegetais encontradas no Brasil que contém fibras naturais relevantes comercialmente.	9
Tabela 3.2: Área cultivada, produção e principais áreas produtoras de fibras naturais no mundo.	12
Tabela 3.3: Principais tendências de processamento das fibras naturais por diferentes métodos.....	14
Tabela 3.4: Composição química média de algumas fibras naturais encontradas no Brasil	15
Tabela 3.5: Propriedades físicas e mecânicas de fibras naturais	20
Tabela 3.6: Resumo das aplicações de compósitos naturais pela indústria automobilística.	40
Tabela 3.7: Resumo das informações para a simulação de processo de injeção de compósito de matriz termoplástica.....	59
Tabela 4.1: Descrição dos principais termos utilizados para a busca de artigos científicos.	63
Tabela 4.2: Descrição da expressão utilizada para a primeira busca das patentes relacionadas às fibras naturais em geral.	65
Tabela 4.3: Expressão final de busca utilizada para recuperação dos documentos de patentes relacionadas às fibras naturais em geral.....	66
Tabela 5.1: Principais assuntos tecnológicos representados pelos códigos e respectivas descrições da Classificação Internacional de Patentes (CIP) com 3 dígitos dos depósitos de patentes associados às fibras naturais, de 1953 a 2009.	72
Tabela 5.2: Principais empresas detentoras de patentes associadas a fibras naturais, de 1953 a 2009.	74
Tabela 5.3: Principais assuntos tecnológicos abrangidos pelos Códigos CIP dos depósitos de patentes das cinco principais empresas detentoras de depósitos de patentes associados a fibras naturais, de 1960 a 2009 (Vide também Figura 5.4).....	77
Tabela 5.4: Mapeamento da cotitularidade das principais empresas depositantes de patentes associadas às fibras naturais, 1960 a 2009.	79
Tabela 5.5: Evolução das patentes brasileiras em relação aos depósitos mundiais.....	83
Tabela 5.6: Principais Seções da Classificação Internacional de Patentes (CIP) nas quais estão depositadas as patentes associadas ao sisal, de 1960 a 2009.	88
Tabela 5.7: Principais assuntos tecnológicos representados pelo códigos CIP e respectivas descrições dos documentos de patentes associados ao sisal, de 1960 a 2009.	90
Tabela 5.8: Principais assuntos tecnológicos representados pelos códigos CIP de Classificação e respectivas descrições dos documentos de patentes das universidades e institutos de pesquisa associados ao sisal, de 1963 a 2009. .	94
Tabela 5.9: Tensões de escoamento e máximas obtidas na simulação de acordo com a composição dos compósitos PP/fibra de sisal.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Resistência e módulo específicos de fibras de alto desempenho e outros materiais [10].	2
Figura 3.1: Produção de fibras naturais no Brasil.	11
Figura 3.2: Taxa de utilização e reuso dos veículos em fim de vida nos países da união Européia.	13
Figura 3.3: Estrutura da celulose com a presença da unidade de repetição D-anidroglicose, com as ligações de 1,4-b-D-glicosídica nas posições C1 e C4.	15
Figura 3.4: Esquema simplificado de microfibrilas de celulose	16
Figura 3.5: Estrutura da hemicelulose. Nesta ilustração, anéis de glucose.	17
Figura 3.6: Esquema simplificado da estrutura da lignina.	18
Figura 3.7: Esquema simplificado da estrutura de uma fibra natural	19
Figura 3.8: Esquema de um material compósito.	21
Figura 3.9: Construção das camadas de um material compósito.	22
Figura 3.10: Proposta de classificação hierárquica dos compósitos.	23
Figura 3.11: Janela de processo de compósitos reforçados por fibras naturais definidas por TGA (análise termogravimétrica).	25
Figura 3.12: Etapas básicas da fabricação de compósitos	28
Figura 3.13: Ilustração do processo de extração de fibras lignocelulósicas do Brasil	29
Figura 3.14: Divisão das diferentes técnicas de processamento de compósitos de fibras naturais na indústria automotiva alemã em 2005, excluindo-se as fibras de madeira e algodão.	33
Figura 3.15: Esquema do processo de impregnação utilizando o sistema “Foulard”	34
Figura 3.16: Esquema do processo de RTM utilizado para a produção de compósitos com reforço de fibras naturais.	36
Figura 3.17: Concentração de fibras obtidas de cada um dos processos descritos e a sua relação com a resistência mecânica.	37
Figura 3.18: Peça de automóvel fabricada a partir de um “plástico verde” reforçado com fibras de bambu.	43
Figura 3.19: Disco abrasivo Plantex® fabricado com fibra de cânhamo.	44
Figura 3.20: Evolução do comprimento das fibras naturais (a) e das fibras de vidro (b) através do número de reprocessos.	46
Figura 3.21: Evolução do módulo sob tensão com o número de ciclos.	48
Figura 3.22: Curvas tensão e deformação de diferentes composições do compósito PP/fibra de sisal.	60
Figura 4.1: Curvas tensão e deformação obtidas com auxílio do software WinDig,	69
Figura 5.1: Evolução do patenteamento associado ao uso das fibras naturais de 1960 a 2009.	71
Figura 5.2: Principais fibras associadas aos documentos de patentes pesquisados, de 1960 a 2009.	72
Figura 5.3: Evolução do patenteamento associado a fibras naturais das empresas Matsushita e Bayer, de 1960 a 2009.	75
Figura 5.4: Principais assuntos tecnológicos dos depósitos de patentes associados a fibras naturais representados pelos códigos CIP das 5 primeiras	

empresas titulares, de 1960 a 2009 (vide significado dos códigos CIP na Tabela 5.4).	76
Figura 5.5: Distribuição dos tipos de titulares de documentos de patentes relacionados às fibras naturais, de 1960 a 2009.	80
Figura 5.6: Distribuição dos grupos de pesquisas brasileiros que apresentam relação com a pesquisa na área de fibras naturais.	81
Figura 5.7: Principais universidades detentoras de patentes relacionadas as fibras naturais no mundo, 1960 a 2009.	82
Figura 5.8: Principais países depositantes de documentos de patentes associados a fibras naturais, de 1960 a 2009.	82
Figura 5.9: Principais técnicas de processamento das fibras naturais envolvidas nos documentos de patentes estudadas, de 1960 a 2009.	84
Figura 5.10: Comparação do número de depósitos de patentes envolvendo fibras naturais e fibras de vidro de 1963 a 2009.	85
Figura 5.11: Matrizes poliméricas associadas aos compósitos com fibras naturais indicadas nos depósitos de patentes, de 1963 a 2009.	86
Figura 5.12: Matrizes poliméricas associadas às três principais técnicas de processamento de materiais compósitos com fibras naturais indicadas nos depósitos de patentes, 1963 a 2009.	86
Figura 5.13: Evolução do patenteamento associado ao sisal, de 1960 a 2009.	87
Figura 5.14: Evolução do número de depositantes de patentes relacionadas ao sisal comparados com a evolução do número de patentes no período de 1960 a 2009.	88
Figura 5.15: Evolução dos principais assuntos tecnológicos do patenteamento conforme classificação da própria Base Derwent associados ao sisal de 1960 a 2009.	89
Figura 5.16: Principais técnicas de processamento envolvidas nos depósitos de patentes associados ao sisal, de 1963 a 2009.	90
Figura 5.17: Matrizes poliméricas associadas aos compósitos com fibras de sisal indicadas nos depósitos de patentes, de 1963 a 2009.	91
Figura 5.18: Distribuição dos tipos de titulares de documentos de patentes relacionados ao sisal, de 1960 a 2009.	92
Figura 5.19: Principais titulares de documentos de patentes relacionados ao sisal, de 1960 a 2009.	93
Figura 5.20: Principais universidades depositantes de documentos de patentes na área de sisal, de 1963 a 2009.	94
Figura 5.21: Principais países depositantes de documentos de patentes relacionados ao sisal, de 1960 a 2009.	96
Figura 5.22: Ilustração do modelo do pino utilizado em eletrodoméstico e tomado como referência para a simulação estrutural.	99
Figura 5.23: Simulação da deformação do clique com aplicação de 1.0 mm.	100
Figura 5.24: Modelo multilinear elástico genérico utilizado pelo programa ANSYS	101
Figura 5.25: Região de concentração de tensão na peça estudada.	102
Figura 5.26: Distribuição de tensões após aplicação do deslocamento nas matrizes com 3,5% (a), 10,5% (b) e 24,5% (c) de sisal.	103
Figura 5.27: Fluxo de injeção do material na região do clique.	105

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas, a pesquisa com fibras naturais vem recebendo consideráveis investimentos, sendo vistas como substitutas às fibras sintéticas de reforço, principalmente as fibras de vidro, as de carbono e as poliméricas. Já existe demanda em pesquisas na área de compósitos e, especialmente, de matrizes poliméricas com reforço de fibras naturais, desde o início do século 20, porém sem tanto investimento científico até a década de 1980 [1-7].

No Brasil são encontradas várias espécies de fibras naturais com relevância comercial, como as de sisal, de abacá, de algodão, de banana, de bambu, de cana-de-açúcar, de coco, de curauá, de juta, de malva, de rami, e outras. As fibras naturais são utilizadas para suprir as mais diversas necessidades da humanidade. Os povos indígenas, por exemplo, utilizam o curauá com grande destaque em seu dia-a-dia, em amarras de embarcações, redes, cestaria e linhas de pesca [1-7].

As fibras naturais, também conhecidas por biofibras ou fibras lignocelulósicas – compostas por celulose, hemicelulose e lignina. A densidade das mesmas varia entre 0,82 e 1,5 g/cm³, e é bem inferior ao da fibra de vidro, composta basicamente por três minerais: sílica (SiO₂), óxido de cálcio (CaO) e óxido de alumínio (Al₂O₃), com densidade em torno de 2,5 g/cm³, e . Por sua vez, as propriedades mecânicas específicas das fibras naturais, que é a relação de uma determinada propriedade pela densidade do material, são geralmente similares às da fibra de vidro, como pode ser depreendido a partir da Tabela 1.1 [1-8].

Atualmente existem diversos tipos de fibras de alto desempenho. Essas fibras podem ser poliméricas, como as de aramida ou de cadeia estendida de polietileno, e também fibras de carbono, de boro e de cerâmica, como as de alumina. Conforme a Figura 1.1, quando uma força é aplicada paralela ao eixo da fibra, todas as fibras ilustradas são mais fortes e mais rígidas que os materiais tradicionais como aço e alumínio.

Tabela 1.1: Propriedades das fibras naturais e da fibra de vidro

Propriedade	Material				
	Fibra de Vidro	Cânhamo	Rami	Juta	Sisal
Densidade (kg/m ³)	2,55	1,48	1,5	1,46	1,33
Tensão de Ruptura (MPa)	2400	550-900	500	400-800	600-700
Módulo Elástico (GPa)	73	70	44	10-30	38
Razão específica (E/d)	29	47	29	7-21	29
Alongamento na ruptura (%)	3	1,6	2	1,8	2-3
Absorção de umidade (%)	-	8	12-17	12	11

Fonte: Adaptado de [9].

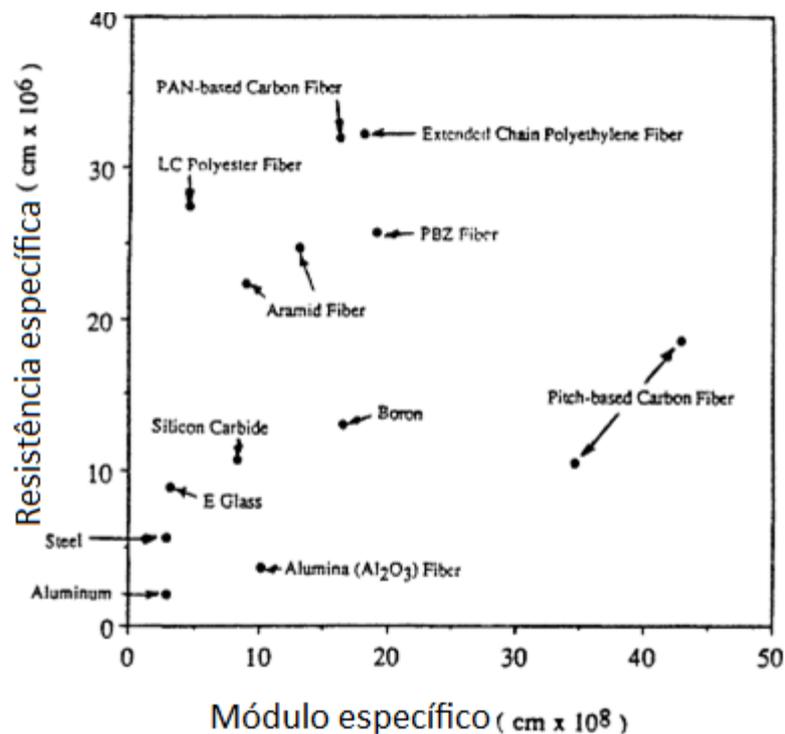


Figura 1. 1: Resistência e módulo específicos de fibras de alto desempenho e outros materiais [10].

Importantes vantagens das fibras naturais são o baixo custo, da ordem de US\$ 0,60 a 1,50 o kg contra US\$ 5,00 o kg da fibra de vidro, sua biodegradabilidade e alto grau de flexibilidade durante o processamento. O

principal objetivo da utilização das fibras naturais em geral é diminuir o uso das fibras sintéticas, mais caras e provenientes de recursos não renováveis. As aplicações dos compósitos com fibras naturais vão desde barcos e *seis* a equipamentos agrícolas e peças automotivas [7]. A competição das fibras naturais com as fibras sintéticas, fabricadas por caminhos renováveis ou não renováveis, como as de fibra de vidro, de polipropileno e outras, depende de fatores de mercado, de políticas e regulamentações de governo.

Por outro lado, a natureza polar e hidrofílica das fibras lignocelulósicas e as características não polares da maioria dos termoplásticos resultam em dificuldades na fabricação desse tipo de compósito, principalmente pela dispersão não uniforme das fibras na matriz, o que prejudica a eficácia do composto. Esta é uma das principais desvantagens de compósitos reforçados com fibras naturais em relação aos com fibras sintéticas.

Existem também outros fatores que limitam o uso das biofibras em compósitos, tais como [11]:

- Temperatura de processamento dos compósitos limitada a 200°C, pois as fibras vegetais e o material da matriz sofrem degradação em altas temperaturas, o que restringe a escolha dos materiais da matriz.
- Alta absorção de umidade de fibras naturais, que causa o inchaço e a presença de vazios na interface matriz/fibra, resultando em baixas propriedades mecânicas e de estabilidade dimensional dos compósitos.
- Baixa resistência microbiana e suscetibilidade à podridão, causando graves problemas durante o transporte, o armazenamento e o processamento dos compostos.
- Não uniformidade, variações de dimensionais e das propriedades mecânicas (mesmo entre as plantas individuais da mesma cultura).

Além da aplicação como reforço em matrizes poliméricas termoplásticas e termofixas, as fibras naturais podem ser utilizadas como carga de

preenchimento de resinas, para a substituição de materiais como talco, negro de fumo, sílica e carbonato de cálcio [12].

A indústria automobilística vem aumentando seu interesse e seus investimentos em fibras naturais para utilizá-las em compósitos, tanto em peças do interior quanto do exterior de automóveis. Neste caso, as companhias automobilísticas têm dois objetivos principais: diminuir o peso geral dos veículos para aumentar a eficiência do consumo de combustível e aumentar a sustentabilidade de seus processos e produtos [7]. É de se esperar que novos ramos industriais venham a se interessar pelo uso de fibras naturais em seus produtos, tendo em vista a crescente pressão pela sustentabilidade por parte da sociedade.

Instituições governamentais têm trabalhado em projetos de pesquisa e desenvolvimento na área de fibras naturais, principalmente a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), enquanto que outras instituições têm fomentado a pesquisa, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)[13].

A partir de 2005, foram organizadas cinco conferências internacionais sobre fibras lignocelulósicas e seus compósitos no Brasil, que provavelmente foi o país pioneiro nesse tipo de iniciativa. As conferências indicaram tendências internacionais dos estudos das fibras lignocelulósicas, tais como [13]:

- Potencial para aplicação automobilística;
- Competidores ideais para materiais não renováveis;
- Muitos países estão envolvidos em causas ecológicas, sendo que os países europeus, particularmente, estão visando por lei a utilização, até 2015, de 95% de material reciclável em automóveis;
- É possível produzir fibras de alta qualidade, adequadas a diferentes aplicações, através de melhoria do cultivo, da engenharia genética, atingindo-se propriedades mais uniformes.

Tem sido considerado que uma grande vantagem econômica na utilização das fibras naturais se dá com a sua disponibilidade perto das regiões de consumo, por exemplo, no uso de fibras em materiais de construção, embalagens, veículos e outros produtos [14].

Nesse contexto, mais uma vez a indústria automobilística procura tirar proveito das fibras naturais, por exemplo, com o uso do curauá uma das fibras utilizadas por esta indústria, cujos fatores econômicos e sociais foram mapeados. Nos compósitos feitos com esta fibra, o local de disponibilidade não é um problema ambiental e nem econômico, uma vez que o transporte é responsável por menos de 1% do impacto total gerado em sua utilização. No caso específico do automóvel VW Fox, por exemplo, no Brasil as peças são moldadas perto das áreas de produção e depois enviadas a área de montagem dos carros [15]. Estes baixos impactos ambientais e no custo fazem a fibra do curauá um produto adequado (*fair trade*) dos países em desenvolvimento para a exportação [7].

Outra vantagem adicional no mercado de vendas de automóveis tem sido obtida com ações de *marketing* adequadas sobre os benefícios ambientais das fibras [15]. Todo esse conjunto favorável de fatores tem promovido o rápido crescimento do mercado dos compósitos naturais, principalmente na indústria automobilísticas.

Na região Norte do Brasil, há também um programa de pesquisa e desenvolvimento local chamado POEMA (Programa Pobreza e Meio Ambiente na Amazônia), ligado à Universidade Federal do Pará (UFPA), englobando projetos interdisciplinares voltados para o desenvolvimento local, dentre os quais, um deles envolve as principais etapas do cultivo até a produção de material compósito polimérico semi-acabado contendo curauá para a moldagem das peças [16].

Além do curauá, outra fibra natural importante para o uso em compósitos poliméricos no Brasil é o sisal, pelo fato do país ser o maior produtor mundial, com 40% (120.000 toneladas) da produção mundial, estimada em 300.000 toneladas anuais. Outros países proeminentes na produção de sisal são a Tanzânia e o Quênia com produções de 30.000 e 25.000 toneladas anuais,

respectivamente. Da quantidade produzida no Brasil, cerca de 100.000 toneladas são exportadas como matéria prima ou bens manufaturados, especialmente cordas, para os Estados Unidos. O Brasil tem grandes possibilidades de exploração comercial deste seu recurso natural no cenário mundial, como alternativa sustentável e de menor custo às fibras sintéticas obtidas a partir do petróleo, provenientes de recursos não renováveis, para a fabricação de compósitos poliméricos. Para que a produção seja sustentável, considera-se também importante que as tecnologias empregadas levem à utilização de elevadas taxas de emprego, que sejam ambientalmente adequadas e que promovam o desenvolvimento econômico local e nacional [2]. Apesar do potencial, verifica-se ainda carência de informações sobre a utilização de sisal em compósitos poliméricos, inclusive sobre a proteção intelectual das tecnologias envolvidas.

Se por um lado existe a expectativa do impacto positivo da utilização das fibras naturais em compósitos pelo apelo social e ambiental, por outro lado as empresas estão inseridas em um competitivo mercado global, no qual elas buscam trabalhar com elevado nível de competição, com qualidade, rapidez e baixo custo. Para isso, as empresas precisam obter informações que auxiliem o planejamento e as decisões de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos da utilização das fibras naturais em compósitos, com o emprego de ferramentas tecnológicas de concepção e projeto, tais como a análise de patentes para prospecção tecnológica e a simulação estrutural de peças para antever a viabilidade técnica dos projetos.

O Núcleo de Informação Tecnológica em Materiais (NIT/Materiais) do Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa) da UFSCar, no qual se insere a presente pesquisa, vem realizando estudos prospectivos com base na análise de documentos de patentes combinada com outras técnicas. Utilizou-se deste conhecimento para alcançar os resultados relacionados às fibras naturais, avançando no conhecimento sobre os desafios da fabricação e uso dos compósitos contendo fibras naturais, bem como no aprimoramento das metodologias empregadas.

2 OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é analisar a situação atual e as tendências da fabricação e do uso de materiais contendo fibras naturais, abordando as principais fibras disponíveis no mundo enfatizando o sisal, a partir de análises de patentes, e sua possível nova aplicação, a partir de técnicas de simulação, abrangendo os seguintes objetivos específicos:

- Mapear a evolução temporal e dos principais atores envolvidos no patenteamento associado às fibras naturais, no Brasil e no mundo, com ênfase no uso do sisal em compósitos de matriz polimérica
- Caracterizar as principais propriedades, estruturas e usos das fibras naturais e dos materiais obtidos com sua incorporação;
- Caracterizar os principais processos, matérias-primas, atores envolvidos e outros aspectos das tecnologias empregadas na fabricação dos materiais pesquisados;
- Aplicar procedimentos de simulação para realização de estudo exploratório para o desenvolvimento de uma peça com fibra de sisal em com uma matriz de polipropileno.

3 REVISÃO SOBRE FIBRAS NATURAIS E SEU USO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

3.1 Economia da produção de fibras naturais

As fibras naturais são obtidas do caule, das folhas, da raiz, das frutas e das sementes das plantas, podendo ser obtidas diretamente da forma natural [11]. O Brasil está em uma posição única entre os países sul-americanos para a produção de fibras naturais, tendo uma área de aproximadamente 8,5 milhões de km², dos quais 41%% são terras utilizáveis para a agricultura (considerando-se lavouras, pastagens e bosques/florestas também utilizadas para lavouras e pastoreio de animais) [17]. O país também é privilegiado geograficamente, possuindo excelentes condições climáticas e solo fértil para o cultivo de uma variedade grande de espécies de plantas [2]. Exemplos de espécies vegetais que contém fibras relevantes comercialmente encontradas no país são mostrados na Tabela 3.1Tabela 1.1.

Tabela 3.1: Exemplos de espécies vegetais encontradas no Brasil que contém fibras naturais relevantes comercialmente.

Nome popular	Nome botânico
Abacá	Ananas comosus
Algodão	Gossypium mustelinum
Arroz	Oryza Sativa
Banana	Musa sapientum
Cabaça	Luffa cylindrica
Coco	Cocus nucifera
Crotalária	Crotalaria juncea
Curauá	Ananas erectifolius
Juta	Corchorus capsularis
Kenaf	Hibiscus cannabinus
Linho	Linum usitatissimum
Mesta	Hibiscus sibdoriff
Paina	Chorisia speciosa
Piaçava	Attalea funifera
Rami	Boehmeria nivea
Sisal	Agave sisalana

Fonte: Adaptado de [2].

O Brasil tem grandes possibilidades de exploração comercial destes seus recursos naturais no cenário mundial, como alternativa ao alto custo de exploração dos recursos não renováveis - fibras sintéticas com base em petróleo. Mas isso deve ser feito em consonância com a tendência atual em relação à produção sustentável desses recursos, empregando tecnologias que levam a utilização de elevadas taxas de emprego e ao desenvolvimento da economia local e nacional [2].

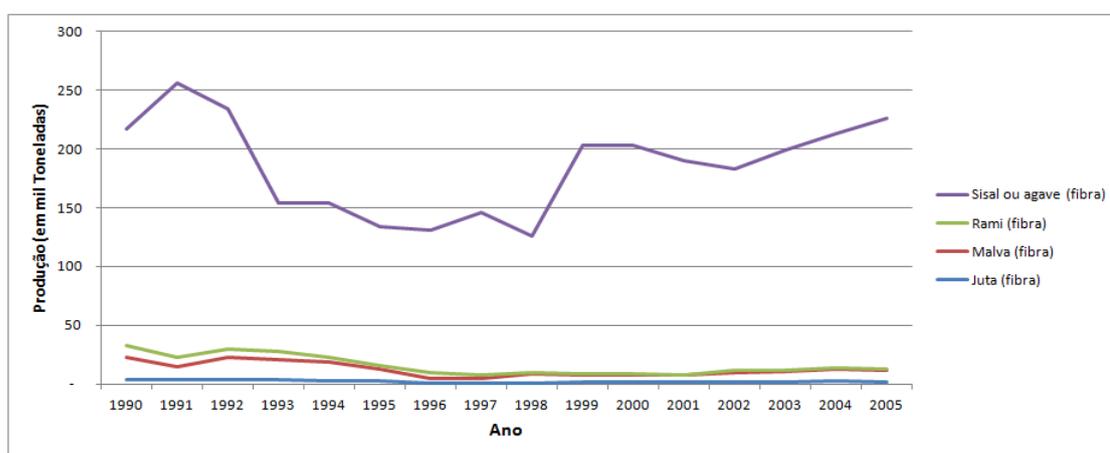
Sucessivos governos no Brasil têm dado especial atenção para as políticas agrícolas, embora as expectativas dos pequenos agricultores ainda tenham de ser cumpridas. Estas políticas incluem o aumento da área de terras cultiváveis para a cultura das fibras ao longo dos anos, o desenvolvimento de novas técnicas e a melhoria das formas já existentes de cultivo, estas duas últimas com a participação do Instituto Brasileiro de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA.

Além da cooperação da EMBRAPA, outros fatores também contribuem para a melhoria da produtividade ilustrada acima. Entre eles, estão a união dos agricultores mediante cooperativas agrícolas e o aumento da mecanização das plantações, o que levou a uma maior disponibilidade das fibras no mercado [2]. Exemplos de sucesso das melhorias alcançadas são o aumento na produtividade de culturas de espécies de plantas relevantes para fornecimento de fibras naturais, como o algodão, que passou de 2500 para 3300 kg/ha no período de 2000 a 2004 e a juta, que passou de 1200 para 1500 kg/ha no mesmo período [2].

Um dos destaques das fibras naturais no cenário nacional é o Sisal. O Brasil é hoje o maior produtor e exportador de fibras e manufaturados da fibra desta planta, com 58% da produção e 70% da exportação. O cultivo ocorre em 112 municípios do Nordeste, sendo a Bahia o maior produtor nacional. O estado responde por cerca de 90% da produção nacional, que ocorre também em outros estados da região nordeste (Sergipe e Alagoas) [3].

A cultura é de fundamental importância na economia nordestina porque torna produtivas as regiões semiáridas, sem alternativas econômicas e baixo

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo fator de sobrevivência, pois emprega grande volume de mão de obra, contribuindo para fixar o homem no campo. Estima-se que a cadeia produtiva emprega cerca de 600 mil pessoas. De 1995 a 2005, a produção anual de fibra oscilou entre 110 e 220 mil toneladas, conforme Figura 3.1. Atualmente, 87% da produção interna destinam-se à exportação, gerando divisas anuais da ordem de 80 milhões de dólares. Em 2004, o excedente da produção nacional foi exportado para 84 países [3].



Fonte: Adaptado de [4]

Figura 3.1: Produção de fibras naturais no Brasil.

No aspecto social, o curauá também é um exemplo importante para o Brasil, e estima-se haver aproximadamente 10.000 trabalhadores na região de Santarém (Amazonas) ligados à produção dessa fibra natural [11]. Além de receberem salário, estes trabalhadores e suas famílias também obtiveram melhor acesso a escolas e medicamentos, benefícios que continuam longe do alcance de uma significativa parcela da população brasileira. A introdução da fibra de curauá na cadeia de fabricação automotiva induziu significativamente a melhoria das condições de vida em uma região rural e subdesenvolvida [15]. No cultivo e na obtenção das fibras, ainda é utilizada mão de obra intensiva baseada no conhecimento tradicional [16].

A juta é a fibra natural mais produzida no mundo, com destaque para a Índia e Bangladesh como os principais produtores. Em seguida, aparece a fibra de linho e a de sisal, com destaque para os países da União Europeia e Brasil, respectivamente, como os principais produtores, conforme ilustrado na Tabela 3.2. A disponibilidade global todas as variedades de fibras naturais e artificiais estão em alta novamente, após o declínio significativo em 2008. Enquanto as fibras naturais sofreram uma queda de 9,4% neste ano, as fibras artificiais caíram 3,7%, resultando em uma queda global de 6,2%. Em 2009, as fibras artificiais conseguiram reverter as perdas de 2008 com um crescimento de 3,6%, enquanto a produção das fibras naturais continuou a cair, embora a uma taxa menor [18].

Tabela 3.2: Área cultivada, produção e principais áreas produtoras de fibras naturais no mundo.

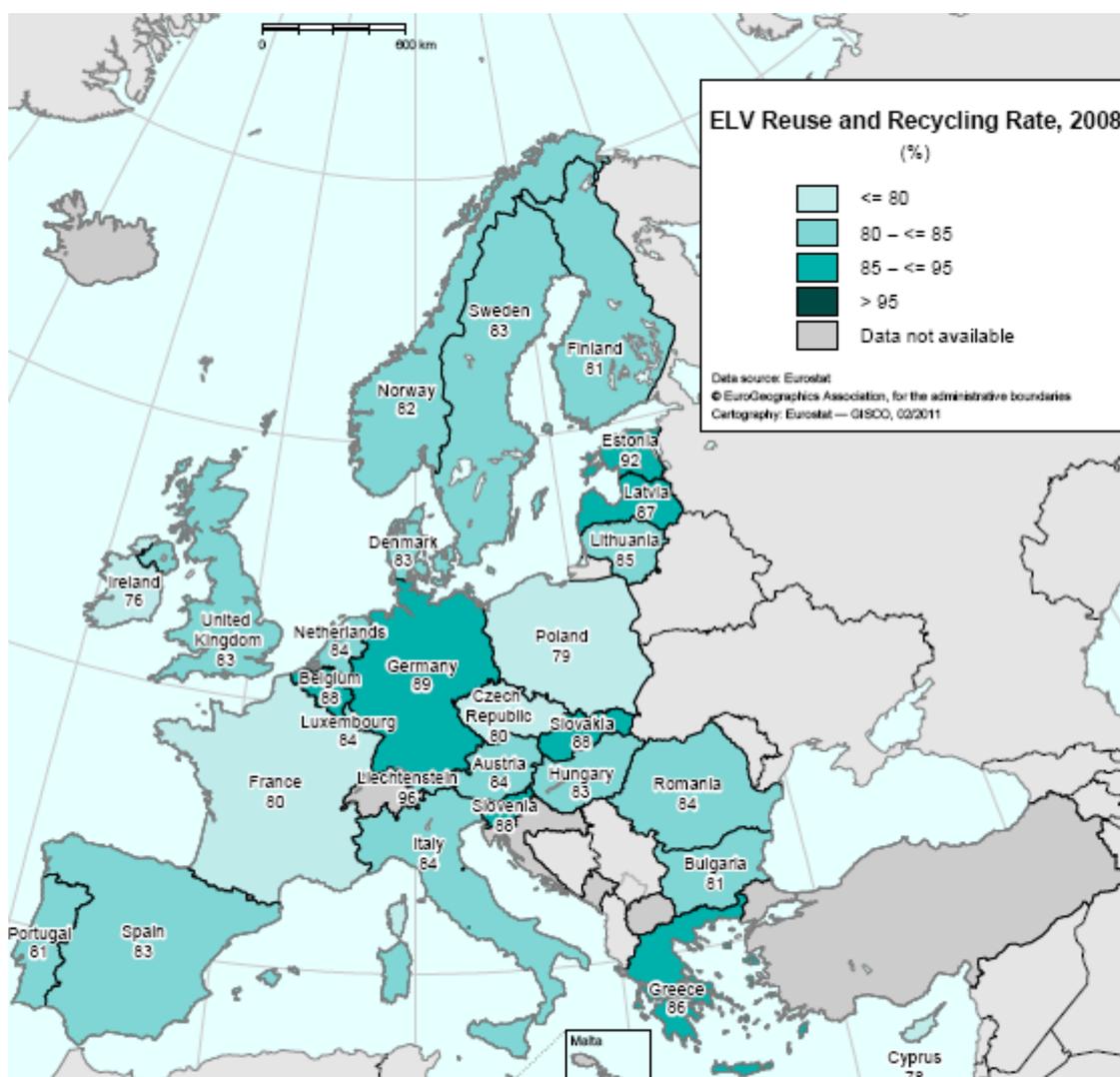
Fibra	Área cultivada (ha)	Produção (toneladas)	Principais áreas produtoras
Juta	1 343 620	2 859 105	Índia, Bangladesh
Linho	504 995	770 467	Europe, China
Sisal	375 687	315 573	Brazil, Tanzania, Kenya
Kenaf	296 241	382 581	India, Bangladesh
Abaca	146 63	100 457	Philippines, Ecuador
Cânhamo	52 307	67 818	China, Europe
Coco	NA	398 600	India, Sri Lanka

Fonte: Adaptado de [18].

Na área dos materiais compósitos, em 2010, a Europa já utilizava pelo menos 315000 ton de materiais compósitos reforçados com fibras naturais nos setores da indústria automotiva e construção civil. Até 2020 esta quantidade pode mais que dobrar, conforme previsão apresentada na Tabela 3.2. De fato, as peças do interior dos automóveis atualmente já apresentam entre 30 e 80% de fibras naturais. Outro fator importante que deve ser levado em consideração

para o aumento da utilização das fibras até 2020 é a diretiva ELV (End of Life Vehicles), que parece oferecer uma excelente oportunidade para isto.

Esta diretiva declara que até 1º de janeiro de 2015, a taxa de reuso e recuperação dos materiais serão aumentadas para 95% do peso médio de um veículo no fim da vida. Neste mesmo prazo, o reuso e reciclagem serão aumentados para um mínimo de 85% do peso médio do veículo [19]. A Figura 3.2 ilustra o cumprimento da meta pelos países da união europeia.



Fonte: [20]

Figura 3.2: Taxa de utilização e reuso dos veículos em fim de vida nos países da união Europeia.

Tabela 3.3: Principais tendências de processamento das fibras naturais por diferentes métodos.

Compósito	Quantidade na UE em 2010	Quantidade estimada na UE em 2020
Moldagem por compressão		
- com fibras naturais como flax, cânhamo, juta, kenaf, sisal abaca (> 95% automotiva, 5% em outras indústrias)	40000 ton	120000 ton
- com fibra de algodão (automotiva, principalmente com caminhões)	100000 ton	100000 ton
- com fibra de madeira (principalmente automotiva)	50000 ton	150000 ton
Moldagem por extrusão e injeção		
- Wood Plastic Composites (WPC) (móveis, construção, automotiva, bens de consumo)	120000 ton	360000 ton
- com fibras naturais como flax, cânhamo, juta, kenaf, sisal abaca (móveis, construção, automotiva, bens de consumo)	5000 ton	100000 ton
Total de compósitos com fibras naturais	315000 ton	830000 ton
Total de compósitos em geral (fibra de vidro, fibra de carbono e fibra natural)	2,4 Mton	3,0 Mton
Participação de compostos naturais	13%	28%

Fonte: Nova-Institut 2010 [19].

3.2 Estrutura e propriedades das fibras naturais

Todas as fibras naturais de base lignocelulósicas podem ser consideradas compósitos naturais, consistindo-se basicamente em microfibras de celulose em uma matriz amorfa de lignina e hemicelulose [11]. A Tabela 3.4 mostra valores médios de composição química de fibras naturais brasileiras comercialmente relevantes.

Tabela 3.4: Composição química média de algumas fibras naturais encontradas no Brasil

	α -Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)	Extratos (%)
Bagaço de cana	54.3–55.2	16.8–29.7	25.3–24.3	1.1	0.7–3.5 ¹
Bambu	33–45	30&	20–25	-	-
Banana	60–65	6–8	5–10	1.2	-
Juta	60	22.1	15.9	1.0	-
Rami	80–85	3–4	0.5	-	6.4
Piaçava	31.6	-	48.4	-	-
Arroz	51–70	-	12–16	15–20	9–14 ²
Curauá	70.7–73.6	21.1	7.5–11.1	0.79–0.9	2.5–2.8
Abacaxi	83	-	12	-	-
Sisal	74–75.2	10–13.9	7.6–7.98	-	-
Coco	43.4–53	14.7	38.3–40.77	-	3.5
Algodão	90	6	-	-	0.4
Luffa	62	20	11.2	0.40	3.1

Fonte: Adaptado de [2].

¹amostra livre de umidade ²sílica

A celulose é um polímero natural constituído por D-anidroglicose ($C_6H_{11}O_5$), como ilustrado na Figura 3.3. Cada unidade de repetição contém três grupos hidroxila. Esses grupos hidroxila e sua capacidade de formar pontes de hidrogênio desempenham um papel importante na cristalinidade e também nas propriedades físicas da celulose [11].

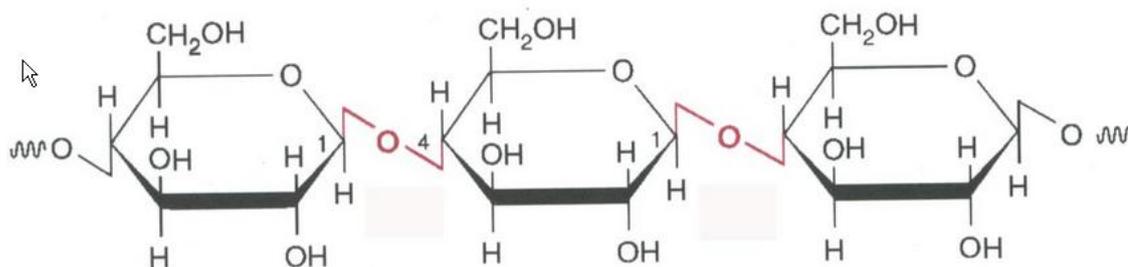
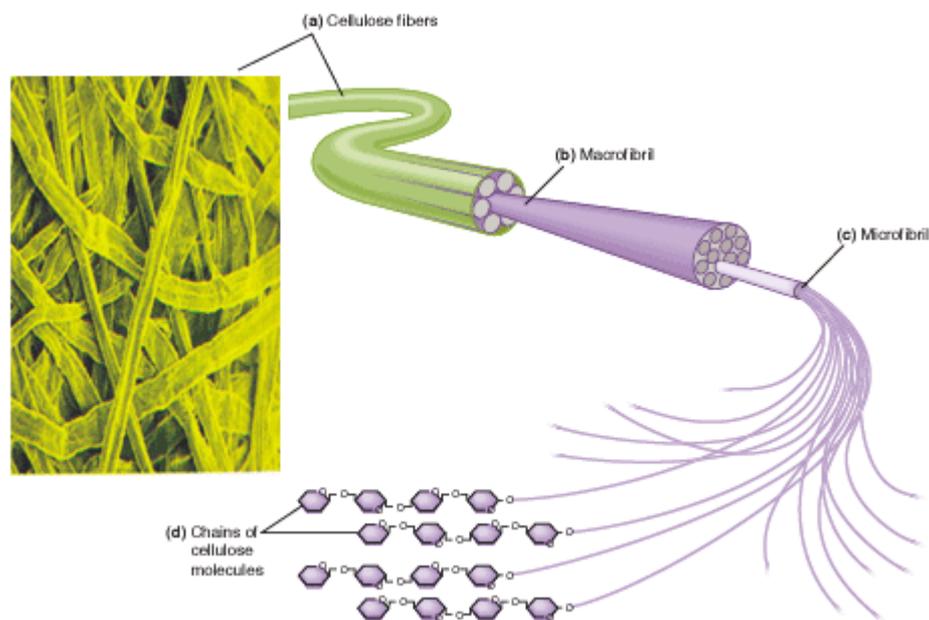


Figura 3.3: Estrutura da celulose com a presença da unidade de repetição D-anidroglicose, com as ligações de 1,4-b-D-glicosídica nas posições C1 e C4.

As fibras de celulose são formadas por várias micro fibrilas de celulose, que se ligam umas as outras através de pontes de hidrogênio, conforme

ilustrado na Figura 3.4 e são alinhadas ao longo do comprimento da fibra, o que torna máxima a resistência à tração e flexão, além de fornecer rigidez [11]. A variação da resistência à tração e o módulo de elasticidade estão relacionados diretamente com a variação do índice de cristalinidade (I_c), que, por sua vez, está relacionada com a quantidade de celulose presente nas fibras uma vez que a celulose é o único componente presente na fibra que se cristaliza [21].



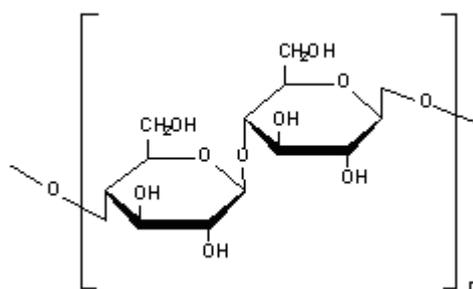
Fonte: Adaptado de [22].

Figura 3.4: Esquema simplificado de microfibrilas de celulose

Muitas das propriedades da celulose dependem do seu grau de polimerização, que determina o comprimento da cadeia associado ao número de unidades de glicose formadores da molécula. Por exemplo, a celulose da polpa de madeira tem comprimento de cadeia típico entre 300 e 1.700 unidades; algodão e outras fibras vegetais têm comprimentos de cadeia variando de 800 a 10.000 unidades [23].

A celulose é resistente a álcalis fortes (17,5% em peso), mas é facilmente hidrolisada por ácido de açúcares solúveis em água. A celulose é relativamente resistente a agentes oxidantes [11].

A hemicelulose é formada por um grupo de polissacarídeos composto por anéis de glucose, conforme ilustrado na Figura 3.5. Hemicelulose difere da celulose em três aspectos: Em primeiro lugar, ela contém várias unidades de açúcares diferentes, enquanto celulose contém apenas as unidades 1,4-bD-glicopirranose. Em segundo lugar, ela apresenta um grau considerável de ramificação na cadeia, com grupos laterais dando origem a sua natureza não cristalina, enquanto que a celulose é um polímero linear. Em terceiro lugar, o grau de polimerização da celulose nativa é 1-10 vezes maior que a da hemicelulose. O grau de polimerização da hemicelulose é de cerca de 50-300. As hemiceluloses constituem o suporte da matriz da celulose em micro fibrilas. Hemicelulose é muito hidrofílica, solúvel em álcalis e facilmente hidrolisada em ácidos [11].

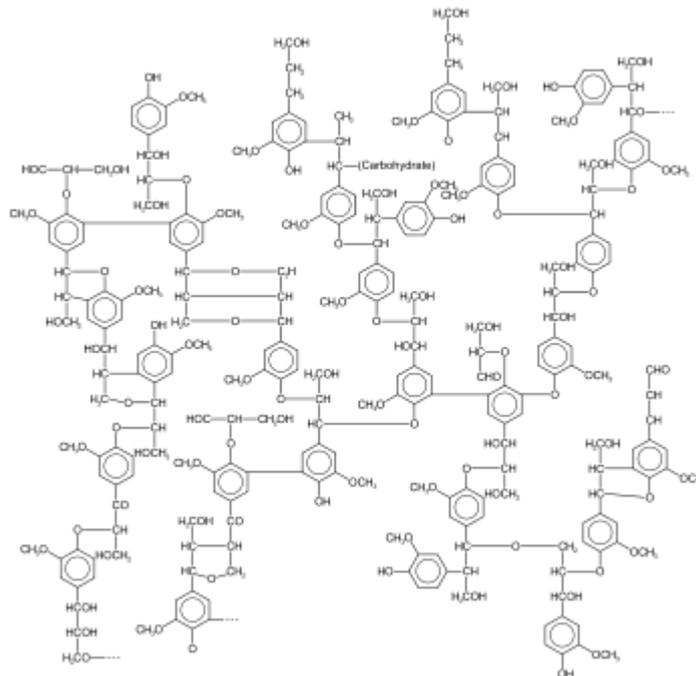


Fonte: Adaptado de [24]

Figura 3.5: Estrutura da hemicelulose. Nesta ilustração, anéis de glucose.

A lignina é um polímero complexo, com constituintes alifáticos e aromáticos, conforme ilustrado na Figura 3.6. Ela é totalmente insolúvel na maioria dos solventes e não pode ser quebrada em unidades monoméricas. A lignina é totalmente amorfa e hidrofóbica na sua forma natural. É o composto que dá rigidez as plantas, fazendo o papel da matriz termofixa do polímero natural. Imagina-se que ela seja um copolímero tridimensional complexo, de componentes alifáticos e aromáticos, com peso molecular muito alto. Foram identificados grupos hidroxila, metoxila e carbonila em sua estrutura. A lignina contém cinco grupos hidroxila e cinco grupos metoxila unidade repetitiva. Acredita-se que as unidades estruturais da molécula de lignina são derivadas de fenilpropânicos 4-hidroxi-3-metoxi [11].

A principal dificuldade na química da lignina é que não foi estabelecido um método pelo qual é possível isolá-la em seu estado nativo da fibra. A lignina é considerada um polímero termofixo, com temperatura de transição vítrea de cerca de 90 ° C. Não é hidrolisada por ácidos, mas solúvel em álcalis quente, facilmente oxidada e facilmente condensável com fenol [11].

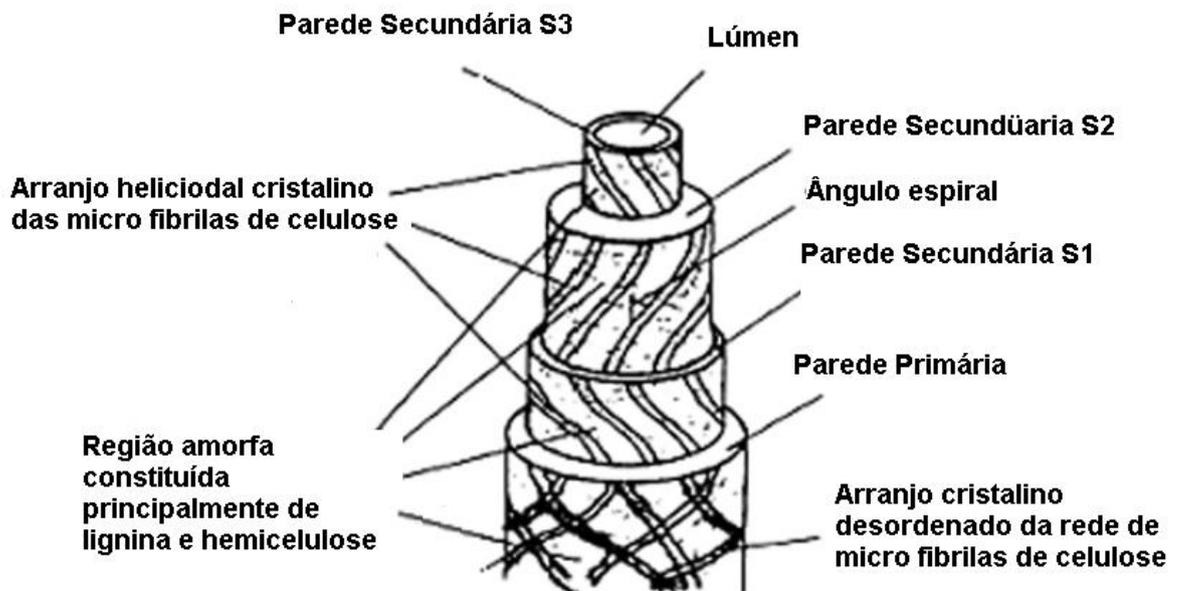


Fonte: Adaptado de [25]

Figura 3.6: Esquema simplificado da estrutura da lignina.

Cada fibrila de celulose consiste em uma estrutura de camadas complexas, no qual uma parede primária fina, que é a primeira camada depositada durante o crescimento da célula, envolvendo a parede secundária, conforme Figura 3.7. A parede secundária é formada por três camadas e a espessura da camada média determina as propriedades mecânicas da fibra. A camada média é composta de uma série de micro fibrilas de celulose espiraladas: o ângulo entre o eixo da fibra e as micro fibrilas é chamado de ângulo micro fibrilar. O valor característico deste parâmetro varia de uma fibra para outra [11].

As micro fibrilas apresentam tipicamente um diâmetro de aproximadamente 10-30 nm e são constituídas por 30-100 moléculas de celulose em conformação de cadeia linear para fornecer a resistência mecânica a fibra. A fase amorfa da matriz em uma célula da parede é muito complexa e é composta por hemicelulose, lignina, e, em alguns casos pectina. As moléculas de hemicelulose são ligadas por pontes de hidrogênio a celulose e agem como matriz de cimentação entre as micro fibrilas de celulose, formando a rede celulose/hemicelulose, que é o principal componente estrutural da célula de fibra [11].



Fonte: Adaptado de [11].

Figura 3.7: Esquema simplificado da estrutura de uma fibra natural

A estrutura, o ângulo micro fibrilar, as dimensões celulares, os defeitos, bem como a composição química das fibras são as variáveis mais importantes que determinam a propriedades específicas de cada uma das fibras. Em geral, resistência à tração e módulo de elasticidade das fibras aumentam com o aumento do teor de celulose. O ângulo micro fibrilar determina a rigidez das fibras. Fibras naturais são mais dúcteis se as micro fibrilas tem orientação em

espiral em torno do eixo da fibra. Se as microfibrilas são orientadas paralelamente ao eixo da fibra, a fibra será rígida, inflexível e terá alta resistência à tração [11]. Existe uma relação entre algumas propriedades físicas com as propriedades mecânicas de cada uma das fibras, como mostra a Tabela 3.5, que mostra o aumento do módulo de Young com a diminuição do ângulo microfibrilar.

Tabela 3.5: Propriedades físicas e mecânicas de fibras naturais

	Tamanho da célula (mm)	Ângulo Micro-fibrilar (graus)	Módulo de Young (GPa)	Tensão de ruptura (MPa)	Alongamento (%)
Banana	3.4	10–12	27–32	711–789	2.5–3.7
Juta	2.3	7–9	-	465	0.7
Rami	154	7.5–12	44	500–870	1.2
Sisal	1–8/2.2	20	19.00	324–329/577	2–2.5
Coco	-	51	2.5–4.5	95–174	13.7–41

Fonte: Adaptado de [11].

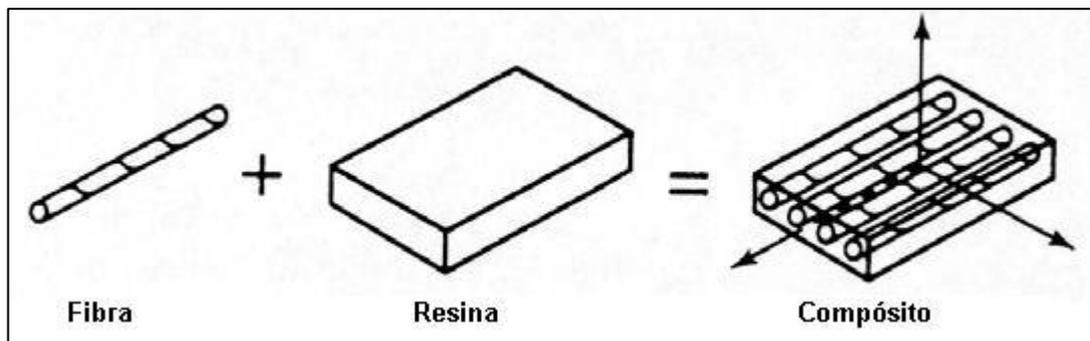
É possível avaliar a influência do ângulo das microfibrilas sobre as propriedades mecânicas. A fibra de coco é a que tem o maior ângulo. De acordo com os dados, ela também é a que apresenta o maior alongamento entre as demais fibras, porém menores módulo de Young e Tensão de Ruptura. Ainda sobre a tabela, é importante ressaltar a grande variação nos resultados encontrados entre fontes bibliográficas distintas. Comparando-se com a Tabela 1.1, alguns dados mostram-se inconsistentes. Este fator deve ser levado em consideração para os estudos de aplicação das fibras naturais.

3.3 As fibras naturais em materiais compósitos poliméricos

Um dos mais importantes campos de aplicação industrial das fibras naturais é a fabricação de materiais compósitos. Compósitos poliméricos são materiais híbridos feitos de uma resina polimérica reforçada por fibras ou partículas, onde se combina o alto desempenho mecânico dos reforços e o

acabamento e propriedades físicas dos polímeros, conforme ilustrado na Figura 3.8.

Existem ainda outros grupos de materiais compósitos, como os reforçados por partículas, sejam com matrizes cerâmicas, como o cimento (cimento, areia e brita) e matrizes poliméricas, como os pneus (elastômeros e polímeros reforçados com partículas de negro de fumo). Outros compósitos podem ser carbono-carbono (matriz de carbono com reforço de fibra de carbono), de matrizes metálicas (por exemplo, as ligas de alumínio, as superligas a base de níquel ou cobalto) [27].



Fonte: Adaptado de [26].

Figura 3.8: Esquema de um material compósito.

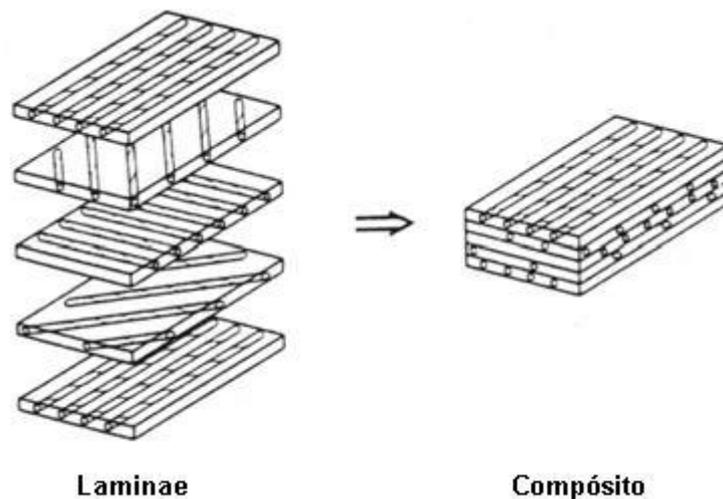
Seguindo-se também a tendência ecológica, com o mesmo apelo das fibras naturais, estão sendo desenvolvidas resinas termoplásticas de origem renovável, os chamados de biopolímeros. No Brasil já existem dois tipos destas resinas: PE e PP verdes, ambos da petroquímica Braskem.

O PE Verde, produção pioneira em escala comercial em setembro de 2010, é obtido a partir de fonte renovável do etanol da cana-de-açúcar, e preservar as características de desempenho de um PE tradicional, podendo ter utilização imediata nas aplicações. O PP verde tem previsão de entrar em produção com escala industrial, de 30.000 ton por ano, a partir do segundo semestre de 2013. A resina também terá como fonte de matéria-prima o etanol de cana de açúcar e apresentará as mesmas propriedades técnicas, de

processabilidade e desempenho apresentados pelo polipropileno produzido a partir de rotas tradicionais [28].

A única diferença entre os polímeros verdes e os fabricados por rotas tradicionais está na idade do carbono presente na resina. O cálculo é realizado através da razão da quantidade de carbono atual e carbono fóssil, de acordo com a norma ASTM-D6866.

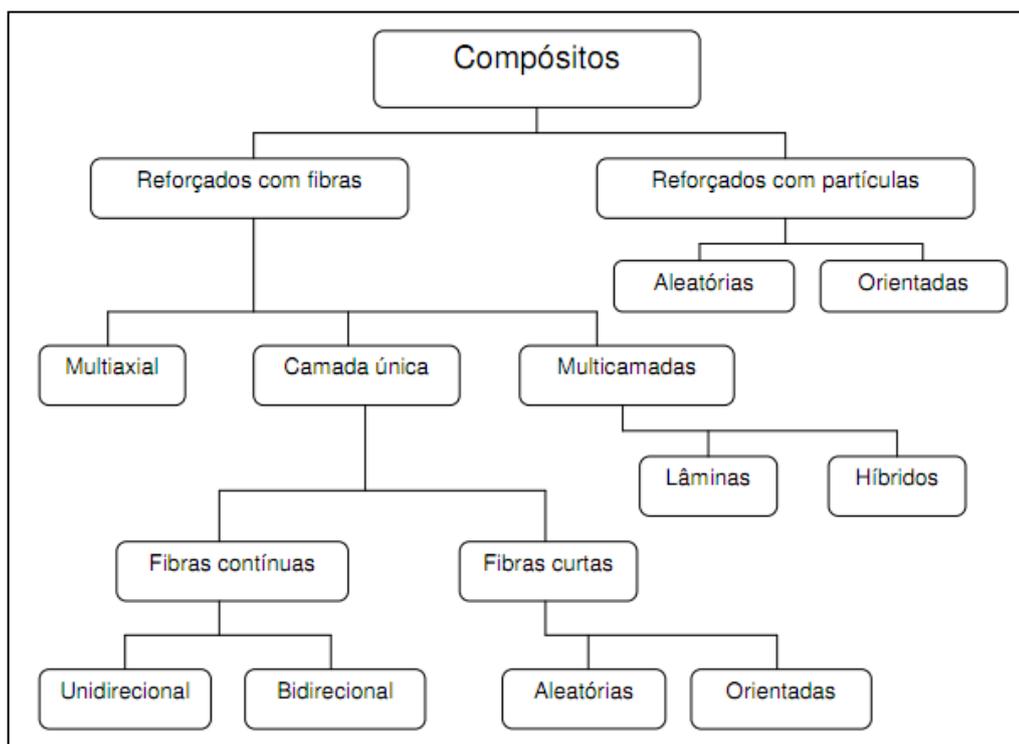
Os compósitos com fibras curtas e descontínuas, tanto sintéticas como naturais, são responsáveis pela maior parte das aplicações bem sucedidas dessa classe de material, seja medido pelo número de peças desenvolvidas ou a quantidade total de material usado. Menos visíveis, mas com sua utilização crescente desde a última década, são as aplicações de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas, sejam fibras naturais ou sintéticas. Nestas aplicações, a mudança na direção das fibras na resina adapta as propriedades do material para a solicitação das cargas externas de uma peça específica. Para otimizar a construção das múltiplas camadas, são utilizadas camadas, chamadas laminae, que formam um laminado, como ilustrado na Figura 3.9 [26].



Fonte: Adaptado de [26]

Figura 3.9: Construção das camadas de um material compósito.

Uma classificação mais abrangente dos compósitos leva em consideração a forma do reforço utilizado no composto (partículas ou fibras), sua orientação, tamanho e dispersão na matriz. A Figura 3.10 propõe uma classificação dos materiais compósitos.



Fonte: Adaptado de [29]

Figura 3.10: Proposta de classificação hierárquica dos compósitos.

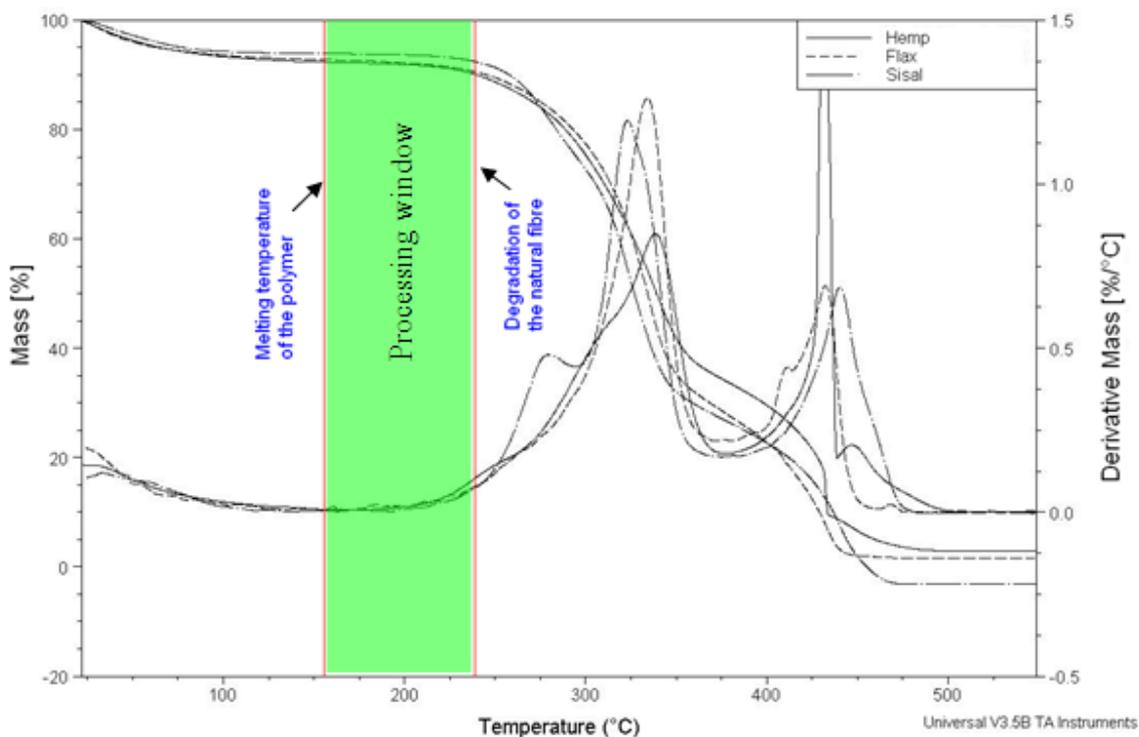
A matriz de um compósito reforçado por fibras é responsável por transferir o esforço entre as fibras, prover uma barreira de proteção nas fibras contra ataques do ambiente e proteger a superfície das fibras contra a abrasão mecânica. No caso dos compostos de fibras naturais, as matrizes podem ser divididas em duas categorias: termofixas e termoplásticas.

Materiais termofixos podem ser conformados plasticamente apenas em um estágio intermediário de sua fabricação. O produto final é duro e não amolece com o aumento da temperatura e possuem uma estrutura tridimensional em rede com ligações cruzadas. Muitos tipos de matrizes termofixas são utilizadas nos compósitos, entre elas estão as resinas epóxi,

poliéster insaturado, éster-vinil, epóxi fenólica e Novolac (subtipo de resina epóxi) [30].

Muitos compósitos de resinas termofixas reforçadas com fibras naturais foram reportados. Entre os sistemas mais promissores estão os compostos de Poliéster com juta, Poliéster com sisal, poliéster com banana e algodão e poliéster com folha de abacaxi. A extrema versatilidade das propriedades e aplicações dos poliésteres insaturados vem tornando este material muito utilizado como matriz nos compósitos. Eles são amplamente produzidos na indústria por possuírem muitas vantagens em relação aos outros materiais termofixos: capacidade de cura em temperatura ambiente, boas propriedades mecânicas e transparência [30].

Materiais termoplásticos podem ser conformados mecanicamente repetidas vezes quando aquecidos, ainda que perdendo parte de suas propriedades, e possuem em sua estrutura cadeias lineares ou ramificadas. Os materiais utilizados como matrizes são: o polietileno de alta densidade, polietileno de baixa densidade, polietileno clorado, polipropileno, poliestireno e o cloreto de polivinila (PVC). Estes materiais são utilizados como matrizes dos compostos com fibras naturais pelo fato da janela de processamento deste polímeros estarem entre 150°C e 230°C, conforme figura 3.11. Polímeros de engenharia como poliamidas, poliésteres e policarbonatos requerem temperaturas de processamento acima de 250°C, temperaturas que causam degradação das fibras naturais [30].



Fonte: [31]

Figura 3.11: Janela de processo de compósitos reforçados por fibras naturais definidas por TGA (análise termogravimétrica).

O polipropileno (PP) é um polímero termoplástico da classe das poliolefinas, essencialmente linear e altamente cristalino. Graças à excelente combinação de propriedades térmicas e mecânicas, além de ser altamente resistente a substâncias químicas, o PP é amplamente explorado numa variedade de aplicações. A facilidade no processamento desse polímero permite o seu uso econômico na maioria das técnicas de fabricação comerciais [32].

Dentre as fibras naturais utilizadas em compósitos, a fibra de sisal é particularmente interessante, uma vez que os compósitos contendo esta fibra possuem elevada resistência ao impacto, além de moderada resistência à tração axial e à flexão, se comparados a compósitos reforçados por outras fibras vegetais. É fato geralmente aceito que a tenacidade de compósitos reforçados por fibras depende primordialmente do comportamento tensão-deformação da fibra. Fibras resistentes com alta deformação de ruptura elevam a resistência à fratura dos compósitos [32].

3.4 Fibras de sisal

Sisal é uma planta de folhas pontiagudas e lanceoladas, muito grandes, dispostas na forma de roseta. O nome “sisal” foi emprestado de uma cidade portuária em Yucatan, Maya, México, e significa “água fria”. As folhas do sisal têm de 8 a 10 cm de largura e de 150 a 250 cm de comprimento. As folhas de sisal são compostas de mucilagem (15%), fibras (3%), bucha (1%) e suco (81%), e são usadas para os mais diversos fins. As folhas são compostas de microfibras e contêm uma média de 1.100 fibras por folha, fibras resistentes à tração, duráveis e de comprimento individual variando de 1,5 a 4,0 mm e 10 a 30 µm de largura, achando-se distribuídas em toda a folha. Normalmente, com as fibras do sisal são tradicionalmente usadas para confeccionar fios, barbantes, cordas marítimas, sacarias, tapetes, estofamentos e artesanatos [32].

O processo de beneficiamento das fibras de sisal compreende as fases de desfibramento, lavagem, secagem, batimento, prensagem e enfardamento. A fibra beneficiada de sisal é classificada, quanto à classe em longa (comprimento acima de 0,90 m), média (comprimento entre 0,71 e 0,90 m) e curta (comprimento entre 0,60 e 0,70 m), e quanto ao tipo em Tipo superior, Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3, abaixo discriminados:

- Tipo superior: Material constituído de fibras lavadas, secas e bem batidas ou escovadas, de coloração creme-clara, em ótimo estado de maturação, com maciez, brilho e resistência bem acentuados, umidade máxima de 13,5%, bem soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, de substâncias pécticas, de entrançamentos e nós, fragmentos de folhas e cascas, e de quaisquer outros defeitos.
- Tipo 1: Constituído de fibras secas e bem batidas ou escovadas, de coloração creme-clara ou amarelada, em ótimo estado de maturação, com maciez, brilho e resistência normais, manchas com pequena variação em relação à cor, umidade máxima de 13,5%, soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, substâncias pécticas,

entrançamentos e nós, fragmento de folhas e cascas, e de quaisquer outros defeitos.

- Tipo 2: Constituído de fibras secas e bem batidas ou escovadas, de coloração amarelada ou pardacenta, com pequenas extensões esverdeadas, em bom estado de maturação, com brilho e resistência normais, ligeiramente ásperas, umidade máxima de 13,5%, soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, entrançamentos, nós e cascas.
- Tipo 3: Constituído de fibras secas e bem batidas ou escovadas, de coloração amarelada, com parte de tonalidade esverdeada, pardacenta ou avermelhada, em bom estado de maturação, com brilho e resistência normais, ásperas, manchas com variação bem acentuadas em relação à cor, umidade máxima de 13,5%, soltas e desembaraçadas, isentas de impurezas, entrançamentos, nós e cascas.

3.5 Fabricação dos compósitos de fibras naturais

3.5.1 Etapas básicas da fabricação de compósitos com fibras

A fabricação dos compósitos com fibras em geral, incluindo as fibras naturais, foi dividida em três estágios neste trabalho, conforme indicado na Figura 3.12: a extração das fibras, o seu tratamento superficial e o processamento do compósito. No processamento, o material compósito pode já tomar sua forma definitiva em peças, como nos processos de *hand layup* ou passar pelo processo de extrusão para ser posteriormente conformado, por exemplo, por injeção.

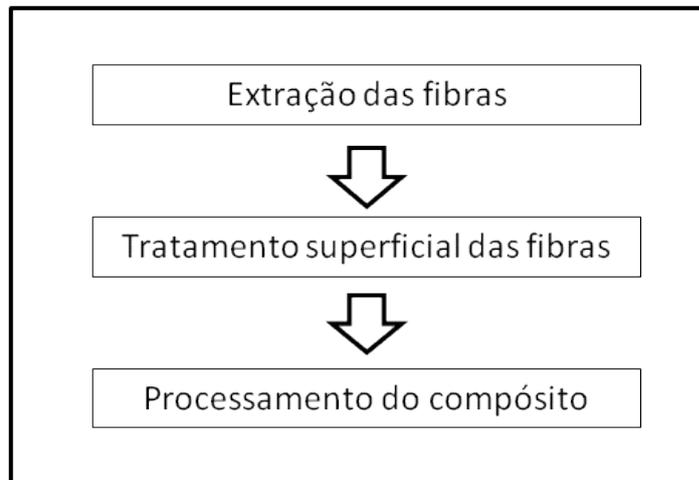


Figura 3.12: Etapas básicas da fabricação de compósitos

3.5.2 Extração de fibras naturais das espécies vegetais para uso na fabricação de compósitos poliméricos

As principais características das fibras naturais, que incluem o diâmetro, densidade e comprimento das fibras, são influenciados por fatores agrônômicos, como por exemplo: espaçamento de culturas, a redução de fertilizantes nitrogenados, alteração e cultivo de múltiplas culturas e colheita. O processamento e a maceração são outros dois fatores importantes e cada cultura exige diferentes rotas. A atividade microbiana em meio aquoso também ajuda na eliminação de gomas e lignina que unem as fibras [2].

No caso do Sisal, o ciclo de transformação da planta em fios naturais tem início aos 3 anos de vida da planta, ou quando suas folhas atingem até cerca de 140 cm de comprimento que podem resultar em fibras de 90 a 120 cm. As fibras representam apenas 4 a 5% da massa bruta da folha do sisal. As folhas são cortadas a cada 6 meses durante toda vida útil da planta que é de 6 a 7 anos. Ao final do período é gerada uma haste (inflorescência), a flecha, onde surgem as sementes de uma nova planta [2].

A seguir, realiza-se a lavagem da fibra em água, repetidamente em uma série de tanques de concreto. A desintegração da camada impermeável na superfície das folhas é feita por um raspador mecânico. Utiliza-se um

descascador utiliza um cilindro rotativo para riscar a massa verde, podendo produzir 1.500 kg de fibra verde por dia [2].

No caso da extração do curauá, no passado as fibras eram extraídas utilizando-se a força humana. Hoje em dia, é realizado com o equipamento denominado popularmente de “periquita”, similar ao utilizado para o sisal, conforme ilustrado na Figura 3.13. Primeiramente, as folhas são lavadas e em seguida são maceradas por um bastão. Logo após, são armazenadas em água por aproximadamente 36 horas, para que ocorra a merceirização - etapa que deixa a fibra com um perfil mais redondo e diminui as zonas amorfas da celulose: o resultado final é uma melhor hidrofiliabilidade da fibra, antes de elas serem novamente lavadas e secas [2].



Fonte: Extraído [2]

Figura 3.13: Ilustração do processo de extração de fibras lignocelulósicas do Brasil

Na extração das fibras da juta, existem três básicas formas de extração: Na maneira tradicional, as longas hastes das plantas são desfolhadas e submersas em água em pequenos pacotes por até três semanas. Uma alternativa a esta opção é a utilização das fitas verdes do caule, que são maceradas em menores quantidades de água e durante menos dias. No terceiro método, as fitas são tratadas quimicamente para acelerar maceração.

A fibra da folha de abacaxi pode ser obtida a partir de folhas verdes pelo processo de raspagem e descascamento. Também pode ser utilizado outro

método no qual há destruição das folhas, que é seguida por maceração em água e pela decorticação mecânica. A desintegração da camada impermeável na superfície das folhas é feita por um raspador mecânico.

No caso do algodão, depois que as maçãs de algodão são colhidas, à mão ou por colheitadeira mecânicas, as plantas maduras são descaroçadas com a ajuda de uma serra ou de um rolo separador para separar as fibras com tamanhos entre 15 e 60 milímetros dos fiapos. Detritos de plantas e corpos estranhos são removidos do algodão limpo e do algodão descaroçado. Fibras com boa relação diâmetro/comprimento (por volta de 1300) tem boa capacidade para o enrolamento. Ela é processada através de uma série de máquinas em linha, passando pela abertura e limpeza em sala de sopro, cardação, desenho, móveis e fiação para fabricação dos fios.

Para as fibras de coco, as cascas são retiradas e colocadas em uma máquina composta de um par de rolos de ferro. Existem outros modos de extração da fibra de coco, onde as cascas secas são destrinchadas [33].

3.5.3 Tratamento superficial de fibras naturais para compatibilização com a matriz polimérica

Na fabricação de compósitos poliméricos contendo fibras lignocelulósicas, existe o problema das fibras ficarem fisicamente dispersas na matriz polimérica. Além disso, pode haver a má aderência entre fibra/matriz e, conseqüentemente, o resultado são propriedades mecânicas pobres. Assim, o tratamento de superfície das fibras é essencial. Geralmente, a modificação da superfície de fibras lignocelulósicas não é necessária para melhorar a ligação de compósitos biodegradáveis, tendo em vista a similar natureza química da matriz e da fibra, de natureza hidrofílica, ao contrário da situação com polímeros sintéticos, que tendem a ser hidrofóbicos. Entretanto, a modificação da superfície pode ser útil, mesmo no caso dos compósitos biodegradáveis, para melhorar muitos aspectos, tais como: proporcionar maior aderência e reduzir a sensibilidade à umidade.

A modificação de superfície normalmente envolve quatro métodos: químico, físico, químico-físico e mecânico. Os métodos químicos envolvem o tratamento com silanos ou outras substâncias químicas, através de reações de funcionalização química e lixiviação da superfície por meio alcalino ou branqueamento. Os métodos físicos envolvem o tratamento por plasma, corona, laser e raios gama, submetido a uma explosão de vapor. Tratamentos a plasma e laser melhoram a superfície das fibras. Outro método utilizado é a explosão de vapor, que resulta em melhoria do material das fibras, tornando a superfície mais lisa, diminuição da rigidez, melhoria de flexão e melhor distribuição de espessura. O processo de explosão a vapor envolve o aquecimento das fibras em altas temperaturas e pressões, seguidas pela ruptura mecânica do material pré-tratado por uma descarga violenta (explosão) em um tanque. Este processo tem sido aplicado a muitos materiais lignocelulósicos para melhorar a dispersão e adesão com matrizes poliméricas.

Os métodos mecânicos envolvem enrolamento e podem danificar as fibras. Finalmente, os métodos físico-químicos envolvem a extração com solventes de gomas e outros componentes solúveis da superfície das fibras.

Observa-se que todos os tratamentos acima mencionados de fibras lignocelulósicas têm ajudado a melhorar a interação com o material da matriz, aumentando a aderência das fibras com a matriz, através da rugosidade superficial fibra, levando a aumento da força ou outras propriedades de compostos através da incorporação de um maior teor de fibra (60 a 85%) e, eventualmente, proporcionando maior durabilidade dos compósitos [1].

3.5.4 Principais técnicas de fabricação dos compósitos com fibras naturais

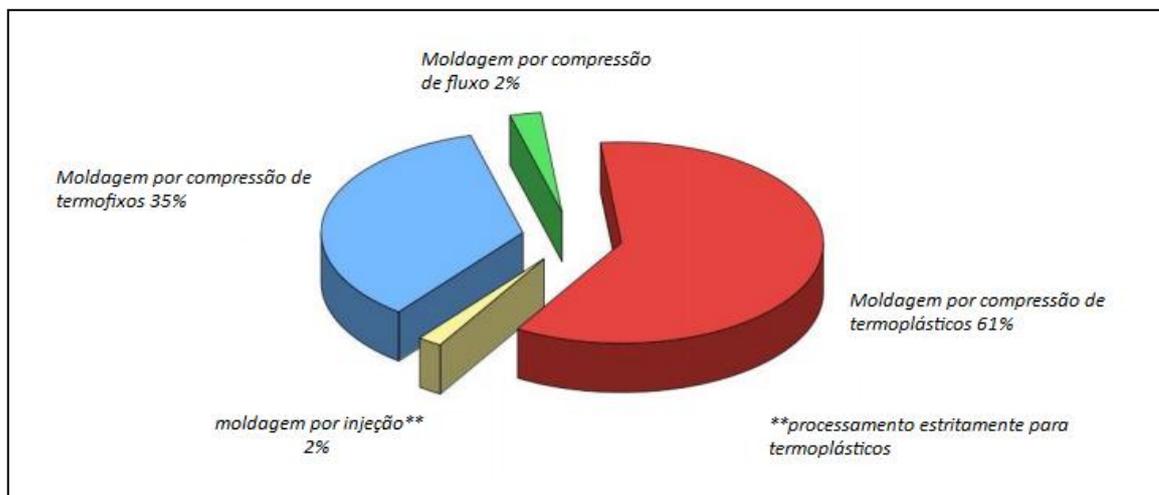
A princípio, a maioria das técnicas de fabricação dos compósitos de fibra natural são similares aos utilizados para as fibras de vidro. Exceções são quando se utilizam fibras contínuas, como na pultrusão, na qual primeiramente há necessidade de se produzir um fio, ou quando as fibras são picadas, como nos casos de *spray-up* ou *prepreg* para o SMC (*Sheet Molding Compound*).

No caso da extrusão dos compósitos, além de se obter uma eficiente dispersão das fibras na matriz polimérica é preciso garantir que as condições de processamento também favoreçam a atuação dos agentes de acoplamento adicionados para compatibilizar os sistemas. Parâmetros como o tempo de residência do material na extrusora, o perfil de rosca e o perfil de temperatura utilizado, que podem ser insuficientes para permitir a efetiva ação dos agentes na interface, devem ser avaliados cuidadosamente, visando à obtenção das melhores propriedades.

As condições de processamento escolhidas são muito importantes na qualidade da dispersão e na prevenção da aglomeração das fibras na matriz polimérica, especialmente nos compósitos com carga lignocelulósica, pois essas podem ser empregadas em altas concentrações e apresentam baixo caráter abrasivo. A avaliação da adesão interfacial também deve ser feita nos compósitos com fibras naturais, já que efeitos de reforço atribuídos ao comprimento das fibras estão envolvidos.

No caso específico de fibras celulósicas um aspecto importante que deve ser considerado é o seu alto caráter hidrofílico, pois a absorção de umidade, além de alterar as dimensões do material devido ao inchamento, pode reduzir significativamente suas propriedades mecânicas [34].

No ano de 2005, a moldagem por compressão era responsável por 98% das peças produzidas em compostos com fibras naturais. Dentro desta técnica, os compostos estão divididos de acordo com suas matrizes: 54% são matrizes termoplásticas e 45,6% matrizes, conforme ilustrado na Figura 3.14 [14].



Fonte: Adaptado de Nova Institut 2005

Figura 3.14: Divisão das diferentes técnicas de processamento de compósitos de fibras naturais na indústria automotiva alemã em 2005, excluindo-se as fibras de madeira e algodão.

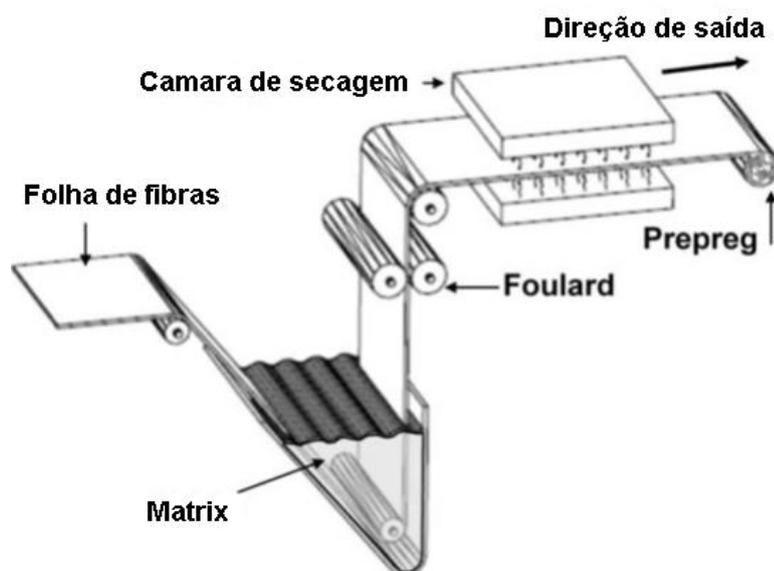
Durante o processo de produção destes compósitos, uma importante característica para uma boa adesão entre fibra e matriz é o grau de molhabilidade das matrizes. No caso das matrizes termofixas, a molhabilidade pode ser facilitada pela baixa viscosidade (antes da polimerização, durante a aplicação), diferentemente das matrizes termoplásticas, que tem grande viscosidade. Além disso, a alta temperatura pode causar mudanças indesejáveis na superfície da fibra ou, ainda, levar à destruição das mesmas.

Dentre os problemas encontrados no processamento, são significativos os relacionados à umidade e ao ar, sendo que este último está sempre presente nas fibras e na resina. A superfície da fibra natural tem uma geometria e uma condição química na qual se nucleiam e crescem bolhas de ar, especialmente em processos a vácuo. Para prevenir vazios e interface fraca entre a resina e a fibra, é necessário, além da secagem das fibras, a degaseificação da resina.

Apesar dos problemas citados anteriormente, aumenta-se o interesse nas matrizes termoplásticas, como as de polipropileno (PP), pois apresentam baixo custo, processamento a temperaturas razoáveis e reciclabilidade. O PP não modificado não apresentará adesão apropriada com as fibras. As

propriedades mecânicas são significativamente aumentadas mas, neste caso, as fibras agem apenas como preenchimento. As fibras naturais irão agir somente como reforço quando se usarem compatibilizantes. Uma interface entre a fibra e a matriz deve corrigir a rejeição natural dos dois materiais. Para isto, geralmente usa-se o compatibilizante MAPP, que causa uma modificação na matriz e que trará propriedades mecânicas muito maiores ao PP [16].

Um exemplo prático da impregnação é demonstrado a seguir: placas (folhas) de fibras de cânhamo e de kenaf foram impregnadas com resina acrílica utilizando-se do sistema “*Foulard*” para se obter o *prepreg* - um composto pré-impregnando, onde as fibras já contém uma quantidade de resina da matriz, esta utilizada para manter as fibras unidas entre si ou com outros materiais durante a manufatura, ilustrado na Figura 3.15.



Fonte: Adaptado de [35]

Figura 3.15: Esquema do processo de impregnação utilizando o sistema “Foulard”

A matriz neste processo é aplicada pela imersão das folhas. A quantidade de material da matriz no material semi-acabado pode ser obtida reduzindo-se a concentração do ligante no recipiente do banho. Esta técnica permite um bom controle da quantidade de matriz nas placas de fibras, uma vez que é possível variar a concentração do ligante da matriz e ajustar a

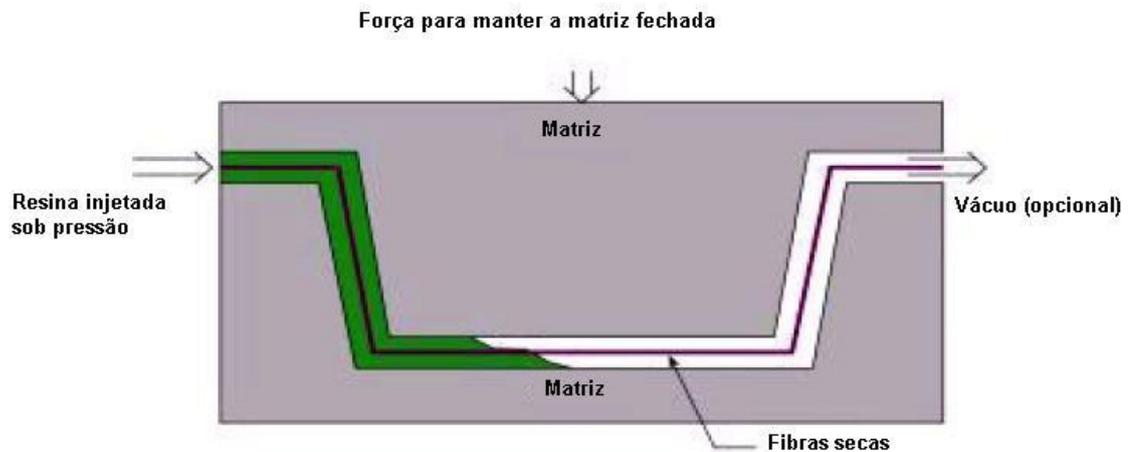
pressão dos rolos no sistema Foulard. Após a impregnação, o material semi-acabado será secado até uma umidade residual de aproximadamente 12%. O produto resultante poderá ter uma gramatura variando de 400 a 2000 g/m², dependendo dos requisitos de aplicação do compósito. Neste método é possível alcançar uma distribuição regular das fibras no prepreg [35].

Outra técnica é baseada na moldagem por compressão. Dentro deste conceito, há algumas variações de técnicas, entre elas a moldagem de compressão por resina líquida, moldagem por pressão a frio, moldagem por compressão a quente, SMC, à vácuo, entre outras [36].

Contando com a possibilidade de utilização dos prepregs, esta técnica permite a produção em grande escala. A indústria automobilística, pela necessidade de produção em grandes volumes, opera em equipamentos de moldagem automatizados [36].

No caso da compressão a vácuo, a técnica assemelha-se a injeção a vácuo, sendo um pouco mais rápida e menos sofisticada. Após a colocação das fibras no molde, resina é despejada. Então a parte superior do molde é fechada e vácuo é aplicado [16].

Entre as técnicas de fabricação dos compósitos está a moldagem por transferência de resina, ou RTM, que é uma técnica limpa e realizada em moldes fechados. As fibras secas são colocadas no molde, fechadas e em seguida injeta-se resina no interior da cavidade em que as fibras estão colocadas, conforme ilustrado na Figura 3.16. Nesta técnica é possível utilizar altos volumes de fibra, além de permitir produção de peças grandes com boas propriedades mecânicas.



Fonte: Adaptado de [16].

Figura 3.16: Esquema do processo de RTM utilizado para a produção de compósitos com reforço de fibras naturais.

Para permitir uma adequada colocação das fibras no molde com grande volume de fibra, uma pré-forma pode ser necessária. A pré-forma é então pressionada com uma pequena quantidade de pasta (água, por exemplo) para ser compactada [16].

No caso do SMC, a grande diferença entre o processo para fibras naturais para o de fibra de vidro é a preparação do prepreg. A picagem das fibras é dificultada pelas fibras naturais, o que atrapalha a preparação do prepreg. O tipo de fibra e a maneira em que elas são colocadas no prepreg podem fornecer o fluxo adequado do composto durante o processo de moldagem. Para isto, devem ser utilizadas camadas de fibras com orientação isotrópica [16].

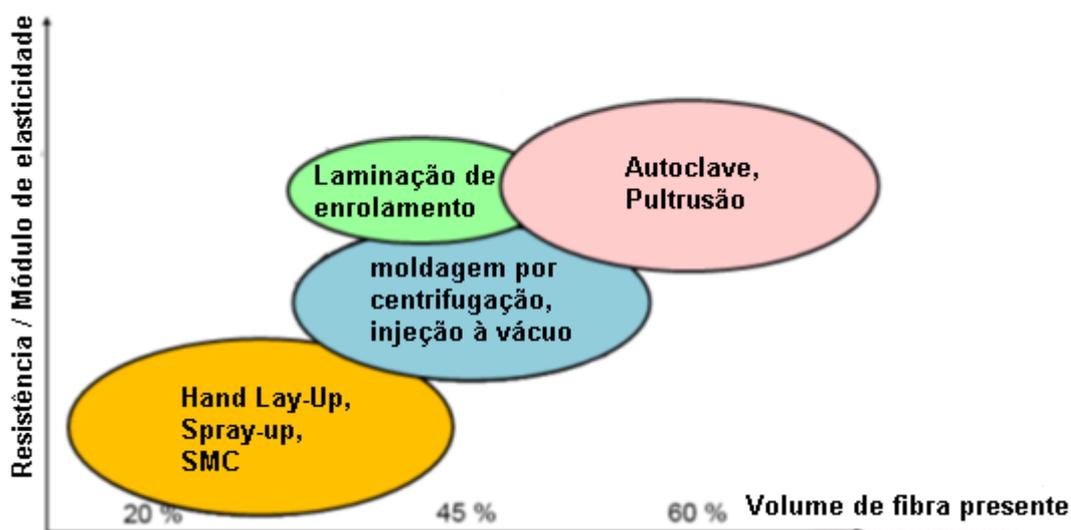
A laminação de enrolamento e moldagem por centrifugação são técnicas utilizadas principalmente para a fabricação de produtos que necessitam de propriedades de forma e resistência ao “stress”.

A laminação por enrolamento é usada principalmente para fabricação de estruturas cilíndricas, como costados de tanques, grandes dimensões, as calotas e conexões são moldadas separadamente, fabricadas pelos processos manuais (p. ex. Hand Lay Up) ou pelo processo de laminação à pistola (Spray-Up), para posterior montagem com o costado cilíndrico laminado por

enrolamento automático. A moldagem por centrifugação, por exemplo, dá estrutura aos silos de grandes diâmetros [36].

Existe também o processo contínuo de fabricação dos compostos, conhecido como Pultrusão, método utilizado para fabricar uma variedade de perfis. Utilizando-se uma força considerável, a fibra é forçada a passar através de uma matriz, operando sob alta pressão, resultando em compostos com maior concentração de fibras (teoricamente, mais de 80%) [36].

Na Figura 3.17, sumariza-se a concentração típica de fibras obtida em cada um dos processos descritos e mostra como a quantidade de fibra pode influenciar diretamente o módulo de Young em um dado componente.



Fonte: Adaptado de IMA Dresden [36].

Figura 3.17: Concentração de fibras obtidas de cada um dos processos descritos e a sua relação com a resistência mecânica.

3.6 Aplicações das fibras naturais

Os compósitos naturais são conhecidos há muito tempo pela humanidade. Já eram usados na antiguidade, como na Grande Muralha da China, cuja construção começou em 121 a.C. A terraplanagem do local era

reforçada por tijolos feitos com material local, argila reforçada por pequenos arbustos e ramos com cascalho, posteriormente com argila reforçada com pedras, galhos de salgueiros, caniço e areia. Outros exemplos incluem os arcos laminados feitos com chifres e tendões de animais, madeira ou seda usados pelos mongóis em 1200 d.C. Da mesma forma, os polímeros naturais também não são novos: papel e seda vem sendo utilizados desde o século IV antes de Cristo [1].

A motivação para o uso das fibras no mundo contemporâneo necessita de uma análise de propriedades mecânicas, impacto ambiental e, também, custo do material. Por exemplo, deve-se considerar: a melhoria no desempenho técnico do objeto de estudo, introduzindo-se um material mais resistente, rígido ou mais leve; a redução no custo global do produto, considerando-se a introdução de um material mais barato, com custo baixo para a produção e baixo custo de eliminação; o menor impacto e atendimento à regulamentação ambiental, com diminuição dos danos, reciclagem e reutilização [37].

Embora atualmente as resinas termofixas sejam normalmente utilizadas como matrizes nos materiais compósitos avançados, há um aumento no interesse na utilização de termoplásticos, como polipropileno (PP), poliéster-éter-cetona (PEEK), polissulfeto de fenileno (PPS) e poli(éter-imida) (PPI) [37].

Da indústria automobilística, muitos são os casos de substituição de materiais tradicionais, como os compósitos reforçados por fibras de vidro, por compostos de fibras naturais. Em um destes casos, a Audi, fabricante de automóveis, fez um estudo de ciclo de vida da troca de material de um painel lateral. A troca do ABS por um material alternativo feito de fibra de cânhamo (66% em volume) e resina epóxi. O compósito de fibra natural utiliza-se de 45% menos energia, o que resulta em menos emissão de gases ao ambiente, baseados no APME eco-profile [38]. Entretanto, as emissões para a água de nitratos e fosfatos e emissões para o ar óxidos de nitrogênio (NOx) são maiores para o cânhamo, resultante dos fertilizantes aplicados na cultura desta planta. Comparando-se a emissão total, de acordo com o ponto eco-indicador [39], o compósito de cânhamo/resina epóxi é 8% menor quando comparada com o do

ABS. O grande impacto ambiental do composto é resultado da produção e emissões de gases pela produção do epóxi. O cânhamo, mesmo presente com 66% de volume no composto, contribui com apenas 5,3% de toda a energia acumulada [40].

Outro caso de aplicação de compósitos naturais na indústria automobilística vem da Ford Motors. Uma composição alternativa foi proposta para um componente de isolamento de um automóvel da marca. O material de referência é fabricado com EPDM (terpolímero de etileno-propileno-dieno), PP e reforçado com fibra de vidro. A composição alternativa também foi produzida com EPDM e PP, porém com adição de 30% de fibra de cânhamo, mostrando-se novamente maiores benefícios ao meio ambiente [41].

Os modelos do automóvel Fox, da Volkswagen, têm os revestimentos dos bancos, do teto e da tampa do porta-malas feitos com fibra de curauá. Esta fibra, por enquanto, será utilizada apenas na linha Fox porque não há plantação suficiente para atender demanda maior [42].

Em 2005, a empresa passou a utilizar fibra de coco nos bancos nos modelos Parati e Saveiro, mesmo produto que a Mercedes-Benz usa no modelo Classe A. Segundo Roberto Gasparetti, supervisor de Marketing da DaimlerChrysler, dona da Mercedes-Benz, o conforto térmico é uma das vantagens da fibra natural. O Brasil exporta a fibra para o Classe A feito na Alemanha e o Classe C [42].

A Honda, também fabricante de automóveis, adotou o uso de juta no porta pacotes do modelo Fit. Esta fibra foi bastante usado pela indústria automobilística há mais de 20 anos, mas recentemente havia sido trocado por resinas plásticas, mais baratas e de produção em larga escala. Agora, a juta começa a reconquistar espaço, assim como a malva e o algodão [42].

Os estudos de caso para a substituição dos compostos atuais de fibras sintéticas, com destaque para a fibra de vidro, para os compósitos com fibras naturais mostram que a segunda opção apresenta menores impactos ao meio ambiente. Entretanto, ainda existem diferenças significativas entre os estudos, seja em termos do componente ou aplicação, da composição do material de referência, do próprio composto com a fibra natural, processamento e dos

impactos considerados [43]. Um resumo das aplicações das fibras naturais está descrito na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Resumo das aplicações de compósitos naturais pela indústria automobilística.

Empresa	Peça	Material utilizado
Audi	Painel lateral	fibra de cânhamo (66% em volume) e resina epóxi
Ford	Isolação	EPDM e PP com fibra de cânhamo (30% em volume)
Volkswagen	Tampa do porta malas	Fibra de curauá
Honda	Porta pacotes	Juta, algodão e malva

3.7 Comunicação empresarial sobre sustentabilidade com base nas fibras naturais

As empresas cada vez mais exploram a imagem da sustentabilidade e do apelo ecológico das fibras naturais. Por exemplo, a DaimlerChrysler utiliza fibra natural no interior do veículo Mercedes Benz Classe A, com divulgação do tipo “*DaimlerChrysler uses a natural-fiber component in the exterior of the Mercedes-Benz A-Class. DaimlerChrysler*”, e ressalta o seguinte [44]:

- A empresa ter sido pioneira no uso de fibras naturais em uma peça padrão do exterior de automóvel, na capa do pneu estepe e utilizar a expertise para novas aplicações inovadoras na área;
- A Fibra de abacá substituir fibra de vidro com vantagens em proteção inferior e a importância do uso das fibras naturais para o meio ambiente;
- A descrição do desenvolvimento e dos recursos para concretização do projeto.

Após a utilização de flax, cânhamo, sisal e coco no interior do modelo Classe A, a empresa desenvolveu um composto de PP e abaca em 2002. O grande desafio indicado pela empresa foi adaptar os processos precisos de fabricação dos componentes para as fibras naturais, devido, principalmente, as variações naturais em sua densidade e comprimento. Para esta utilização em particular, para atender as demandas do componente, como impacto de pedras, intempéries e resistência à água [44].

Os benefícios concretos para o meio ambiente comparados com a fibra de vidro são resultado de um balanço ecológico da fibra de abaca em termos da manufatura, aplicação e reciclabilidade. A produção de fibra de vidro utiliza-se de energia intensiva. Com a fibra de abaca, utiliza-se até 60% a menos de energia, reduzindo significativamente a emissão de CO₂ na fase de manufatura da matéria prima, além disso, o resíduo da fabricação da fibra pode ser utilizado ainda como fertilizante.

A Ford também divulga o uso de fibras naturais com frases do tipo: *“From carpet to car: ford’s focus on material recycling”*. [45], e ressalta o seguinte:

- Uso do índice de sustentabilidade de produto, criado da própria Ford, para guiar as ações da empresa que incluem a sustentabilidade do produto e o gerenciamento de resíduos. O índice abrange os materiais reciclados e a utilização de fibras naturais, que continuamente substituem materiais plásticos nos componentes da empresa.
- O aumento das pesquisas de empresa em plásticos, borrachas, espumas, filmes e tecidos, para desenvolver mais alternativas em materiais de base renovável, funcionais, duráveis e de baixo custo, efetivos para a diminuição da dependência de produtos a base de petróleo. A empresa vem pesquisando novos materiais com componentes naturais, entre eles a farinha de soja, cânhamo e celulose.
- Publica anual de um relatório de seus esforços contínuos para se manter como uma empresa sustentável, seja na parte ambiental, social e econômica. Em uma parte deste relatório, ela destaca que todos os seus

veículos europeus usam polímeros reciclados e peças recicláveis, e que isso acarreta uma solução sustentável para o meio ambiente.

A Mitsubishi também divulga o uso de bambu em veículos: “Bamboo: Latest high-tech technology” [46].e ressalta a preocupação com a redução de consumo de combustíveis fósseis, não somente com a utilização de carros elétricos, mas também com a utilização de materiais plásticos de fontes renováveis na construção do veículo, que também favorece a redução do aquecimento global e a proteção das florestas.

Em cooperação com o instituto de Tecnologia Industrial Aichi, a Mitsubishi desenvolveu um material para utilização no interior de seus automóveis que utiliza uma resina de origem natural, succinato de polibutileno (PBS), reforçada com fibra de bambu, ilustrada na Figura 3.18. As peças fabricadas com este compósito serão utilizadas no interior de um revolucionário “minicarro” que foi lançado em 2007 no Japão. A companhia continua ainda desenvolvendo materiais ecologicamente corretos, aumentando as formas de aplicação [46].

De acordo com os testes realizados, o protótipo da peça feita com o compósito de PBS/bambu reduz em cerca de 50% a emissão de CO₂ no ciclo de vida do produto quando comparado ao material referência, polipropileno, polímero a base de petróleo. Os níveis de componentes orgânicos voláteis também reduzem em aproximadamente 85% quando comparado aos compensados de madeira.



Fonte: Adaptado de Mitsubishi [46].

Figura 3.18: Peça de automóvel fabricada a partir de um “plástico verde” reforçado com fibras de bambu.

A empresa Sabic (Saudi Basic Industries Corporation, líder mundial no fornecimento de soluções em materiais termoplásticos de engenharia) também divulga iniciativas com novos materiais, por exemplo: “*SABIC Innovative Plastics’ New Bio-Based Composites Give Customers Greatly Expanded Options for More Impactful Sustainable Products.*” [47], e ressalta:

- os novos materiais desenvolvidos, por exemplo, O novo LNP Thermocomp PX07444 - um compósito de poliamida (PA-6) reforçado com até 20% de fibra de curauá, e levanta possibilidade dos clientes criarem soluções sustentáveis, explorarem esta imagem mediante os novos materiais, crescerem no mercado atual, expandirem para novos mercados e novas aplicações, além de aumentarem produtividade e lucratividade.
- o comprometimento da empresa com um ambiente mais limpo e saudável, com os novos materiais como o composto LNP Thermocomp, que procura oferecer a combinação de eco desenvolvimento e excelente desempenho, na substituição das tradicionais fibras de vidro e cargas minerais por matérias com reforços naturais em uma ampla gama de aplicações.

Este desenvolvimento trouxe a possibilidade de se utilizar fibras de curauá em matrizes de PA-6, onde se utilizava fibra de vidro. Foram avaliados

teores de fibras (20, 30 e 40%) e comprimento (0,1 e 10mm), além de se estudar o efeito dos parâmetros de pré tratamento (tratamento superficial com plasma de N_2 ou solução de NaOH) e processamento do novo compósito, como extrusoras. Os resultados foram positivos com 20% de proporção de fibras (balanço entre tensão e módulo resultantes) e com fibras longas (maior razão de aspecto neste caso específico, levando-se em consideração os parâmetros de processo). Os resultados mostraram que esta substituição é possível desde que se utilizem o equipamento e os parâmetros de processo adequados [48].

A empresa CS Unitec possui o produto *PLANTEX® Discs for Grinding Steel / Stainless Steel* [49], ilustrado na Figura 3.19, fabricado com um compósito natural de polipropileno e fibra de cânhamo que substituiu um compósito contendo fibra de vidro. Este é um dos produtos considerados de maior sucesso dos compósitos de fibras naturais [5].



Fonte: Cs Unitec [49]

Figura 3.19: Disco abrasivo Plantex® fabricado com fibra de cânhamo.

O fabricante enfatiza a vantagem da utilização do produto baseado em sua maior segurança para o trabalho, devido à ausência de fibra de vidro ou fibra mineral e resina epóxi, em sua sustentabilidade, por minimizar a poluição (desde a produção até o descarte) e reduzir o efeito estufa (a fibra natural

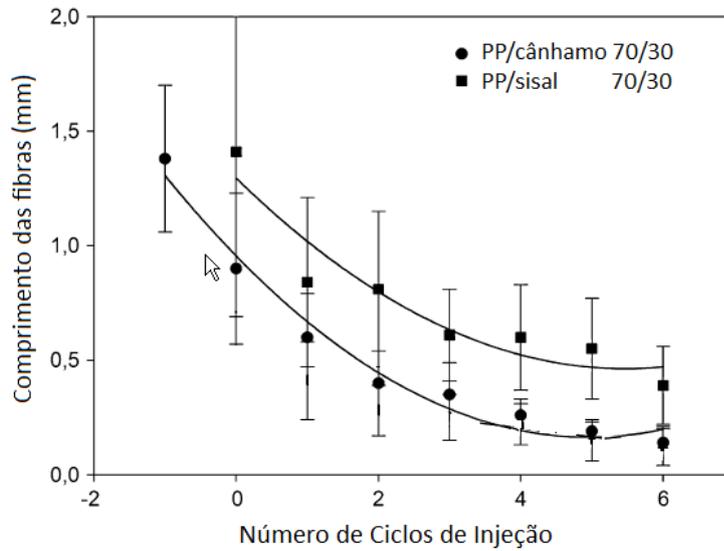
contrabalanceia este fenômeno) e também por ser de baixo custo de produção e com um aumento da vida útil, por conseguir utilizar 100% do produto [49].

3.8 Reciclagem, reprocessamento e análise do ciclo de vida de produtos contendo fibras naturais

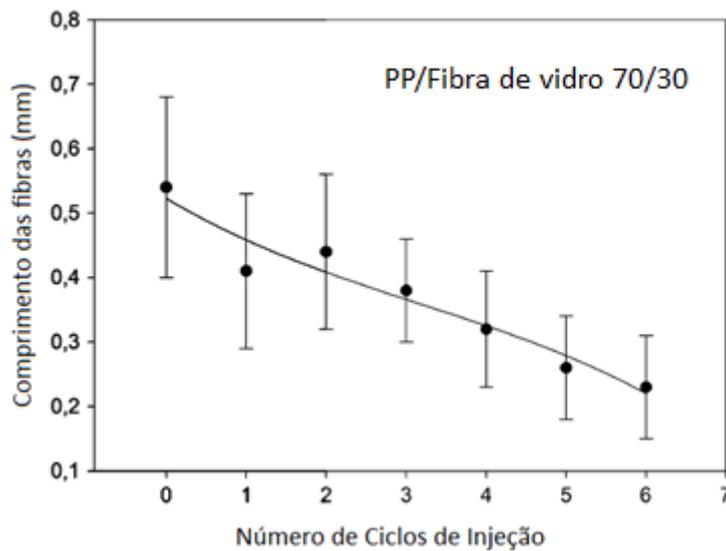
3.8.1 Reprocesso

Atualmente, as técnicas de reciclagem estão se tornando cada vez mais importantes. A reciclagem está bem desenvolvida para muitos produtos e materiais com produção significativa, o que não ocorre para os produtos com fibras. Devido ao aumento nas restrições legais, o descarte de fibras naturais é direcionado principalmente para a geração de energia. Entretanto, o produto reciclável deveria ser direcionado para outro caminho, devido ao custo e qualidade das fibras. Desta maneira, energia e recursos poderiam ser economizados.

Estudos do reprocessamento de compósitos contendo fibras de PP/cânhamo, PP Sisal, e PP/fibra de vidro [50] indicam a importância do efeito do processo sobre o comprimento das fibras, que pode alterar significativamente, como exemplificado na Figura 3.20.



(a)



(b)

Fonte: Adaptado de [50].

Figura 3.20: Evolução do comprimento das fibras naturais (a) e das fibras de vidro (b) através do número de reprocessos.

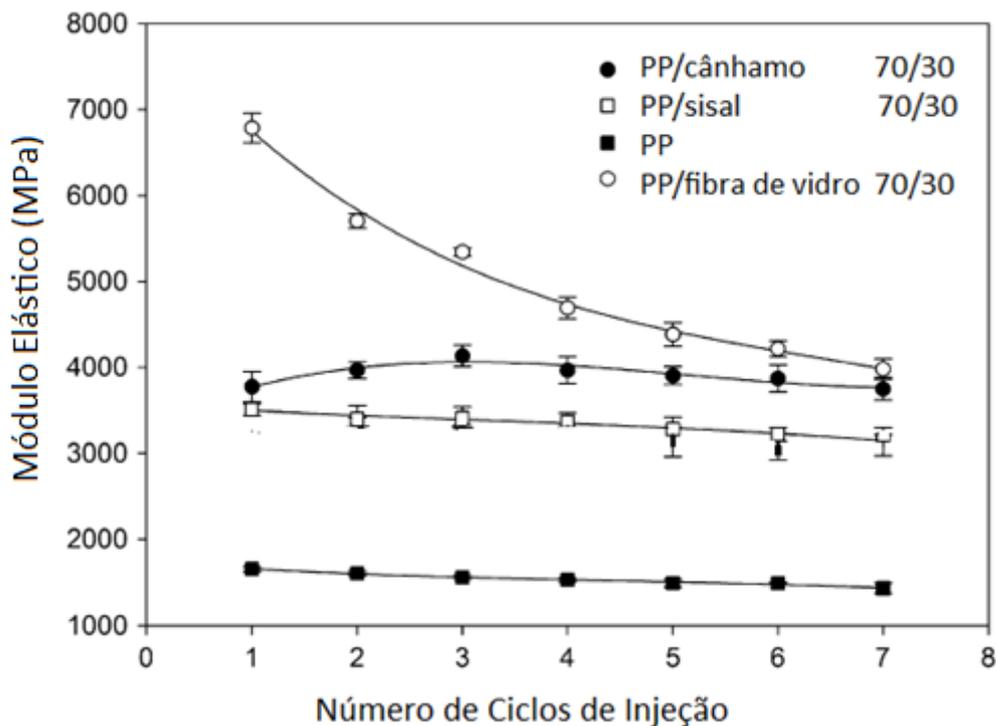
A principal causa da redução do comprimento das fibras no reprocessamento é a fratura das fibras associada à injeção. A redução das fibras naturais chega a 72-77%, significativamente maior do que a da fibra de vidro, que é de aproximadamente 57%. Este comportamento é explicado pela disposição das fibras na matriz. As fibras de vidro estão mais dispersas,

enquanto as fibras naturais se encontram muitas vezes agrupadas, o que facilita a quebra das fibras no processamento [50].

Com a redução do comprimento das fibras após o reprocesso, as fibras podem se tornar ineficazes em seu papel como reforço mecânico, uma vez que seu comprimento pode ficar abaixo de seu comprimento crítico para aquele determinado compósito. O comprimento crítico é um valor mínimo para um dado diâmetro que permite às fibras atuarem como carga de reforço, para o bom desempenho mecânico e para outras propriedades desejadas do compósito, O comprimento crítico depende do diâmetro da fibra e do limite de resistência à tração, bem como da força da ligação entre a fibra e a matriz: As fibras contínuas apresentam comprimentos muito maiores do que o comprimento crítico correspondente (normalmente de 15 vezes maior) [27].

Para várias combinações de matrizes com fibras de carbono ou vidro, o comprimento crítico é da ordem de 1 mm, que varia entre 20 e 150 vezes o diâmetro da fibra [27]. No caso dos compostos de matriz propileno com fibras, por exemplo, as fibras de sisal, flax, ramie e canhâmo tem comprimento crítico respectivamente de 2,27mm [51], 2,3 mm e 0,8 mm [52] e 3,4 mm [53].

Exemplo do efeito do número de ciclos de reprocesso sobre o módulo de tensão em um ensaio de tração pode ser visto no trabalho de [50], ilustrado na Figura 3.21, Verifica-se, primeiramente, o aumento na rigidez dos compostos em relação à resina base virgem, PP. Estes compostos apresentam, em média, 10% de redução no valor após 7 ciclos, enquanto na fibra de vidro, este valor cai 40%. Para o caso das fibras de vidro, a perda de adesão entre as fibras e a matriz após os ciclos explica a queda acentuada das propriedades mecânicas. No caso das fibras naturais, a baixa adesão entre fibra e matriz gera este tipo comportamento constante no módulo de tensão [50].



Fonte: Adaptado de [50].

Figura 3.21: Evolução do módulo sob tensão com o número de ciclos.

A curva da Figura 3.20 mostra, primeiramente, o aumento na rigidez dos compostos em relação à resina base virgem, PP. Estes compostos apresentam, em média, 10% de redução no valor após 7 ciclos, enquanto na fibra de vidro, este valor cai 40%. Para o caso das fibras de vidro, queda é associada a quebra das fibras durante o processamento e também pela pobre adesão das fibras após os ciclos. No caso das fibras naturais, a baixa adesão entre fibra e matriz gerou este comportamento constante no módulo [50].

3.8.2 Análise do ciclo de vida

Uma das maneiras mais apropriadas de se avaliar os impactos e danos ambientais causados por produtos durante toda a sua vida é a chamada análise de ciclo de vida. Esta técnica abrange a análise do gasto de energia e fluxo de materiais e pode ser utilizada para promover melhorias nos produtos e

processos, desde a extração de matéria prima até o descarte em uma cadeia de processos com uma estrutura toda sustentável [7].

O impacto ambiental de um dado produto através de sua vida inteira pode ser dividido, por exemplo, em três fases [37]:

- Fase de produção, na qual se incluem as necessidades energéticas para os materiais primários e secundários usados em todos os processos envolvendo a manufatura do material até o produto acabado;
- Fase de uso ou operação, na qual se incluem energia, combustível e emissões gasosas por todo o tempo de vida do produto;
- Fase final de vida, na qual se inclui a energia utilizada para a eliminação do produto descartado, independente desta energia ser reutilizada.

Na análise do ciclo de vida, o maior impacto de uma peça automobilística normalmente é a fase de operação do componente. A utilização pode chegar a 85-92% de toda a energia consumida, dependendo das características do material e os processos de manufatura utilizados. A fase de produção das fibras corresponde, em média, a 4%, a manufatura da peça em si a 1% e a de descarte, 1%. Neste cenário, o fator peso do componente tem um papel fundamental no impacto ambiental, pois a sua redução, além de significar a redução da quantidade de material utilizado, propicia o aumento da eficiência energética no uso, o que reduz a energia total consumida durante todo o ciclo de vida e o conseqüente impacto ambiental [37].

Ao se utilizar a metodologia de análise de ciclo de vida no cálculo do impacto ambiental, uma limitação é a inexistência de métodos para quantificação das principais conseqüências, diferentemente de metodologias analíticas empregadas em outras áreas, por exemplo, para análise de compatibilidade social e do custo do ciclo de vida, nos quais é possível a quantificação das conseqüências [7].

3.8.3 Regulamentação ambiental europeia associada aos veículos automotivos [54]

A regulamentação ambiental europeia tem sido considerada uma das mais exigentes em todo o mundo e tem servido de análise das tendências para outros países. Por exemplo, os veículos em fim de vida criam anualmente na Comunidade entre 8 e 9 milhões de toneladas de resíduos, que devem ser geridos corretamente. Em 1997, a Comissão Europeia adotou uma proposta de diretiva que visou tornar o desmanche de veículo e a reciclagem mais respeitadores do ambiente, estabelecendo claramente os objetivos quantificados para a reutilização, reciclagem e recuperação de veículos e seus componentes, empurrando os produtores para a fabricação de veículos novos com uma visão sobre a reciclagem de seus produtos.

As diferentes medidas dos países da União Europeia relativas aos veículos em fim de vida devem ser harmonizadas entre todos, em primeiro lugar, para minimizar o impacto ambiental negativo dos veículos, contribuindo assim para a proteção, preservação e melhoria da qualidade do ambiente. O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram em 18 de Setembro de 2000 a DIRETIVA 2000/53/C [54] que trabalha com estas medidas. Os países membros tiveram que pôr em vigor as disposições legislativas, regulamentares e administrativas necessárias para dar cumprimento à diretiva até 21 de Abril de 2002.

Esta diretiva abrange novos veículos e veículos em fim de vida, incluindo os seus componentes e materiais, peças sobressalentes de substituição sem prejuízo dos níveis de segurança, das emissões para a atmosfera e do controle de ruídos. A reciclagem de todos os plásticos provenientes de veículos em fim de vida deve ser continuamente melhorada.

Os requisitos para o desmanche, a reutilização e a reciclagem dos veículos em fim de vida e dos respectivos componentes devem ser integrados na fase de projeto e produção de novos veículos. A presente diretiva estabelece medidas para a valorização dos veículos em fim de vida e seus componentes, de forma a reduzir a quantidade de resíduos a eliminar, bem

como a melhoria do desempenho ambiental de todos os operadores econômicos intervenientes durante o ciclo de vida dos veículos e, sobretudo, dos envolvidos diretamente no tratamento de veículos em fim de vida.

Os fabricantes de veículos, em colaboração com os fabricantes de materiais e equipamentos, devem controlar a utilização de substâncias perigosas nos veículos e reduzir o seu uso, tanto quanto possível, a partir da fase de projeto dos veículos, em especial a fim de evitar a libertação dessas substâncias para o ambiente, facilitar a reciclagem e evitar a necessidade de eliminar resíduos perigosos após o descarte. Além disso, devem considerar uma quantidade crescente de material reciclado em veículos e outros produtos, a fim de desenvolver os mercados de materiais reciclados.

Os Estados-Membros da União Europeia tiveram que tomar estas medidas para garantir a criação de sistemas de recolhimento de todos os veículos em fim de vida e na medida do que foi tecnicamente viável, das peças usadas provenientes da reparação de veículos particulares e que constituam resíduos. Além disso, foi dada a preferência pela reciclagem, sempre que viável do ponto de vista ambiental, sem prejuízo dos requisitos de segurança dos veículos e do ambiente, tais como o controlo das emissões para a atmosfera e do ruído.

Neste cenário, a utilização de materiais compósitos com fibras naturais se torna uma alternativa aos materiais convencionais, como os materiais com reforço de fibra de vidro, uma vez que a energia gasta no ciclo de vida é menor nestes materiais [37] e a decomposição das fibras, por serem de origem vegetal, se dá de forma mais rápida no ambiente.

3.9 Prospecção tecnológica em materiais contendo fibras naturais

Com os fenômenos da globalização, flexibilização dos mercados regionais e internacionalização das economias, o fator inovação tem-se mostrado, mais do que nunca, como fundamental para a manutenção das

empresas numa situação economicamente viável num ambiente de hipercompetitividade [55].

O acompanhamento do fluxo de informações e do conhecimento sobre as tendências tecnológicas se converteu em uma importante ferramenta de competitividade e de racionalização dos esforços de pesquisa, desenvolvimento, inovação e capacitação das empresas, o que se trata do objeto da prospecção tecnológica. A prospecção tecnológica extrai do ambiente do mercado e de tecnologia informações úteis à empresa, para realização de uma análise lógica que leve a conclusões quantitativas e qualitativas sobre o futuro direcionamento das tecnologias, como subsídio a planos e ações no presente. Dentre as fontes de informação mais consistentes para serem exploradas, estão as publicações científicas e tecnológicas, os documentos de patentes, a internet, os especialistas e outras [55].

O crescente volume e facilidade de acesso à informação e ao conhecimento aumentam a necessidade de criação de mecanismos para prover as informações vitais aos tomadores de decisões e ao planejamento. É cada vez mais importante a utilização de tratamentos de informação automatizados e a criação de indicadores para a análise dos milhares de documentos disponíveis e normalmente envolvidos em uma pesquisa técnico-científica [55].

A análise de patentes é uma técnica particularmente importante para a prospecção tecnológica, pela disponibilidade de bases de dados eletrônicas públicas de abrangência mundial e grande retrospectiva temporal, e pelo fato das patentes conterem detalhes sobre as invenções e sobre as tecnologias associadas às mesmas, sendo que na maioria dos casos (aproximadamente 70%) as informações contidas não são encontradas em nenhuma outra fonte de informação [55]. A patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção ou modelo de utilidade, outorgados pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação. Em contrapartida, o inventor precisa revelar detalhes do conteúdo técnico da matéria reivindicada e a ser protegida pela patente [56]. Para fins de

prospecção de tecnologia, a análise de patentes é também utilizada para facilitar a gestão de tecnologia de diversas maneiras, incluindo [57]:

- Gestão de P&D: Pode-se determinar a viabilidade e a “patenteabilidade” dos resultados dos potenciais projetos em desenvolvimento, como uma consideração no investimento e seleção de projetos;

- Inteligência Tecnológica: Identificar novas tecnologias e propriedade intelectual chave, bem como a avaliação das vias de comercialização dos novos produtos.

- Identificação de propriedade intelectual desejável: Isso pode ajudar no licenciamento alvo ou oportunidades de desenvolvimento conjunto, ou ainda possibilidades de manobras de fusão e aquisições.

- Fusões e aquisições (M & A): traçar o perfil de patentes, utilizando indicadores, pode ajudar a avaliar o potencial de propriedade intelectual de uma empresa versus outras. Em uma maior profundidade na sondagem, como o exame de longevidade, equipes de inventores, relações externas da empresa e do atual emprego de inventores chave, pode-se ajudar a avaliar as oportunidades;

- Inteligência Competitiva: Obter perfis de empresas por classes de IP para obter referência de suas forças;

- Análises de mercados internacionais: Entender as concentrações de famílias de patentes por países;

- Gestão dos recursos humanos: Compreender as funções e produtividade relativa dos inventores tanto dentro de sua organização e nos outros.

Através da pesquisa de patentes é possível analisar dados de forma quantitativa e criar indicadores a partir de registros estruturados de documentos patentes contidos em base de dados, de documentos de patentes na íntegra, e de registros em bases de dados e documentos integrais de publicações científicas.

Diferenças importantes entre publicações científicas e patentes devem ser consideradas, tais como [57].

- Publicações científicas, em geral, refletem atividades acadêmicas, enquanto as patentes representam os resultados de atividades e investimentos de pesquisa e desenvolvimento, principalmente industrial, embora as universidades e institutos de pesquisa ampliam cada vez mais sua participação nesse esforço de inovação;
- As políticas de publicação dos documentos das indústrias variam muito de uma empresa para outra;
- Os conteúdos das publicações científicas e patentes são comparáveis, mas não idênticos (inventores x autores; publicação x código de classe da patente);
- O resumo das publicações científicas geralmente tenta explicar o que os pesquisadores fizeram e a razão para tal. Os resumos das patentes geralmente não transmitem a intenção das empresas, o que contribui para o desafio da busca e análise das patentes.

Dentre as limitações desta técnica, principalmente tem-se aquelas associadas às estratégias de cada uma das empresas, de acordo com o cenário em que elas estão inseridas. Também nem todos os resultados das pesquisas científicas ou desenvolvimentos tecnológicos são publicados ou patenteados. Não existe ainda uma base de dados que cubra todas as publicações científicas ou patentes, e as análises sempre são feitas por amostragem que devem considerar as características específicas de cada base de dados empregada [57].

A análise de patentes pode ser feita com abrangência internacional e pode trazer os seguintes subsídios para usuários nas áreas acadêmica, empresarial, governamental e legal, para atingir objetivos como [58]:

- Conduzir pesquisa detalhada para apoiar o planejamento e a tomada de decisão em P&D, produção, negócios, fomento, etc;
- Pesquisar as atividades dos concorrentes;
- Identificar avanços tecnológicos e acompanhar tendências tecnológicas;

- Reduzir a duplicação de pesquisa e desenvolvimento;
- Detectar e evitar violações de patentes;
- Desenvolver um maior número de invenções;
- Adquirir mais capital para pesquisa;
- Comparar o desempenho da pesquisa de instituições.

Para a análise de patentes é importante o uso da Classificação Internacional de Patentes (CIP), estabelecida no acordo de Strasbourg de 1971. Seu emprego é indispensável para a recuperação dos documentos em buscas de registros em bases de dados e de patentes na íntegra, por parte de inventores e unidades de pesquisa e desenvolvimento, além de outros interessados na aplicação e desenvolvimento de tecnologias [59].

A CIP contém um sistema hierárquico de linguagem de símbolos independentes para a classificação de patentes e modelos de utilidades, de acordo com cada uma das diferentes áreas de tecnologia que elas pertencem. A tecnologia é dividida em oito seções com aproximadamente 70.000 subdivisões. Cada subdivisão tem um símbolo que consiste em numerais arábicos e letras do alfabeto latino. O símbolo apropriado da IPC é indicado em cada documento de patente, documento este emitido mais de 1.000.000 por ano nos últimos dez anos [59].

Para manter a IPC atualizada, a classificação é continuamente revisada e novas versões são regularmente publicadas. A revisão da classificação é feita pelo comitê de especialistas da própria CIP [59].

A Derwent Innovation Index (DII) é a base de dados normalmente mais empregada para a pesquisa de documentos de patentes pois fornece a possibilidade de retorno de resultados estruturados. Ela também oferece uma codificação para titulares de patentes que visa padronizar em quatro dígitos empresas de grupos empresariais ou cujo nome pode variar conforme a localização no mundo. Esses códigos são divididos em [60]:

- Padronizado: códigos designados a empresas com grande número de patentes e que regularmente fazem depósitos. Empresas com códigos não padronizados, mas que passam a ter uma atividade de patenteamento alta recebe um código único;
- Não padronizado: códigos que não pertencem a uma única empresa, logo precisam ser averiguados;
- Individual: códigos designados a pessoas.

No caso dos Estados Unidos, o governo federal, através do escritório de patentes e marcas registradas dos Estados Unidos (*United States Patent and Trademark Office* – USPTO), concede um tipo específico de patente quando a invenção se trata de plantas que são estáveis e obtidas por reprodução assexuada, de acordo com a seção 161 do título 35 do código dos Estados Unidos. Esta patente, denominada patente de planta, dá o direito do depositante se proteger da reprodução assexuada, da venda ou do uso da nova planta por outros [61]. De maneira distinta, no Brasil existe a Lei de Proteção de Cultivares, Lei no. 9.456, de 25 de abril de 1997, regulamentada pelo Decreto no. 2.366, de 5 de novembro de 1997 [62] que estabelece os direitos relativos à propriedade intelectual de cultivares de novas variedades vegetais. Os direitos de exclusividade concedidos por esta lei não impedem o uso para pesquisa científica da cultivar protegida para obtenção de novas cultivares por terceiros, mesmo sem autorização do detentor do direito, como o que geralmente ocorre nas legislações sobre patentes. Os cultivares são protegidos pela lei. Estimula-se por meio desta lei investimentos no desenvolvimento de novas variedades e impede-se a comercialização de variedades vegetais por terceiros não autorizados por meio de proteção de novas cultivares, assim como seu material de reprodução ou multiplicação comercial em todo o território brasileiro pelo prazo de 15 anos, excetuando-se as videiras, as árvores frutíferas, as árvores florestais e as árvores ornamentais, para as quais a duração é de 18 anos [63]. Porém, pode haver dificuldade para a obtenção de autorização governamental para pesquisa de novos cultivares, por exemplo, mediante engenharia genética, para a eventual

melhoria da qualidade das fibras em termos de redução de teor de umidade, aumento da homogeneidade de densidade, comprimento e espessura, aumento da produtividade, etc. Isso pode criar uma barreira para a disseminação do uso comercial das fibras naturais em compósitos, dada a competição com outras alternativas tecnológicas.

A análise de patentes pode ser feita com base na elaboração de indicadores a partir de campos estruturados de registros bibliográficos de patentes, com a contagem do número de patentes e estratificação por titulares, inventores, ano, classificação, países de origem e de depósito, citações, dentre outros. Leva em consideração que, se uma determinada empresa titular tem um número maior de patentes depositadas em um assunto específico do que outra, ela provavelmente despendeu maior esforço (investimento, recursos) em pesquisa e desenvolvimento no assunto. Pode-se esperar também que essa empresa possui maior capacidade em desenvolver novos produtos, processos ou serviços. A análise de patentes também pode ser empregada para a identificação de corpo técnico chave (inventores) de uma empresa ou de um setor. Podem ser ainda analisadas as áreas nas quais uma empresa é vulnerável e suas necessidades de novos especialistas, por exemplo, a partir da falta de patentes depositadas em áreas vitais para a atuação da empresa [64].

3.10 Análise por simulação de processo e estrutural na fabricação de peça por injeção de compósito de matriz termoplástica

No competitivo mercado global, as empresas buscam trabalhar com elevado nível de qualidade, com rapidez e com baixo custo. Isso tudo pode ser alcançado com menor custo e de uma maneira mais rápida com o emprego de ferramentas tecnológicas na etapa de concepção e projeto, incluindo, por exemplo, a análise de elementos finitos (FEA), o design auxiliado por computador (CAD) e a análise de fluxo de moldagem (Mold Flow). Esta etapa de concepção e projeto busca analisar, avaliar e selecionar, a partir dos dados

publicados e da experiência acumulada pelos colaboradores de uma empresa. É o caso, por exemplo, de uma nova aplicação para o compósito de polipropileno (polímero termoplástico) com fibra de sisal (natural) para uma peça específica de eletrodoméstico.

O processo de injeção é um processo frequentemente utilizado para a fabricação de peças baseadas em compósitos de matriz termoplástica, uma vez que é um processo adequado para muitos tipos de formas de produtos, dentre eles os com reforço de fibras naturais [65]. Porém, a adição de fibras introduz propriedades anisotrópicas nas peças moldadas, devido à orientação das fibras induzidas pelo fluxo de material durante o processamento. Para determinar as propriedades nas peças injetadas e auxiliar na construção do molde, além das condições de processo, a orientação das fibras deve ser prevista com precisão [66].

Os softwares CAD ajudam no estudo dos padrões de fluxos do processo de injeção mediante a simulação, para prevenir e solucionar problemas, projetar moldes, parametrizar processo, estimar custos de ferramental, validar novas peças, etc. [67]. Para simular o fluxo do material fundido no processo de injeção, normalmente são necessárias informações prévias sobre propriedades térmicas, tais como coeficiente de expansão térmica, capacidade calorífica, diagrama pressão-volume-temperatura, condutividade térmica, conforme mostradas na Tabela 3.7, muitas vezes indisponíveis, o que pode dificultar as análises das simulações de fluxo, entre outras, especialmente quando se trata de compósitos com fibras naturais [65].

Tabela 3.7: Resumo das informações para a simulação de processo de injeção de compósito de matriz termoplástica

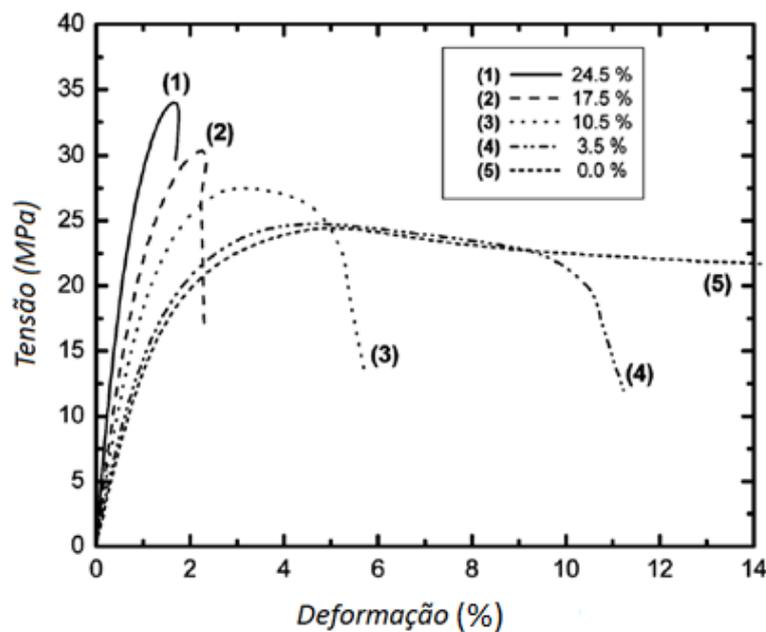
Propriedade
Análise de preenchimento/ refrigeração
Viscosidade
Dados de taxa de cisalhamento
Densidade do fundido
Condutividade térmica
Calor específico
Temperatura de extração
Temperatura de "no-flow"
PVT data pressão-volume-temperatura
Análise de empenamento
Coefficiente de expansão térmica linear
Temperatura de transição vítrea
Módulo elástico
Coefficiente de Poisson
Módulo de cisalhamento

Fonte: Adaptado de [67]

Para analisar o projeto de uma nova peça ou a substituição de um material em uma peça existente, além da simulação de injeção haverá necessidade da avaliação estrutural para validar a proposta, o que pode ser auxiliado pelo emprego de softwares do tipo CAD (ANSYS, por exemplo) que permitem, simular aspectos estruturais críticos de um produto, mediante análises lineares estáticas sobre as tensões e as deformações nas peças. A fidelidade dos resultados é analisada a partir da aplicação de diferentes modelos e algoritmos de solução, considerando diferentes materiais disponíveis o modelo da peça interagindo com e contatos e movimentos relativos no sistema como um todo [68].

Para a simulação estrutural, é importante a disponibilidade de dados sobre as propriedades mecânicas dos materiais em estudo, o que nem sempre é obtido com facilidade. Por exemplo, existem casos em que apenas as curvas de tensão e deformação estão acessíveis, e não às tabulações de origem dos gráficos. Nesse tipo de caso, pode-se recorrer à geração das tabulações a partir das curvas disponíveis, com auxílio do software WinDig, como exemplificado para compósitos de polipropileno e fibra de vidro Figura 3.22

[69], que disponibiliza a caracterização, por meio de ensaio de tração, de composições com 0, 3,5, 10,5, 17,5 e 24,5% em massa de fibra de sisal compatibilizadas com MA-g-PP. Neste caso, o aumento do conteúdo de fibras no compósito causa três efeitos simultâneos: o módulo elástico e a resistência a tração aumentam, e a deformação até ruptura diminui. Isto é resultado da mistura de efeitos dos dois materiais, PP e fibra de sisal. A fibra de sisal apresenta um módulo elástico de cerca de 15GPa e deformação na ruptura em torno de 2%, enquanto o PP apresenta módulo elástico de 1,46 GPa e deformação na ruptura maior que 100% [69].



Fonte: Adaptado de [69].

Figura 3.22: Curvas tensão e deformação de diferentes composições do compósito PP/fibra de sisal.

4 MÉTODOS

4.1 Procedimentos gerais

O procedimento empregado na presente pesquisa englobou as seguintes principais atividades:

- Levantamento de informações, registros de bases de dados e documentos:
 - Para o levantamento das informações básicas, foram buscadas na literatura científica e sites especializados as principais tecnologias associadas às fibras naturais, desde as principais técnicas de extração das fibras, passando pelos compatibilizantes superficiais e técnicas de processamento. A partir dos principais termos desta pesquisa base, a pesquisa foi realizada nas bases de dados de documentos de patentes.

- Elaboração e análise de indicadores de patentes
 - A partir das buscas nas bases de dados de patentes, os documentos foram pré-filtrados nas próprias bases de dados, através de expressões de busca tratados, e posteriormente tratados no software, no qual foram construídos indicadores adequados para cada tópico envolvido com as fibras naturais.

- Análise da simulação de processo e estrutural do uso de fibras de sisal em uma matriz de polipropileno para um pino de dobradiça de um eletrodoméstico
 - De acordo com o cenário econômico do Brasil das fibras naturais e as resinas mais utilizadas, optou-se por escolher uma fibra que trouxesse um grande apelo econômico para esta nova aplicação. Foi escolhido um compósito de fibra de sisal com uma matriz de polipropileno para o estudo de caso. Para a construção do modelo 3D foi utilizado o software Pro/ENGINEER. As simulações estruturais

foram realizadas com o auxílio do software ANSYS®, com as curvas adaptadas com o software WinDig.

4.2 Levantamento de informações, registros e documentos

4.2.1 Levantamento de informações, registros de bases de dados e documentos técnico-científicos

Foi realizado um levantamento preliminar sobre as fibras e os compostos naturais a partir de artigos técnico-científicos da área. Foram identificados termos comumente associados a esta área específica do conhecimento para a recuperação de registros de patentes e de artigos técnico-científicos, patentes, novos artigos técnico-científicos adicionais e normas pertinentes. Os termos abrangeram desde nomes científicos de classificação botânica até termos tecnológicos utilizados por indústrias associadas às fibras, aos polímeros e compósitos e suas aplicações.

O próximo passo foi a realização do levantamento principal, de recuperação de registros de documentos de patentes para o tratamento estatístico e análise quantitativa e qualitativa e de documentos complementares para a complementação analítica, englobando publicações científicas, patentes específicas, regulamentações públicas, normas e sites de empresas e organizações pertinentes. Também foi feito o acompanhamento das publicações ao longo de todo o período da pesquisa, para atualização da revisão bibliográfica realizada. Os levantamentos em bases de dados foram realizados com acesso remoto UFSCar via internet.

As bases de dados empregadas para recuperação de registros e artigos técnico-científicos englobaram principalmente a Web of Science e a *Science Direct* [70], de artigos técnico-científicos (disponíveis no Portal Capes), além da base SAE (Society for Automobile Engineers), esta última, pelo papel preponderante dos componentes automotivos no uso de compósitos poliméricos contendo fibras naturais [71]. Uma outra base de dados possível para se utilizar nesse caso de artigos científicos técnicos é a Compendex.

Porém, no caso do trabalho, esta base não foi utilizada por não apresentar dados estruturados, o que inviabiliza a análise bibliométrica.

Para essa recuperação, utilizou-se no campo “*all fields*” termos de busca pertinentes à fibra natural e ao sisal, como apresentados na Tabela 4.1:

Tabela 4.1: Descrição dos principais termos utilizados para a busca de artigos científicos.

Termo em inglês	Intenção de recuperação
<i>Natural fibre</i>	Fibras naturais de modo geral
<i>Brazilian fibre</i>	Fibras brasileiras de modo geral
<i>Natural fibre process</i>	Processos utilizados e em desenvolvimento
<i>Natural fibre structure</i>	Estrutura das fibras naturais
<i>Natural fibre recycl*</i>	Reciclagem das fibras naturais
<i>Natural fibre composite</i>	Compósitos com fibras naturais de modo geral
<i>Sisal</i>	Documentos relacionados ao sisal

A partir desses resultados preliminares, foi possível elaborar os principais tópicos relacionados às fibras naturais e alimentar a pesquisa em patentes com os termos mais frequentes nesta área, além de estratificar e organizar os artigos por assuntos contidos.

A base de dados da *SAE foi consultada com expressões de busca*, “*natural fiber*” e “*natural fibre*” no campo “frase exata” na busca avançada, para buscar informações e casos sobre a utilização e disseminação das fibras naturais na indústria automobilística.

Para a complementação da revisão bibliográfica e análise dos resultados, também foram buscados documentos prospectivos em instituições internacionais e nacionais relevantes, principalmente o sistema europeu Framework Programme, disponibilizado no serviço CORDIS (Serviço Comunitário de Informação à Pesquisa e desenvolvimento), que oferece facilidades de comunicação entre pesquisadores, gestores e outros profissionais interessados em pesquisa e desenvolvimento [72]; além de

diretivas europeias de normalização e regulamentação, focadas na área de descarte de resíduos, que está diretamente ligado ao tema pesquisado, patentes específicas e artigos específicos [54].

Em relação ao marketing das empresas na utilização das fibras naturais, foram consultados os *websites* das próprias empresas e as notícias foram encontradas na seção de mídia destes *websites*.

Para o levantamento dos grupos de pesquisa acadêmicos envolvidos com os temas associados a fibras naturais no Brasil, utilizou-se o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq [73], com o emprego das palavras chaves relacionadas, principalmente fibras naturais, fibras vegetais e sisal, além de outras obtidas na revisão bibliográfica. Nesta base de dados é possível buscar informações sobre os grupos de pesquisa contidos na base corrente (atual) do Diretório, e os grupos recuperados foram somente aqueles que estão na situação de “grupos certificados” pelos dirigentes institucionais de pesquisa das instituições e empresas cadastradas.

4.2.2 Levantamento de informações, registros e documentos de patentes.

Para a recuperação das informações de patentes foi empregada a base de dados *Derwent Innovations Index* (DII) [60], cuja cobertura é de 1963 até o presente, com o auxílio de consulta à Classificação Internacional de Patentes (CIP) na versão 8 em português disponibilizada pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI [74].

As expressões de busca utilizadas para a coleta de informação foram aprimoradas em etapas sucessivas conforme sequencia mostrada no Apêndice. Partiu-se de uma expressão mais genérica e o refinamento se deu com o emprego de operadores Booleanos, utilizando-se os termos associados aos compósitos fabricados a partir de fibras naturais, utilizando-se também os conceitos e termos citados no levantamento preliminar da revisão bibliográfica

e nos assuntos de classificação e códigos CIP, sempre com as expressões em inglês e sem nenhum filtro na base por período.

A primeira busca foi realizada com termos da classificação CIP cruzados com palavras relacionadas às fibras naturais, conforme a Tabela 4.2. Os termos utilizados vêm do cruzamento de códigos CIP de forma de fibras com o termo “fibra natural”. Esta expressão de busca não se mostrou confiável, pois foram detectadas muitas patentes fora de contexto quando se analisa as patentes no detalhe. Muitas delas estão associadas apenas ao tema de fibras, porém como fibras poliméricas em uma resina de origem vegetal, por exemplo.

Tabela 4.2: Descrição da expressão utilizada para a primeira busca das patentes relacionadas às fibras naturais em geral.

Etapas	Termos de expressão de busca	Documentos retornados
#1	IP=(b29* or b32b* or c08k*)	>100.000
#2	IP=(c08k-007/02 or c08l-097*)	8.012
#3	#1 or #2	>100.000
#4	TS=("plant" or "veget*" or "natural") and TS=(fibre* or fiber*)	56.021
#5	#4 and #3	10.321

A partir deste primeiro resultado, viu-se a necessidade de retornar às buscas com a utilização dos nomes das fibras naturais, além de cruzá-los com os termos encontrados na Tabela 4.2. Os resultados encontrados, bem como a expressão de busca utilizada estão depósitos na Tabela 4.3. Todo o racional para a determinação da expressão de busca utilizada está disponível no Apêndice A.

Tabela 4.3: Expressão final de busca utilizada para recuperação dos documentos de patentes relacionadas às fibras naturais em geral.

Etapas	Termos de expressão de busca	Documentos retornados
#1	TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or rice* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea") and TS=(fibre* or fiber*) not TS=(food) not IP=(A2*)	34.412
#2	IP=(B29* or B32B* or C08*)	>100.000
#3	#1 and #2	6.764

Para a complementação analítica, visando confirmar ou entender resultados e tendências sobre o uso das fibras naturais, foram obtidos documentos de patentes selecionados na íntegra na base de dados Espacenet [75], além de se consultar websites como o website Prior-IP [76] que organiza patentes do mundo em categorias relacionadas, chamados clusters, através de algoritmos baseados em citação.

4.3 Elaboração e análise de indicadores de patentes

Para a elaboração de indicadores a partir dos registros bibliográficos de patentes recuperados, foi realizado primeiramente o pré-tratamento e limpeza dos dados. Em seguida, os dados foram importados no programa computacional de processamento de registros. Após a importação e processamento, foram realizadas análises bibliométricas, com o reprocessamento de dados de acordo com os indicadores a serem construídos. Em seguida, listas e matrizes de correlação foram elaboradas e exportadas para outro programa computacional com finalidade de montar gráficos e tabelas.

Com os indicadores elaborados, foram feitas análises de maneira integrada com informações e conhecimentos obtidos a partir da revisão de

trabalhos de outros autores e sites oficiais. Ao final, conclusões e recomendações foram obtidas.

A elaboração dos indicadores e as análises foram limitadas até o ano de 2009, devido ao período de sigilo de pelo menos um ano e meio das patentes.

Os registros bibliográficos das patentes foram separados por períodos de dez anos para uma avaliação geral do tema e também em situações mais específicas, como evolução do patenteamento e concentração das áreas ao longo do tempo.

Os registros também foram separados conforme seus assuntos tecnológicos obtidos a partir do código CIP de três dígitos.

Os principais titulares das patentes associados ao tema de fibras naturais e ao sisal foram categorizados três grupos distintos, compreendendo empresas, pessoas físicas, universidades e institutos ou centros de pesquisas ou órgãos governamentais.

Para a elaboração e análise de indicadores de patentes foram empregados os softwares Vantage Point [64] e a ferramenta estatística da própria da base Derwent (DII) [60], além do MS Excel® 2010, este para construção de gráficos. A partir de listas e tabelas montadas no Vantage Point®, as análises estatísticas e elaboração de gráficos serão realizadas no Excel (versão Office 2007).

4.3 Elaboração e análise de indicadores de artigos científicos

Para a elaboração de indicadores a partir de artigos científicos recuperados, foram utilizadas as próprias ferramentas de análise da base de dados da Web of Science, a partir do termo "*natural fibre**". Com estas ferramentas é possível se obter dados dos autores, dos países de origem e das instituições.

Com os indicadores elaborados, foram feitas análises de maneira integrada com informações e conhecimentos obtidos a partir da revisão de

trabalhos de outros autores e sites oficiais. Ao final, conclusões e recomendações foram obtidas

4.4 Simulação de processo e estrutural do uso de fibras de sisal em uma matriz de polipropileno para um pino de dobradiça de máquina de lavar roupas.

Foi feita uma análise exploratória da simulação de processo e estrutural do uso de fibras de sisal em uma matriz de polipropileno para um pino de dobradiça de um eletrodoméstico, como opção para substituição ao compósito nylon/fibra de vidro hoje empregado no desenvolvimento dessa peça.

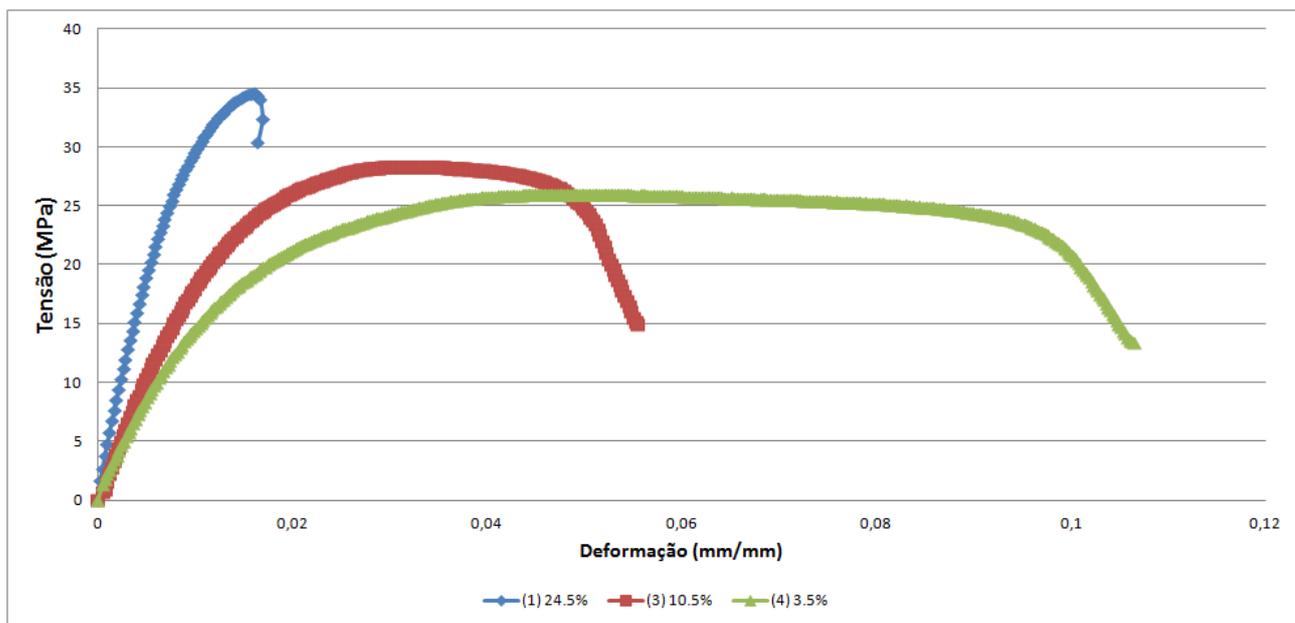
A peça foi modelada com o uso do software Pro/ENGINEER [77].

Na análise estrutural, foram utilizados o software ANSYS®, e WinDig, este último na obtenção de dados das curvas tensão-deformação a partir de dados bibliográficos disponíveis.

Para o a análise exploratória do desenvolvimento deste novo componente, foram propostas três composições iniciais de polipropileno e fibras de sisal: 3,5, 10,5 e 24,5% em massa de sisal na matriz de polipropileno. Estas composições foram escolhidas pela disponibilidade de dados para essas composições em referência consultada [69] que foram tratados e permitiram gerar os dados de entrada necessários para realizar as simulações pretendidas,. A primeira escolha foi a composição de 24,5% devido a preocupação com a quebra do clipe do pino durante a montagem em seu alojamento. Todas as outras composições também foram simuladas.

Foi possível retrazar as traçar curvas de tensão-deformação da Figura 3.22 e estabelecer os pontos que originaram as respectivas curvas (com auxílio do software WinDig), conforme Figura 4.1, necessários como dados de entrada para a análise estrutural por simulação (com auxílio do software ANSYS).

Para a simulação de fluxo do compósito no item, foi proposta a utilização do software Mold Flow [67].



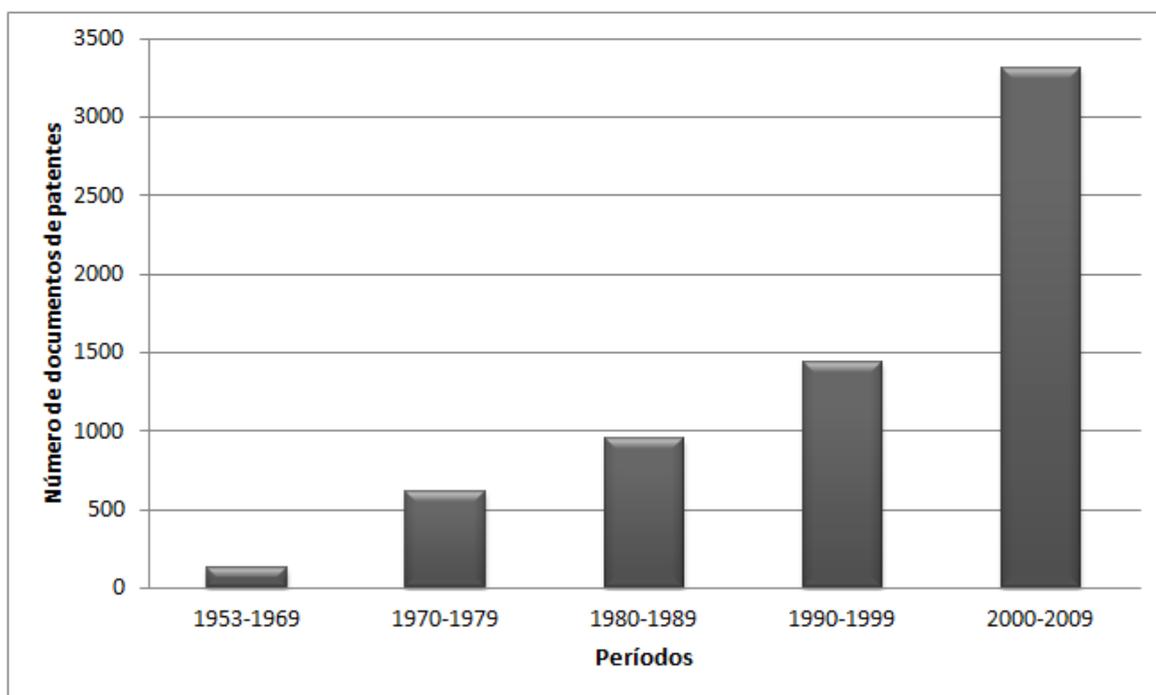
Fonte: Elaborado a partir da Figura 3.2 [62]

Figura 4.1: Curvas tensão e deformação obtidas com auxílio do software WinDig,

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Patenteamento mundial e brasileiro associado às fibras naturais

Com os critérios e procedimentos empregados, foram recuperados 6452 registros de patentes associados a fibras naturais em materiais compósitos a partir da base de dados Derwent, de 1960 a 2009. Neste período houve um crescimento significativo dos depósitos ao passar das décadas, conforme ilustrado na Figura 5.1.

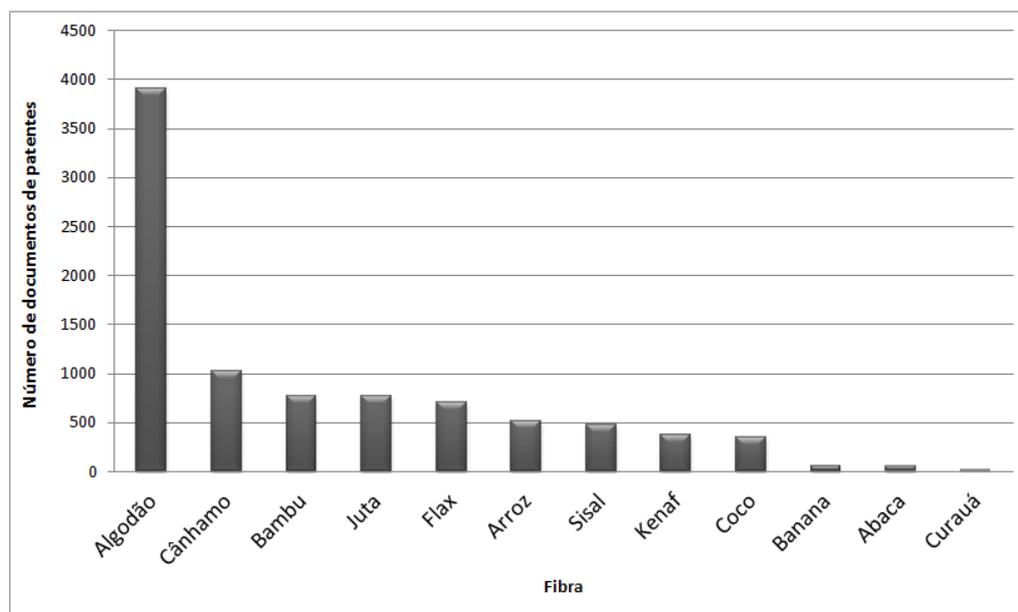


Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.1: Evolução do patenteamento associado ao uso das fibras naturais de 1960 a 2009.

Dentre todas as fibras pesquisadas, a que aparece com maior destaque nas pesquisas é a fibra de algodão, que corresponde a cerca de 40% das fibras individualmente, Figura 5.2 sendo que muitos documentos apresentam mais de uma fibra nas reivindicações. Muitos destes documentos relacionados às fibras de algodão têm uma forte associação às patentes de tecidos (códigos D04 e D06), por ser o algodão amplamente utilizado mundialmente para este fim. As fibras de cânhamo vêm logo na seqüência, com 11% dos retornos associados

à mesma. As demais fibras giram em torno de 5 a 8%, com participação das fibras de banana, abacá, curauá e sisal, com cerca de 1% e nenhum retorno para a fibra de rami.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.2: Principais fibras associadas aos documentos de patentes pesquisados, de 1960 a 2009.

Com os critérios e procedimentos empregados, os depósitos de patentes recuperados apresentaram como principais assuntos tecnológicos, conforme Tabela 5.1, os associados a compostos macromoleculares orgânicos etc, processamento de matérias plásticas etc, produtos em camadas, como era de se esperar, devido à expressão de busca utilizada, além de tratamento de têxteis ou similares etc, entrelaçamento etc, corantes etc, ciência médica ou veterinária etc, pela importância inerente à relação desses assuntos com as fibras naturais.

De um total de 114 assuntos tecnológicos representados pelos códigos de 3 dígitos da CIP e respectivas descrições, associados aos documentos de patentes envolvendo fibras naturais, os 7 primeiros são responsáveis por cerca de 70% de todos os assuntos indexados, conforme Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Principais assuntos tecnológicos representados pelos códigos e respectivas descrições da Classificação Internacional de Patentes (CIP)

com 3 dígitos dos depósitos de patentes associados às fibras naturais, de 1953 a 2009.

Código 3-dígitos	Descrição	nº vezes citado	% do total
C08	COMPOSTOS MACROMOLECULARES ORGÂNICOS; SUA PREPARAÇÃO OU SEU PROCESSAMENTO QUÍMICO; COMPOSIÇÕES BASEADAS NOS MESMOS	3133	19%
B32	PRODUTOS EM CAMADAS	3101	18%
B29	PROCESSAMENTO DE MATÉRIAS PLÁSTICAS; PROCESSAMENTO DE SUBSTÂNCIAS EM ESTADO PLÁSTICO EM GERAL	1582	9%
D06	TRATAMENTO DE TÊXTEIS OU SIMILARES; LAVANDERIA; MATERIAIS FLEXÍVEIS NÃO INCLUÍDOS EM OUTRO LOCAL	1224	7%
D04	ENTRANÇAMENTO; FABRICAÇÃO DE RENDA; MALHARIA; PASSAMANARIA; NÃO TECIDOS	828	5%
C09	CORANTES; TINTAS; POLIDORES; RESINAS NATURAIS; ADESIVOS; COMPOSIÇÕES NÃO ABRANGIDAS EM OUTROS LOCAIS; APLICAÇÕES DE MATERIAIS NÃO ABRANGIDOS EM OUTROS LOCAIS	762	5%
A61	CIÊNCIA MÉDICA OU VETERINÁRIA; HIGIENE	437	3%
	Total	11749	70%

Fonte: elaboração a partir das bases de dados DII e INPI.

O assunto tecnológico referente ao código D06, quarto código da Tabela 5.1, quando analisado mais detalhadamente, abrange principalmente os códigos D06M-015/643 e D06N-007/00 de 8 dígitos da CIP, e estão relacionados ao tratamento superficial e à utilização das fibras em forma de folhas coladas em material macromolecular, respectivamente. Esta também é uma típica utilização de compósitos, por exemplo, na substituição do couro.

No caso do código D04 apresentado na Tabela 5.1, existe também uma grande associação à produção de não tecidos (D04H-013/00) caracterizados pela falta de homogeneidade (B32B-005/02), e abrange aplicações como de um laminado para isolamento acústico e térmico em automóveis. Já o código C09 traz o uso das fibras naturais como agente para a superfície em contato com o gelo (C09K-003/18), como no caso de uma mistura em que se utiliza fibra de celulose de bambu para reduzir a aderência de gelo sobre o asfalto.

O assunto ciência médica associado ao código A61, abrange principalmente os códigos A61F-013/15, A61F-013/00 e se relaciona com

material em camada (código B32B-005/02) de curativos e ataduras para fins medicinais, como em lenços para limpeza superabsorventes.

Desse modo, verifica-se que o uso de fibras naturais em compósitos e seu processamento permeia todos os principais assuntos tecnológicos abrangidos pela maioria dos depósitos de patentes recuperados na pesquisa.

A titularidade das patentes na área é bastante distribuída, com grande número de empresas detentoras de patentes no universo pesquisado, sem haver concentração expressiva de patentes em poucas empresas. As 15 principais empresas, apresentadas na Tabela 5.2, detêm conjuntamente cerca de 20% de todos os documentos recuperados, de 1953 a 2009. No período 1989 a 2009, que envolve maior número de patentes ainda vigentes, destacam-se as empresas Matsushita e Bayer. A Matsushita teve picos de depósitos na área de placas laminadas (1982, 1985 e 1991) para circuitos elétricos e vem mantendo um número baixo de atividade na área nos últimos anos, conforme Figura 5.3. No caso da Bayer, o patenteamento é variado e um pouco mais constante ao longo dos anos, porém em baixo número, conforme Figura 5.3. As patentes da Bayer contemplam desde a área de tingimento de tecidos a capas de baixo peso para isolamento de automóveis.

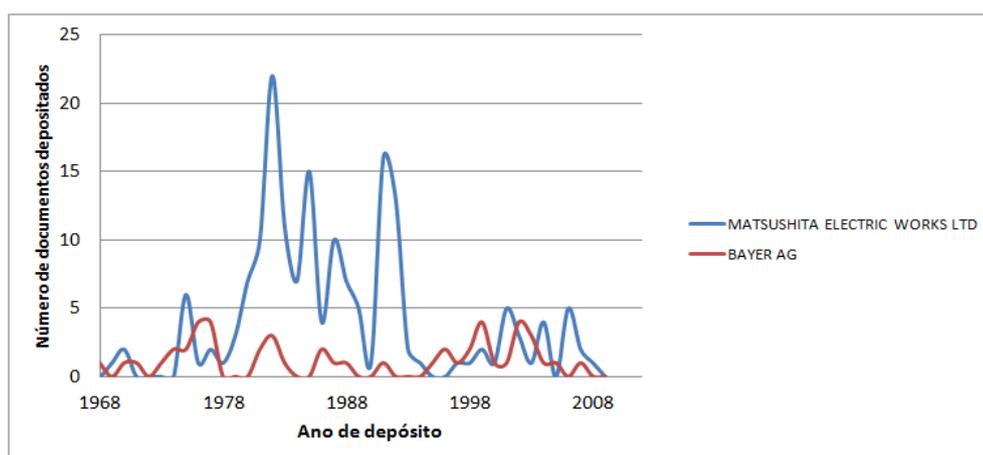
Tabela 5.2: Principais empresas detentoras de patentes associadas a fibras naturais, de 1953 a 2009.

# total de	% do	% de	Empresa detentora
------------	------	------	-------------------

documentos	total	patentes ativas	
173	3,99%	37%	MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD
101	2,33%	75%	TORAY IND INC
96	2,22%	85%	DU PONT DE NEMOURS & CO
84	1,94%	82%	AE BASF AG
56	1,29%	68%	CIBA GEIGY AG
52	1,20%	85%	UNITIKA LTD
51	1,18%	45%	BAYER AG
46	1,06%	78%	TOYOBO KK
43	0,99%	98%	ASAHI CHEM IND CO LTD
43	0,99%	79%	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC
42	0,97%	93%	3M INNOVATIVE PROPERTIES CO
39	0,90%	97%	MILLIKEN & CO
38	0,88%	95%	PROCTER & GAMBLE CO
38	0,88%	89%	TOYOTA JIDOSHA KK
37	0,85%	81%	KIMBERLY CLARK CORP

Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

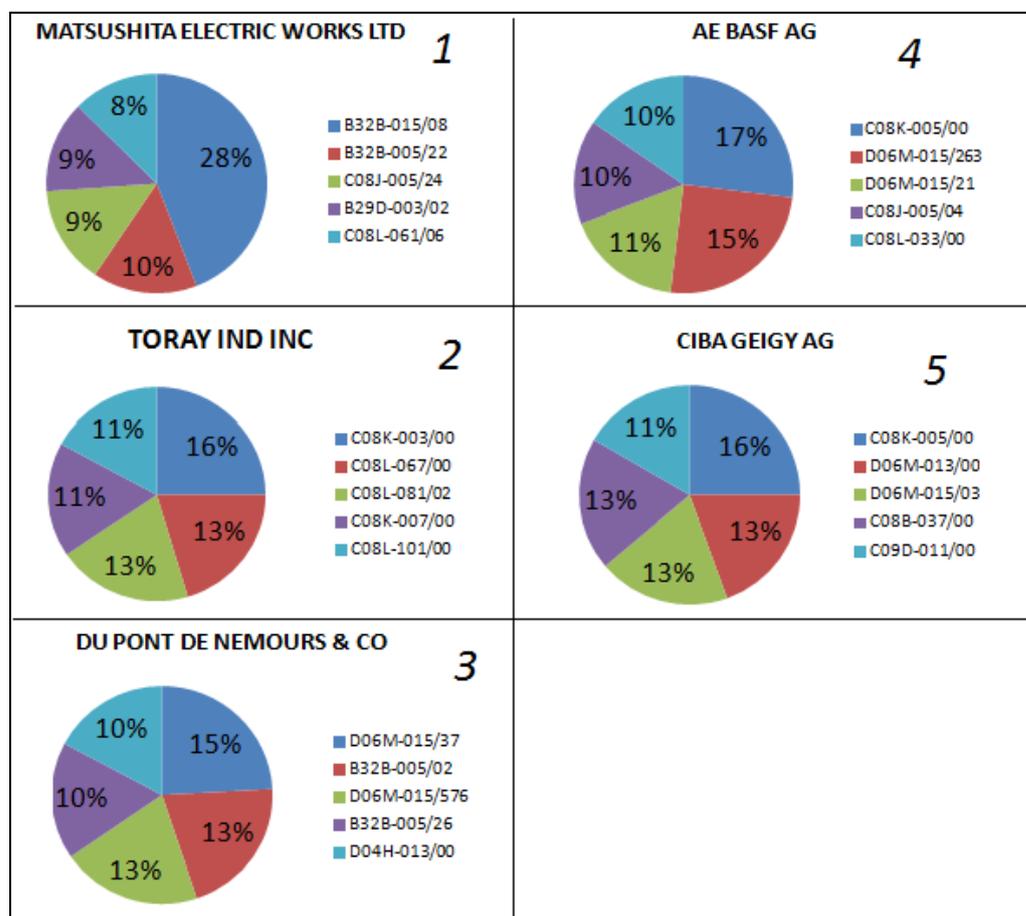
O Brasil não está presente com nenhuma empresa de capital 100% nacional na lista das quinze empresas com maior número de patentes depositadas, apesar de ser um dos países de maior destaque na produção de fibra natural mundial. Além disso, não há nenhuma pessoa física, instituição de pesquisa ou universidade entre os 15 principais detentores de patentes.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.3: Evolução do patenteamento associado a fibras naturais das empresas Matsushita e Bayer, de 1960 a 2009.

Dentre as 5 empresas detentoras do maior número de patentes na área, apenas a Matsushita apresentou um assunto tecnológico destacado em seus documentos, representado pelos laminados para aplicação em placas de circuitos(código B32B-05/08), conforme a Figura 5.4. As demais empresas, embora não apresentem assunto individual de destaque, contribuem para uma grande concentração de assuntos tecnológicos (e códigos CIP) de modo que os 5 principais códigos aparecem em cerca de 60% dos documentos de patentes depositados.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.4: Principais assuntos tecnológicos dos depósitos de patentes associados a fibras naturais representados pelos códigos CIP das 5 primeiras empresas titulares, de 1960 a 2009 (vide significado dos códigos CIP na Tabela 5.3).

Tabela 5.3: Principais assuntos tecnológicos abrangidos pelos Códigos CIP dos depósitos de patentes das cinco principais empresas detentoras de depósitos de patentes associados a fibras naturais, de 1960 a 2009

Código CIP	Descrição	Empresas detentoras das patentes
B29D-003/02	Produção de objetos especiais de matérias plásticas ou de substâncias em estado plástico	MATSUSHITA
B32B-005/22	Produtos em camadas caracterizados pela falta de homogeneidade ou estrutura física de uma camada caracterizados pela presença de duas ou mais camadas contendo fibras	MATSUSHITA DUPONT
B32B-005/26	Produtos em camadas caracterizados pela falta de homogeneidade ou estrutura física de uma camada caracterizados pela presença de duas ou mais camadas contendo fibras com uma outra camada sendo igualmente fibrosa ou filamental	DUPONT
B32B-015/08	Produtos em camadas junto a outra camada de uma substância específica de resina sintética	MATSUSHITA
C08B-037/00	Compostos macromoleculares orgânicos: preparação de polissacarídeos não abrangidos pelos outros grupos	CIBA
C08J-005/04	Reforço dos compostos macromoleculares com material fibroso solto ou coerente	BASF
C08J-005/24	Manufatura de artigos ou de materiais modelados por impregnação de materiais com pré-polímeros que podem ser polimerizados in situ, por ex., manufatura de "prepregs"	MATSUSHITA
C08K-003/00	Uso de ingredientes inorgânicos	TORAY
C08K-005/00	Uso de ingredientes orgânicos como ingredientes de composições	BASF CIBA
C08K-007/00	Emprego de ingredientes caracterizados pela forma	
C08L-033/00	Composições de homopolímeros ou copolímeros de compostos tendo um ou mais radicais alifáticos insaturados, tendo cada qual apenas uma dupla ligação carbono-carbono, e sendo somente um terminado por um único radical carboxila, ou seus sais, anidridos, ésteres, amidas, imidas ou nitrilas	BASF
C08L-061/06	Composições de derivados de polímeros de condensação de aldeídos ou cetonas	MATSUSHITA
C08L-067/00	Composições de derivados de poliésteres	TORAY
C08L-081/02	Composições contendo derivados de Politioéteres ou Politioéter-éteres	TORAY
C08L-101/00	Composições de compostos macromoleculares não especificados	TORAY
C09D-011/00	Composições de revestimento: tintas	CIBA
D04H-013/00	Fabricação de tecidos, por ex., com fibras ou material filamental outros não tecidos	DUPONT
D06M-013/00	Tratamento de fibras, linhas, fios, tecidos ou artigos fibrosos à base desses materiais, com compostos orgânicos não-macromoleculares	CIBA
D06M-015/03	Tratamento de fibras, linhas, fios, tecidos ou artigos	CIBA

	fibrosos à base de polissacarídeos ou seus derivados materiais com compostos macromoleculares	
D06M-015/21	Tratamento de fibras, linhas, fios, tecidos ou artigos fibrosos à base de compostos macromoleculares obtidos por reações que envolvam apenas ligações insaturadas carbono-carbono	BASF
D06M-015/263	Tratamento de fibras, linhas, fios, tecidos ou artigos fibrosos à base de ácidos carboxílicos insaturados ; Sais ou seus ésteres	BASF
D06M-015/37	Tratamento de fibras, linhas, fios, tecidos ou artigos fibrosos à base de compostos macromoleculares obtidos por outras reações que não as que envolvam apenas ligações insaturadas carbono-carbono	DUPONT
D06M-015/576	Tratamento de fibras, linhas, fios, tecidos ou artigos fibrosos à base de ésteres carboxílicos insaturados tendo grupos amino ou amônio quaternário	DUPONT

Fonte: elaboração a partir da base de dados INPI.

Existem casos de cotitularidade entre os principais depositantes de patentes associados às fibras naturais, por exemplo, entre as empresas Toray e Matsushida, Geisy e Ciba, GE Plastics e Bayer, GE e Procter&Gamble e Kuraray e Sumitomo conforme mostrado Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Mapeamento da cotitularidade das principais empresas depositantes de patentes associadas às fibras naturais, 1960 a 2009.

X	Empresa																			
	MATW	TORA	DUPO	BADI	CIBA	NIRA	FARB	TOYM	ASAH	DOWC	MINN	DEER	PROC	TOYT	KIMB	KANF	DOWO	SUMO	GENE	KURS
MATW	173	1																		
TORA		101																		
DUPO			96																	
BADI				84	5															
CIBA					56															
NIRA						52														
FARB							51													1
TOYM								46												
ASAH									43											
DOWC										43										
MINN											42									
DEER												39								
PROC													38							1
TOYT														38						
KIMB															37					
KANF																36				
DOWO																	34			
SUMO																		32		2
GENE																			30	
KURS																				30

MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD (MATW)	MINNESOTA MINING & MFG CO (MINN)
TORAY IND INC (TORA)	MILLIKEN & CO (DEER)
DU PONT TORAY CO LTD (DUPO)	PROCTER & GAMBLE CO (PROC)
BASF AG (BADI)	TOYOTA BOSHOKU KK (TOYT)
CIBA GEIGY CORP (CIBA)	KIMBERLY CLARK CORP (KIMB)
UNITIKA LTD (NIRA)	KANEKA CORP (KANF)
BAYER AG (FARB)	DOW CORNING LTD (DOWO)
TOYOBO KK (TOYM)	SUMITOMO CHEM CO LTD (SUMO)
ASAHI CHEM IND CO LTD (ASAH)	GE BAYER SILICONES GMBH CO (GENE)
DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC (DOWC)	KURARAY CO LTD (KURS)

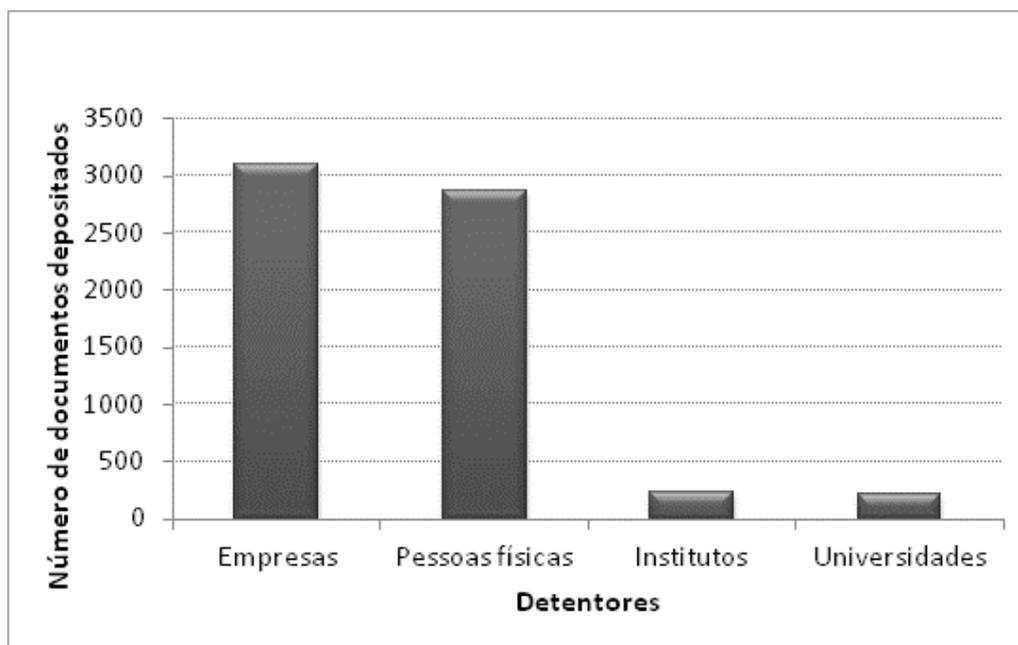
Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Esse resultado pode estar associado a relações de negócio como fusão, aquisição, *joint venture*, etc. Por exemplo, as empresas Toray e Matsushida fizeram uma *joint venture* para a construção de placas de circuitos para cristais líquidos no ano 2000 [78], enquanto que a alemã Basf (BADI) comprou a suíça Ciba (CIBA) buscando se fortalecer na área de especialidades químicas [79]. Neste caso, as patentes tratam de compostos químicos contra a degradação de materiais compósitos. No caso da GE Plastics (GENE) e da Bayer (FARB), houve uma *joint venture* para formar a GE Bayer Silicones [80]. Neste caso, a patente é em relação a um branqueador de fibras de algodão.

Os dois últimos movimentos provavelmente referem-se respectivamente a uma parceria relacionada à patente conjunta da GE (GENE) com a Procter&Gamble (PROC) na área de tratamentos de fibras e, por último, a uma *joint venture* realizada pela Kuraray (KURS) com a Sumitomo (SUMI), neste

caso com patentes na área de uma resina para a fabricação de peças moldadas e uma de laminados decorativos com base vinílica.

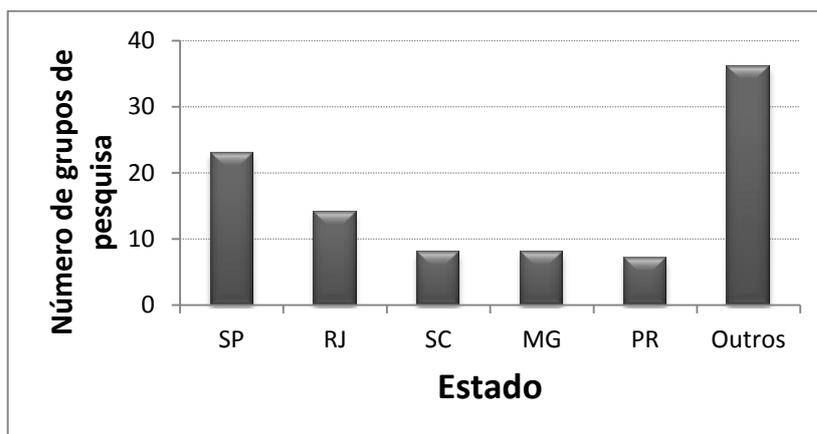
A maioria expressiva de documentos de documentos está nas mãos de empresas e pessoas físicas, conforme ilustrado na Figura 5.5. Nota-se uma pequena participação de universidades e institutos de pesquisa nos documentos de patentes depositados, que, quando somados, representam cerca de 7% do total dos documentos.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.5: Distribuição dos tipos de titulares de documentos de patentes relacionados às fibras naturais, de 1960 a 2009.

Em relação aos institutos de pesquisa e universidades no Brasil, existem 96 grupos de pesquisa que trabalham com o tema de fibras naturais. A distribuição destes grupos se dá nos estados onde existe maior desenvolvimento científico. Cerca de 65% dos grupos estão em 5 estados das regiões Sudeste e Sul, conforme Figura 5.6.

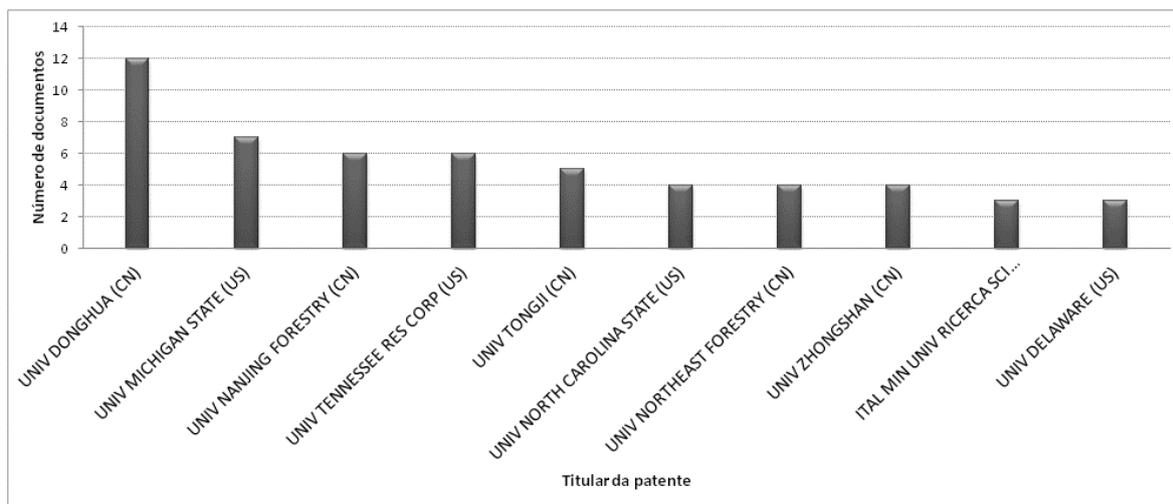


Fonte: elaboração a partir da CNPq.

Figura 5.6: Distribuição dos grupos de pesquisas brasileiros que apresentam relação com a pesquisa na área de fibras naturais.

A participação acadêmica iniciou-se na década de 2000 com aumento na taxa de depósito de documentos, envolvendo principalmente instituições dos Estados Unidos e da China cujas principais são mostradas na Figura 5.7. As universidades brasileiras não aparecem na lista das dez principais instituições, que são principalmente de origem chinesa e norte-americana. A UNICAMP, a UnB e a UFPA têm, cada uma delas, um documento de patente depositado.

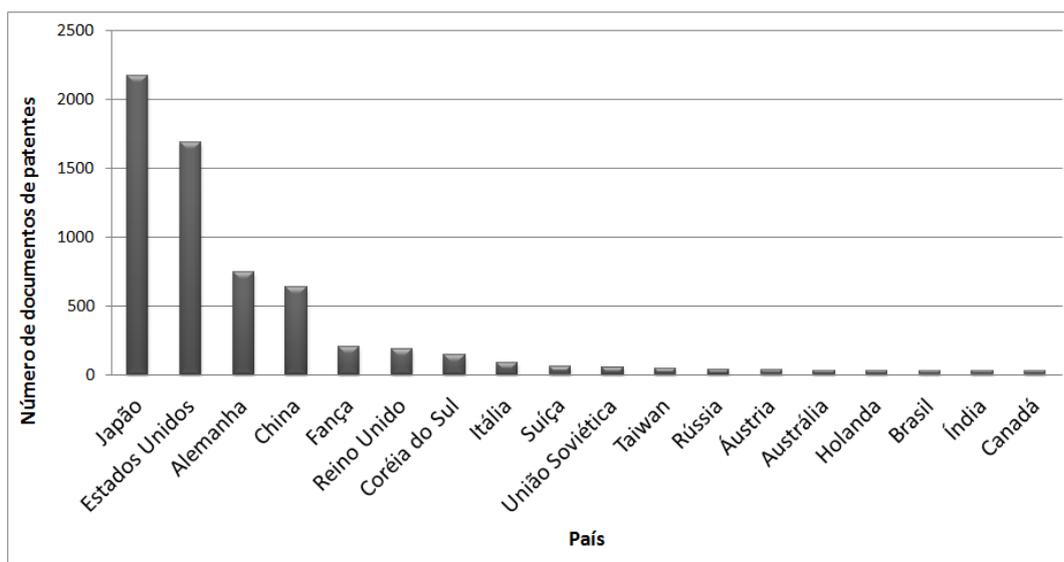
Em uma análise complementar de artigos científicos da base de dados Web of Science, é possível verificar que dentro dos artigos pesquisados, existe um destaque para os artigos de origem brasileira (autores com endereço de correspondência no Brasil) para os pesquisadores Alcides Lopes Leão, líder do grupo de Compósitos Lignocelulósicos da UNESP, Holmer Savastano Junior, que também participa do grupo de Compósitos Lignocelulósicos e lidera o grupo de Construções não convencionais e Toledo Filho Romildo Dias, que lidera o grupo de Materiais Cimentícios Avançados: Modelagem e Experimento da UFRJ e trabalha no grupo de Materiais e produtos com fibras vegetais da UEFS. As publicações destes três pesquisadores representam cerca de 25% das 42 publicações relacionadas ao termo “fibras naturais” no Brasil.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.7: Principais universidades detentoras de patentes relacionadas as fibras naturais no mundo, 1960 a 2009.

Em relação à participação como país nos depósitos de patentes, o Brasil apresenta uma presença muito baixa quando comparado aos principais depositantes mundiais, no período de 1960 a 2009, conforme apresentado na Figura 5.8. Os países que mais depositaram foram o Japão, com 2173 documentos, seguido pelos Estados Unidos e pela Alemanha, com 1689 e 756 documentos, respectivamente.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.8: Principais países depositantes de documentos de patentes associados a fibras naturais, de 1960 a 2009.

O Brasil teve depósitos de documentos de patentes prioritários em apenas 25 documentos, o que significa 0,4% de todos os documentos do mundo. O Brasil iniciou os depósitos na área de fibras naturais na década de 90, sempre com participação muito pouco significativa em relação às patentes depositadas mundialmente. Na década de 2000, o número absoluto dos depósitos tendo o Brasil como país prioritário dobrou em relação à década anterior, porém a participação em relação aos depósitos de documentos no mundo não teve um aumento significativo, conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Evolução das patentes brasileiras em relação aos depósitos mundiais.

Período	Mundo	Brasil	%
1953-1969	130	0	0%
1970-1979	613	0	0%
1980-1989	952	0	0%
1990-1999	1439	7	0,48%
2000-2009	3313	18	0,54%

Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

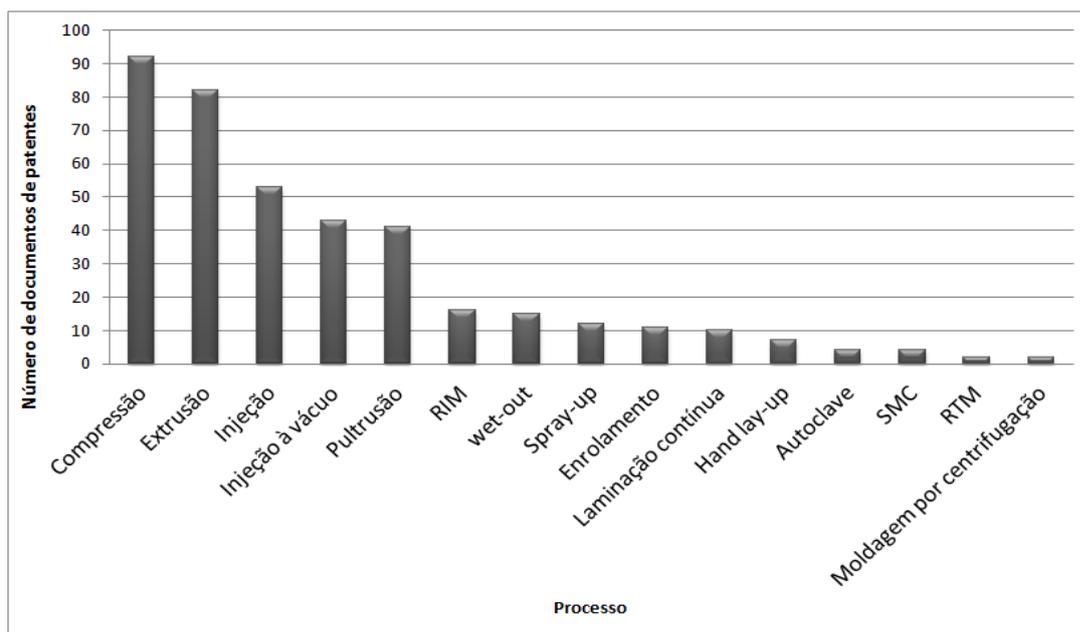
Dos 25 documentos depositados no Brasil como país de origem, 3 empresas detêm mais de 1 documento, como é o caso da SABIC South America, da Ford, da EMBRAPA e da Toro Ind. e Com. Ltda, todas com 2 documentos. Pessoas físicas aparecem como cotitulares em conjunto com empresas, como é o caso de Agnelli, Bohemer e Afonso com a Ford.

Das três universidades brasileiras detentoras de patentes na área de fibras naturais, a Universidade do Pará é a única que efetuou depósito sem cotitularidade de outra instituição ou empresa. No caso da UNICAMP e da Universidade Fundação de Brasília (UnB) elas contaram respectivamente com a participação da Sabic e da EMBRAPA. No caso da UFPA, a patente de um piso ecológico de poliestireno carregado com fibras de coco de babaçu foi desenvolvida no Laboratório Eco-compósitos, ligado à Faculdade de Engenharia Mecânica daquela universidade. A patente da UNICAMP está relacionada com a formação de um compósito de poliamida com fibras naturais, e foi desenvolvida no Laboratório de Polímeros Condutores e Reciclagem, ao Instituto de Química da universidade. Por fim a patente da UnB

aborda o uso de fibra de algodão em uma das etapas para a obtenção de ácido nucléico de aranhas, e foi gerada por um grupo multidisciplinar de pesquisadores ligados majoritariamente à área de ciências biológicas, indicando a forte interdisciplinaridade dos assuntos ligados às fibras naturais [81].

5.2 Processos e matrizes envolvidos no patenteamento de compósitos poliméricos contendo fibras naturais

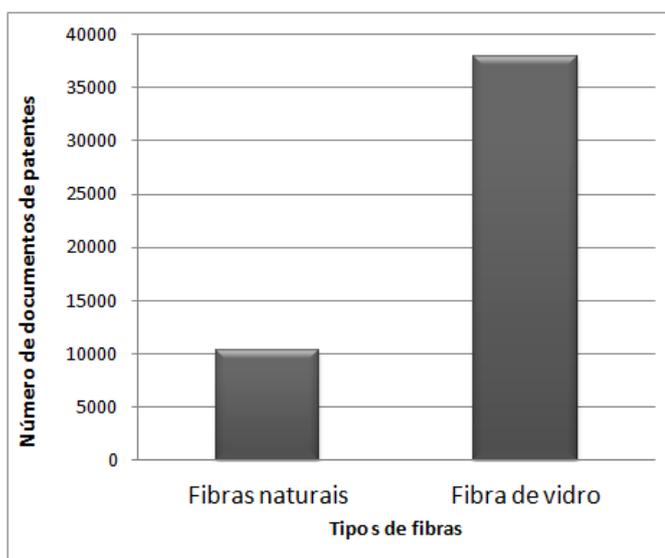
Dentre os diferentes processos de fabricação, verificou-se a maior concentração do patenteamento em processos de compressão, extrusão e injeção, conforme Figura 5.9. Essas técnicas em geral proporcionam baixo custo e grande volume de produção, fatores muito importantes para a competição das grandes empresas, que produzem em alta escala. Juntas, essas técnicas representam 44% do total de documentos de patentes recuperados.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.9: Principais técnicas de processamento das fibras naturais envolvidas nos documentos de patentes estudadas, de 1960 a 2009.

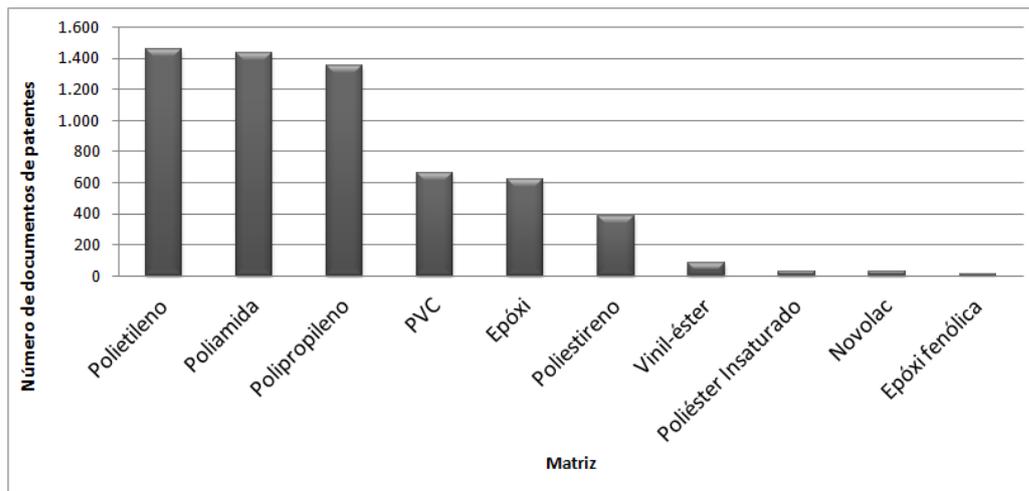
Nos compósitos poliméricos, as fibras naturais comumente são empregadas como substitutas das fibras de vidro, e verifica-se a manutenção da proeminência desta última nos depósitos de patentes abrangidos na presente pesquisa, de 1960 a 2009, conforme mostrado na Figura 5.10.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

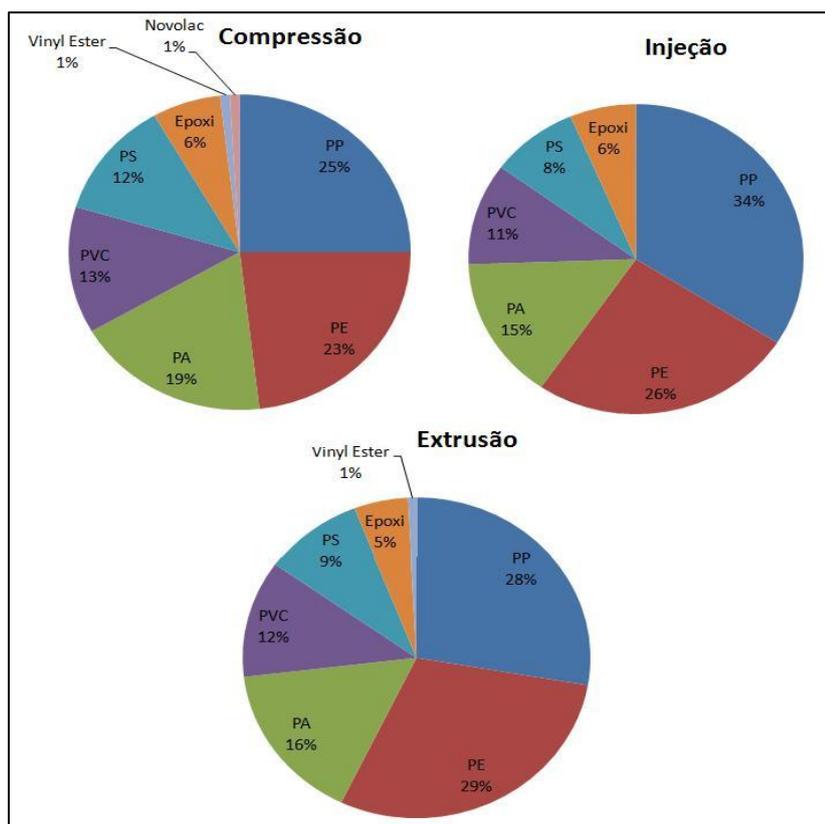
Figura 5.10: Comparação do número de depósitos de patentes envolvendo fibras naturais e fibras de vidro de 1963 a 2009.

Em relação às resinas mais mencionadas como matrizes para os compósitos de fibras naturais nos depósitos de patentes destacam-se as termoplásticas, conforme Figura 5.11 e Figura 5.12. Das 10 principais resinas envolvidas, as quatro principais são desta natureza, somando 80% do total dos depósitos de patentes envolvidos. As matrizes termofixas participam de apenas 12% de todos os documentos de patentes envolvidos. O grande destaque das resinas termoplásticas são as matrizes de Polietileno (PE), Poliamida e Polipropileno (PP), enquanto que as resinas termofixas têm pouco destaque nas principais técnicas de processamento encontradas nos documentos de patentes.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.11: Matrizes poliméricas associadas aos compósitos com fibras naturais indicadas nos depósitos de patentes, de 1963 a 2009.

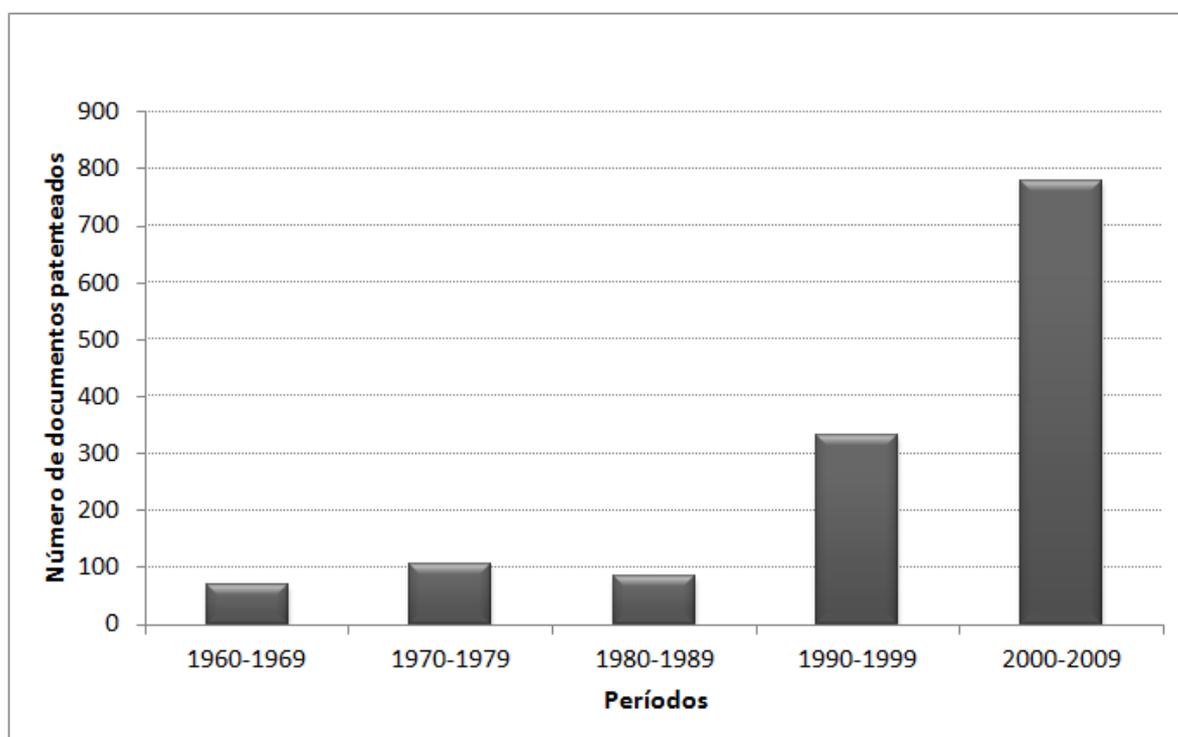


Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.12: Matrizes poliméricas associadas às três principais técnicas de processamento de materiais compósitos com fibras naturais indicadas nos depósitos de patentes, 1963 a 2009.

5.3 Patenteamento de compósitos poliméricos contendo sisal.

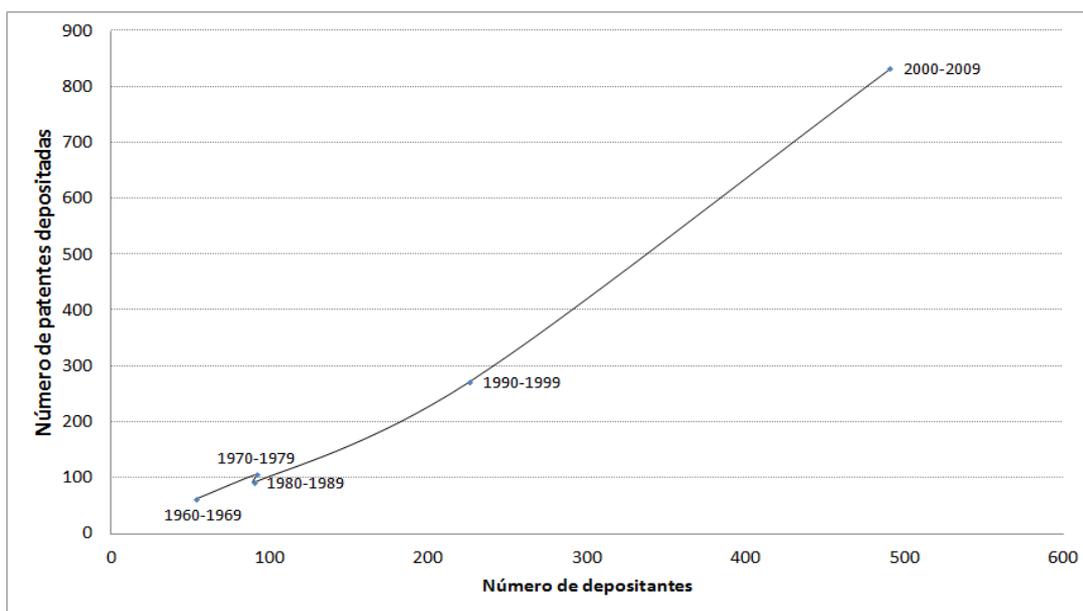
Em relação ao sisal, foram levantados 1373 depósitos de documentos de patentes no período de 1960 a 2009, que tiveram crescimento significativo a cada década analisada, havendo grande concentração na década de 2000-2009, como mostra a Figura 5.13.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.13: Evolução do patenteamento associado ao sisal, de 1960 a 2009.

Ao longo das décadas também houve aumento expressivo do número de titulares depositantes, conforme a Figura 5.14. As tecnologias relacionadas ao sisal aparentemente passaram de um estágio de emergência nas primeiras décadas analisadas, representado por um pequeno número de titulares e de depósitos de patentes, para um estágio de crescimento, nos períodos de 1990-1999 e 2000-2009, associado a um grande número de empresas e de depósitos de patentes [81].



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.14: Evolução do número de depositantes de patentes relacionadas ao sisal comparados com a evolução do número de patentes no período de 1960 a 2009.

Verificou-se uma ampla gama de interesses do patenteamento associado ao sisal, a maioria nas seções de química e metalurgia (termos agrupados pela Derwent), processamento e transporte, têxteis e papel e outras, (respectivamente seções C, B e D) da Classificação Internacional de Patentes –(CIP), como mostra a Tabela 5.6.

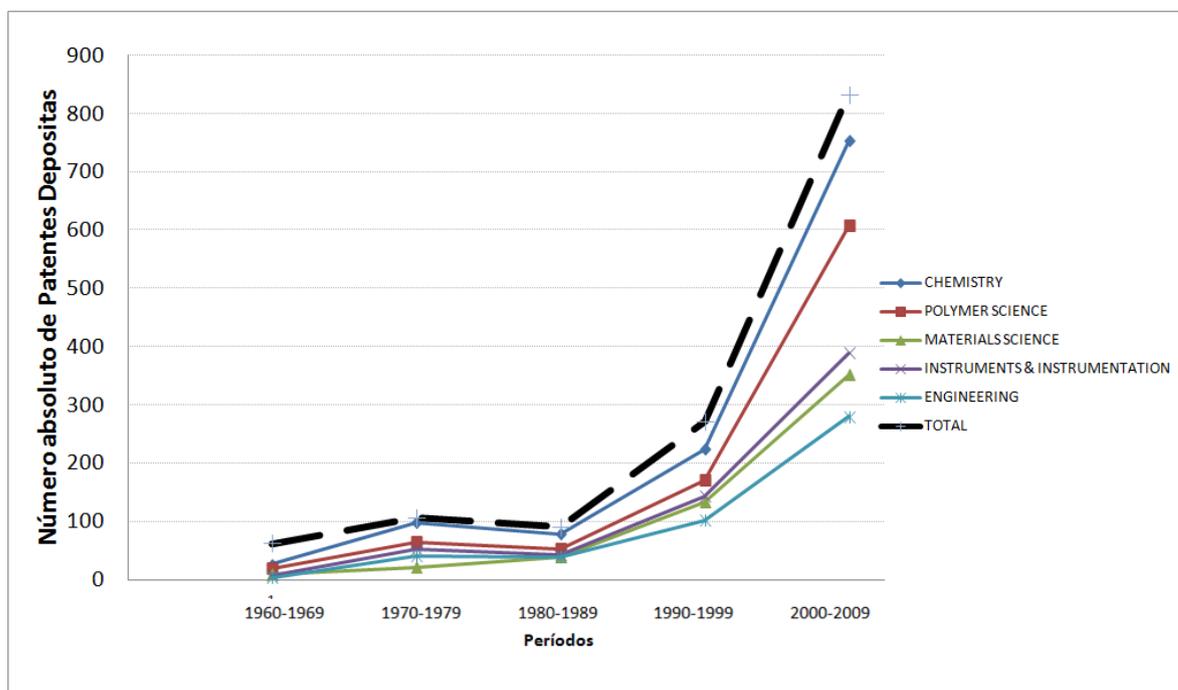
Tabela 5.6: Principais Seções da Classificação Internacional de Patentes (CIP) nas quais estão depositadas as patentes associadas ao sisal, de 1960 a 2009.

Seção	Descrição	nº patentes	% do total
C	Química; Metalurgia	580	26,11
B	Operações de processamento; transporte	558	25,12
D	Têxteis; papel	469	21,12
A	Necessidades humanas	350	15,76
E	Construções fixas	130	5,85
F	Engenharia mecânica; iluminação; aquecimento; armas; explosão	60	2,70
H	Física	45	2,03
G	Eletricidade	29	1,31
	Total	2221	100

Fonte: elaboração a partir da base de dados DII

A partir da década de 2000-2009, as áreas de Química e Ciência dos Polímeros começaram a se destacar em relação às demais áreas consideradas na Classificação da própria base DII, conforme Figura 5.15. De 1960 a 1990, o número de depósitos ficou em torno de 100 documentos por década, muito pequeno quando comparado aos 833 documentos de patentes depositados no período de 2001 a 2009.

Estes resultados indicam o crescente interesse e investimentos industriais em pesquisas de aplicações do sisal distintas das suas aplicações iniciais, que eram mais voltadas, por exemplo, para a confecção de cordas na sua forma natural.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.15: Evolução dos principais assuntos tecnológicos do patenteamento conforme classificação da própria Base Derwent associados ao sisal de 1960 a 2009.

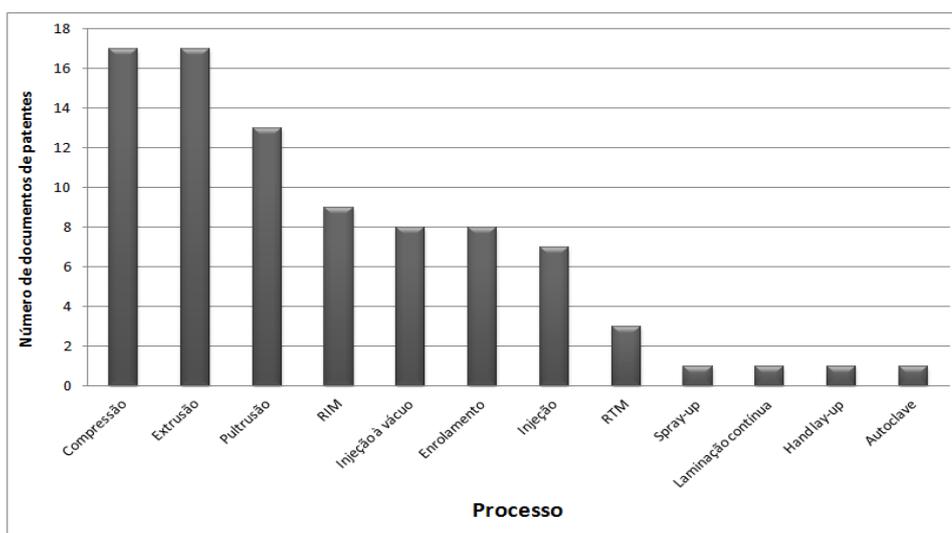
Dentre os mais de 500 assuntos tecnológicos específicos da classificação CIP associados aos documentos de patentes recuperados conforme a metodologia empregada, destaca-se a aplicação do sisal como reforço de compósitos plásticos, abrangendo cerca de 22 % do total, conforme

Tabela 5.7. Os principais processos de produção dos compósitos com fibras de sisal abrangidos no patenteamento são a compressão e extrusão, com 17 documentos cada. Outros, como a pultrusão, com 13 documentos, e a moldagem por injeção reativa (RIM), com 9 documentos, conforme Figura 5.16, também aparecem como processos utilizados.

Tabela 5.7: Principais assuntos tecnológicos representados pelo códigos CIP e respectivas descrições dos documentos de patentes associados ao sisal, de 1960 a 2009.

Código CIP	Breve descrição	nº patentes	% do total	% acum.
C08J-005/04	Sisal como reforço de compostos plásticos	101	7,36	7,36
A61K-007/13	Sisal utilizado nas preparações para finalidades médicas, odontológicas ou higiênicas	63	2,84	10,19
C08L-097/02	Composições de matérias contendo lignina	40	1,80	11,99
B32B-027/12	Sisal em produtos em camadas	37	1,67	13,66
C08K-005/00	Uso do sisal em compostos orgânicos	35	1,58	15,24
C08L-067/00	Sisal utilizado em Composições de poliésteres	33	1,49	16,72
B32B-005/02	Composições de matérias contendo lignina	32	1,44	18,16
C08L-097/00	Camada que compreenda fibras ou filamentos	32	1,44	19,60
D04H-013/00	Produção de não tecidos por desfibrilação parcial de filmes termoplásticos orientados	31	1,40	21,00
B32B-005/22	Uso do sisal em compostos inorgânicos	29	1,31	22,30
Soma dos 10 códigos CIP de maior incidência		433	22,30	

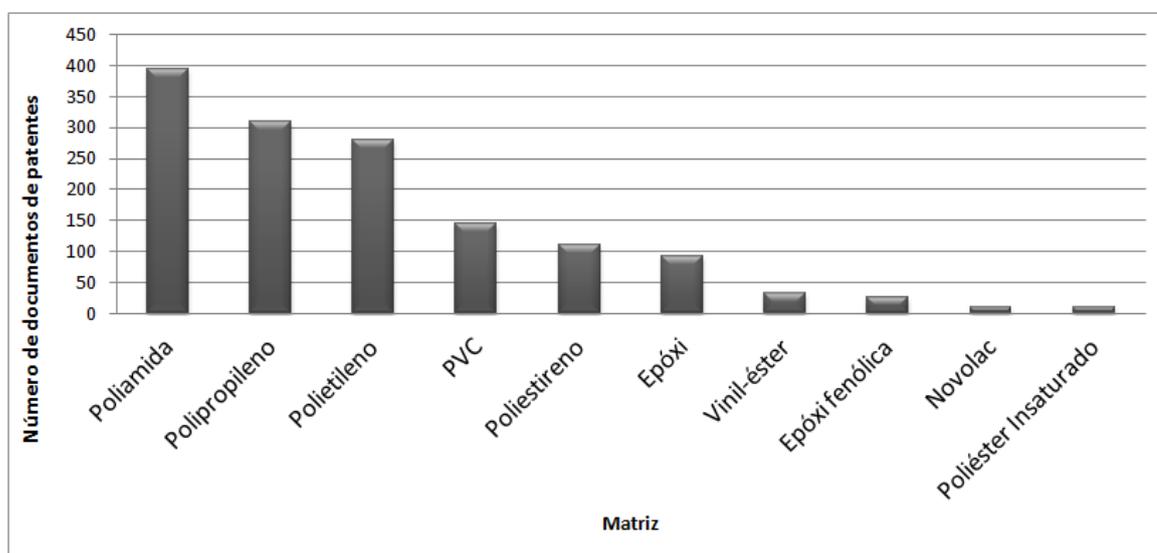
Fonte: elaboração a partir da base de dados DII



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.16: Principais técnicas de processamento envolvidas nos depósitos de patentes associados ao sisal, de 1963 a 2009.

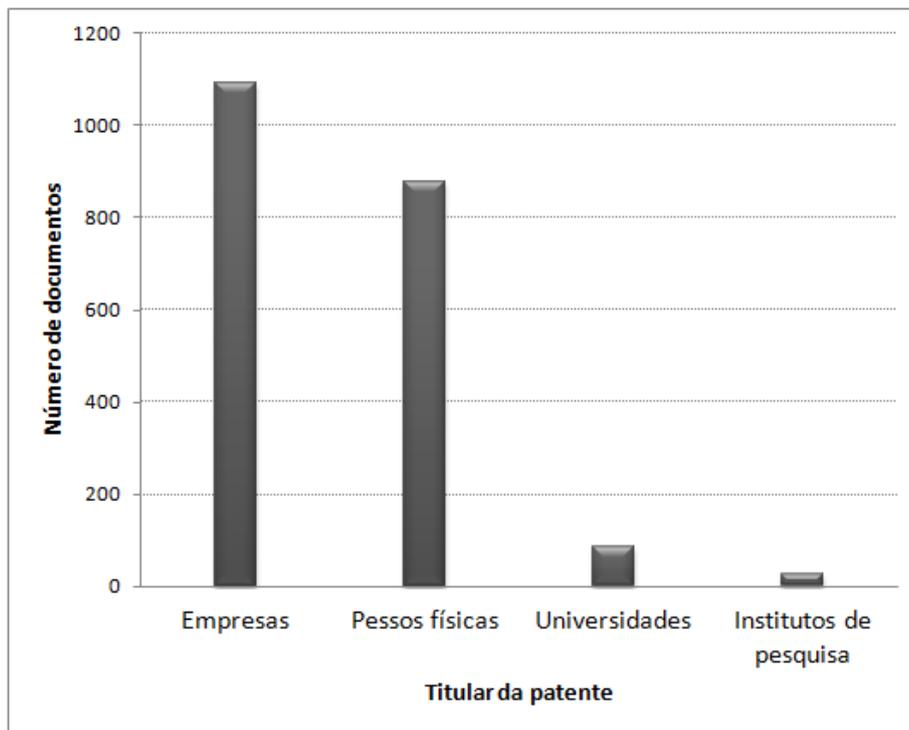
Em relação às resinas empregadas como matrizes para os compósitos de fibras de sisal, também destacam-se as termoplásticas, conforme Figura 5.17, como observado anteriormente para os compósitos contendo fibras naturais em geral. Das 10 resinas envolvidas, as três principais são desta natureza, sem haver destaque para matrizes termofixas. O grande destaque são as matrizes de poliamida (Nylon ou PA) e de polipropileno (PE) nas primeiras posições.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII.

Figura 5.17: Matrizes poliméricas associadas aos compósitos com fibras de sisal indicadas nos depósitos de patentes, de 1963 a 2009.

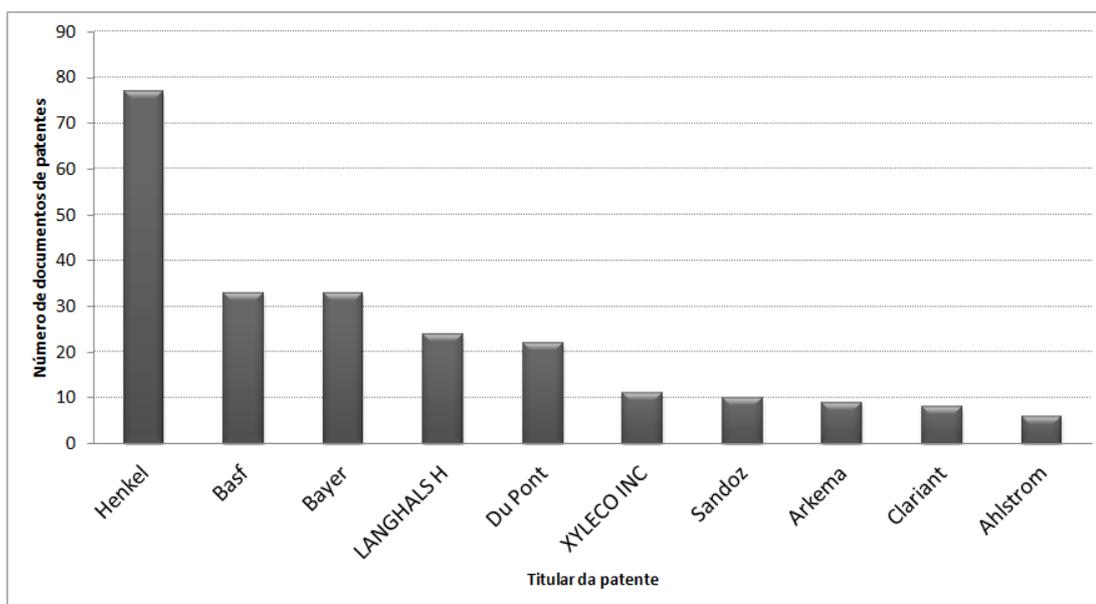
Dentre os depositantes dos documentos de patentes no mundo, a grande concentração dos depósitos está nas mãos de empresas privadas e depositantes individuais, Figura 5.18. As universidades e institutos de pesquisa, muitas vezes relacionados aos governos dos países, têm participação de cerca de 6%, contando-se os documentos resultantes de parcerias universidades/institutos e empresa.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII

Figura 5.18: Distribuição dos tipos de titulares de documentos de patentes relacionados ao sisal, de 1960 a 2009.

Verifica-se um total de 226 titulares depositantes, dentre os quais os 10 principais somam 16% dos documentos de patentes, indicando desconcentração da titularidade no patenteamento. Destacam-se grandes multinacionais alemãs, como a Henkel, com 77 documentos, a Basf e a Bayer, ambas com 33 documentos de patentes depositados, conforme Figura 5.19. As patentes depositadas pela Henkel se concentram fortemente na área de tingimento de cabelos e fibras naturais. O sisal participa de forma indireta, pois a empresa reivindica a utilização dos corantes nas fibras de sisal, além de algodão, juta, linho e seda, havendo também uma patente que reivindica a utilização da fibra de sisal em panos para limpeza de chão e para outros usos similares. O próximo titular é Langhals, quarto lugar no ranking, sendo a única pessoa física entre os 10 principais depositantes.

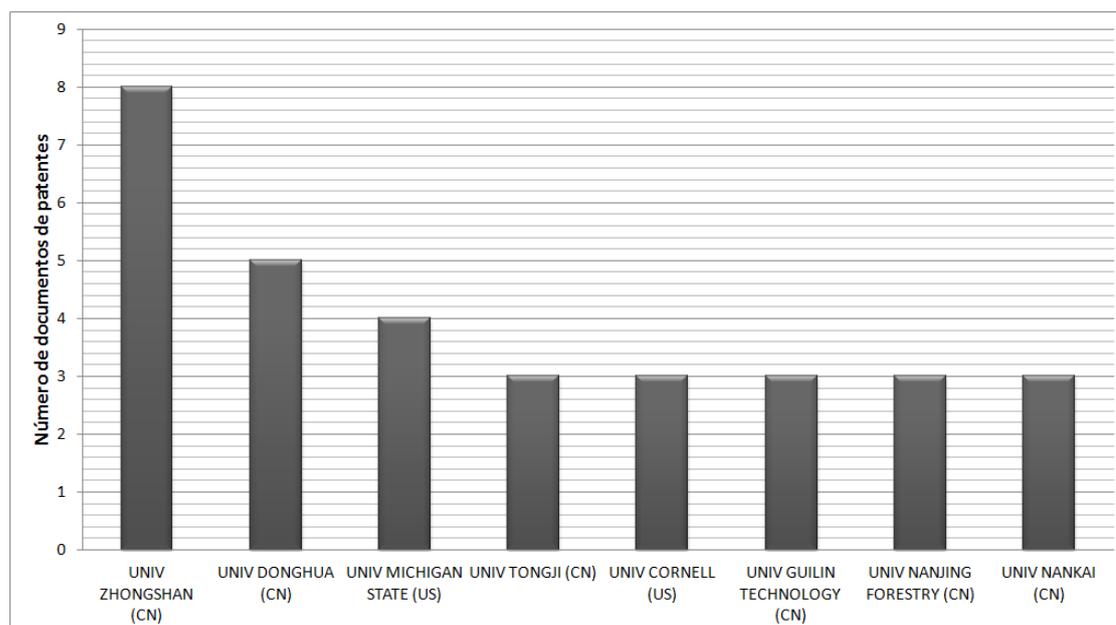


Fonte: elaboração a partir da base de dados DII

Figura 5.19: Principais titulares de documentos de patentes relacionados ao sisal, de 1960 a 2009.

Nota-se a importante presença das universidades e institutos, que em conjunto totalizam 93 documentos de patentes (superior ao das empresas isoladamente), 90% dos quais ainda estão no período de vigência. Essa participação acadêmica iniciou-se na década de 2000 com significativo aumento na taxa de depósito de documentos, envolvendo principalmente instituições dos Estados Unidos e da China cujas principais são mostradas na Figura 5.20, de maneira similar ao ocorrido com as fibras naturais em geral.

Nestes documentos de patentes associados às universidades e institutos de pesquisa também não existe uma concentração em um único código CIP específico, com predominância da utilização do sisal em compósitos de matrizes poliméricas, conforme Tabela 5.8.



Fonte: elaboração a partir da base de dados DII

Figura 5.20: Principais universidades depositantes de documentos de patentes na área de sisal, de 1963 a 2009.

Tabela 5.8: Principais assuntos tecnológicos representados pelos códigos CIP de Classificação e respectivas descrições dos documentos de patentes das universidades e institutos de pesquisa associados ao sisal, de 1963 a 2009.

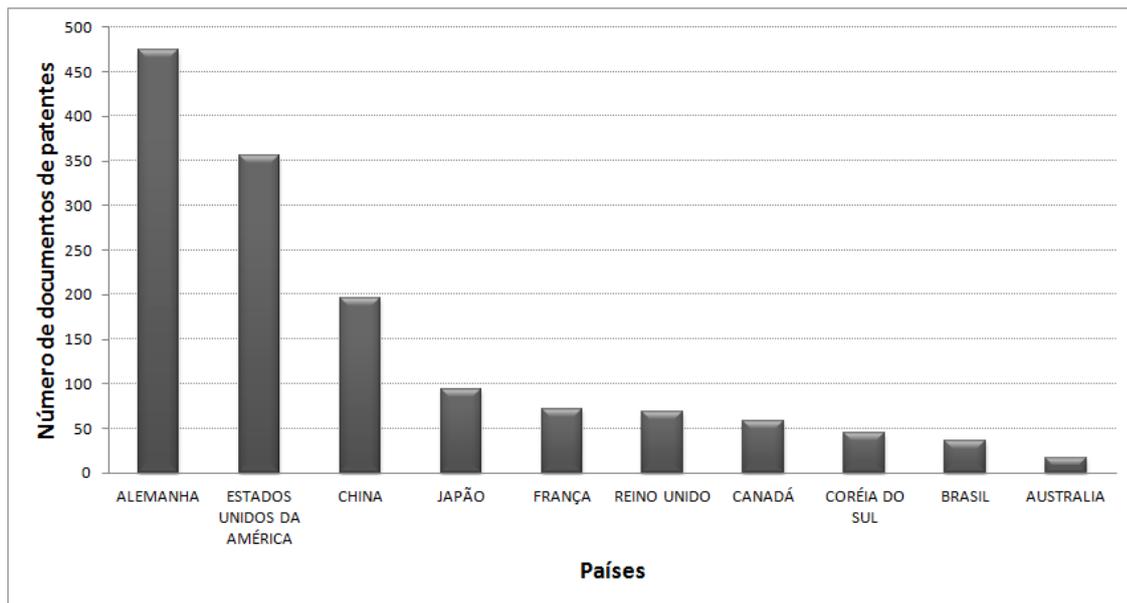
Código CIP	Breve descrição	nº patentes	% do total
C08J-005/04	Sisal como reforço de compostos plásticos	13	0,19
C08K-005/00	Uso de ingredientes orgânicos	9	0,13
C08L-067/04	Poliésteres derivados de ácidos hidroxicarboxílicos	8	0,11
C08L-067/00	Composições de derivados de poliéster	7	0,10
C08K-007/00	Emprego de ingredientes caracterizados pela forma	6	0,08
B29C-070/04	Poliésteres derivados de ácidos hidroxicarboxílicos	5	0,073
C08J-005/06	Composições de matérias contendo lignina	5	0,073
C08K-003/00	Uso de ingredientes inorgânicos	5	0,073
C08L-001/02	Celulose; Celulose modificada	5	0,073
C08L-097/02	Material lignocelulósico	5	0,073
Soma dos 10 códigos CIP de maior incidência		68	16,15

Fonte: elaboração a partir da base de dados DII

As patentes depositadas pela Henkel se concentram fortemente na área de tingimento de cabelos e fibras naturais, códigos D06P e C09B, todas depositadas primeiramente na Alemanha. Isto dá um indício da centralização das pesquisas na empresa em seu próprio país. O sisal participa nestes documentos de forma indireta, pois a empresa reivindica a utilização dos corantes nesta fibra, bem como nas fibras de algodão, juta, linho e seda, uma vez que a empresa detém grandes marcas de tinturas para cabelos. Há também uma patente que reivindica a utilização da fibra de sisal em panos para limpeza de chão e para outros usos similares, uma vez que a empresa também está presente na área de limpeza para a casa. No caso da Basf, terceira colocada entre os maiores depositantes, observa-se uma aparente perda de interesse da empresa em relação aos depósitos relacionados ao sisal, uma vez que apenas 50% das patentes ainda estão em seu período de vigência.

Dentro do grupo dos 10 principais depositantes, verifica-se o titular Langhals, quarto lugar no ranking, como a única pessoa física entre os 10 principais depositantes, com documentos de patentes concentrados na área de corantes orgânicos (código CIP C09B), todos depositados prioritariamente na Alemanha.

Dentro os países depositantes, a Alemanha é o que detém o maior número de depósitos relacionados ao sisal, totalizando 466 documentos. Os Estados Unidos estão na sequência, com 356 depósitos e na terceira posição se encontra a China, com 136 documentos de patentes depositados. O Brasil aparece na 9ª posição, com 36 patentes depositadas, conforme Figura 5.21. Nenhuma empresa, instituição ou inventor individual (pessoa física) brasileiro se encontra entre os dez principais depositantes mundiais.



Fonte: elaborado através do software de modelamento 3D

Figura 5.21: Principais países depositantes de documentos de patentes relacionados ao sisal, de 1960 a 2009.

Do total de 103 documentos de patentes depositados no Brasil, existem 37 documentos com prioridade no país. A PHB Indústria SA, empresa brasileira sediada em Ribeirão Preto, São Paulo, é o maior depositante de patentes no Brasil, com 4 documentos de patentes. Todas as patentes depositadas pela empresa são na área de compósitos biodegradáveis. Os dois titulares seguintes são pessoas físicas e possuem 3 documentos de patentes cada um, respectivamente nas áreas de aluminossilicatos naturais e de biomantas antierosivas.

Verifica-se no patenteamento brasileiro o envolvimento de pesquisadores de várias universidades com empresas, com destaque para a parceria de três inventores, vinculados à UFSCar, UFRR e ao SENAI da Bahia, com a empresa PHB em seus 4 documentos de patentes. Existe também uma parceria entre 2 pesquisadores com a Ford Motors do Brasil, na área de injeção de materiais compósitos com fibras naturais.

5.4 Discussão geral sobre a análise de documentos de patentes associados a compósitos poliméricos contendo fibras naturais e sisal.

Esta relação universidade-empresa é aparentemente ínfima, frente à expressiva quantidade de 96 grupos de pesquisa acadêmicos no Brasil atuantes em fibras naturais e fibras vegetais, registrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, que chegaram a 96 em 2011, inclusive alguns em sisal, conforme mostrado no Apêndice B, associados a diferentes áreas de conhecimento, tais como engenharia de materiais e metalurgia, química, física, mais próximos da fabricação e uso de materiais e de tantas outras áreas de conhecimento.

Mesmo com uma posição de destaque no cenário mundial de mercado com o sisal e um potencial de produzir outras fibras naturais, o Brasil não se destaca no patenteamento nesta área. Países desenvolvidos são os maiores depositantes na área. O Brasil está trabalhando para incentivar o plantio do sisal através da política do preço mínimo. Esta política garante que o agricultor receba um preço mínimo para cobrir os custos da safra. O preço mínimo é o valor fixado pelo governo federal para produtos agrícolas. Atualmente, 34 produtos estão incluídos na política governamental, além do sisal, estão entre eles arroz, feijão, milho, trigo, algodão, uva, soja, borracha e leite [83]. Além disso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento instalou no dia 30 de agosto de 2011, a Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Fibras Naturais. O fórum consultivo terá representantes das cadeias de bambu, seda, juta, sisal, piaçava e malva, com o intuito de dar apoio, através da Embrapa e do governo, para conseguir colocar as fibras naturais no mercado interno e combater as dificuldades que temos na exportação [84].

Apesar da indústria automobilística apresentar inovações em seus produtos com tecnologias relacionadas às fibras naturais, ela não tem destaque no patenteamento frente a outros setores, embora exista, por exemplo no caso do sisal, documentos de patentes da Ford Motors depositados no Brasil. Isto pode estar relacionado às condições de apropriabilidade das inovações, e o tempo de desenvolvimento parece revelar-se um mecanismo mais eficaz de

proteção no âmbito da inovação de produtos muitas vezes mais importante do que as patentes. Esta característica parece estar também fortemente relacionada à importância que a redução do tempo de desenvolvimento de produtos vem crescentemente adquirindo, como arma competitiva, no setor automobilístico [85].

Outro setor importante para a economia é o setor de eletrodomésticos. Não foram encontrados documentos de patentes que relacionassem os compósitos de fibras naturais com aplicações em partes dos equipamentos. Uma possível explicação para esta falta de patentes na área é pela necessidade de melhorar as características destes compósitos. A umidade, muitas vezes presente nos ambientes da cozinha e lavanderia das residências, pode afetar as propriedades destes compósitos, tornando o produto inapropriado ou mesmo inoperante.

Os resultados da busca por patentes realizado no trabalho refletiram em muitos pontos as informações disponíveis na literatura, como no caso das técnicas de processamento, em que as técnicas de injeção, extrusão e compressão são as mais utilizadas pela indústria [86] e também as que mais aparecem em documentos de patentes.

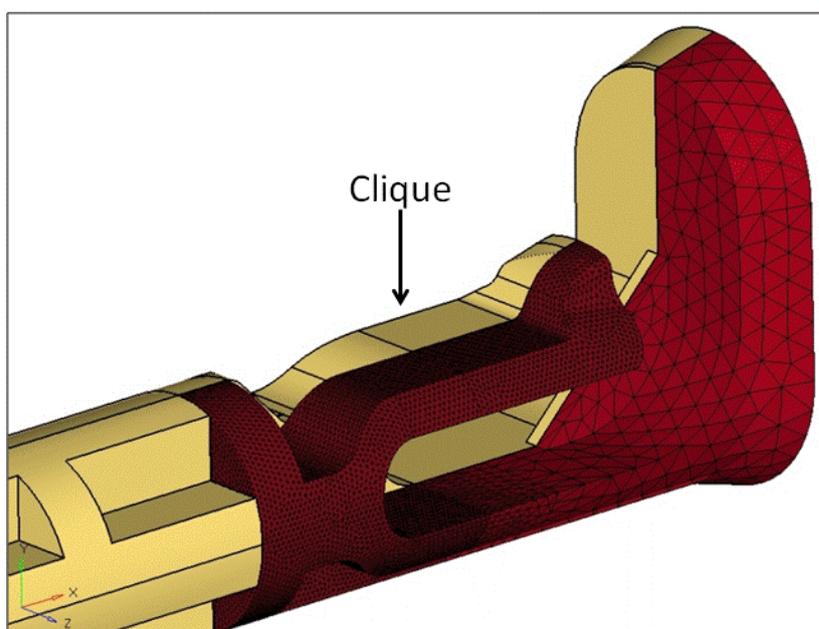
Apesar do Brasil ter um grande potencial em termos climáticos e extensão territorial para a cultura de fibras naturais [1], e ser o maior produtor mundial de sisal, o país ainda utiliza e exporta as fibras naturais, principalmente, na forma de barbantes, cordas, cordões, cabos, tapetes, tecidos e fios agrícolas utilizados para amarrar feno e cereais para o consumo animal, em países de inverno rigoroso, como os da União Europeia e os Estados Unidos. Existe uma grande oportunidade para o país iniciar a fabricação de pré-pregs e compósitos com fibras naturais como uma maneira de agregar valor ao produto, trazendo ainda mais renda para a população das regiões produtoras. Este desenvolvimento pode ser realizado através de parcerias entre os 96 grupos de pesquisas em universidades brasileiras ligados ao estudo de fibras naturais e as empresas transformadoras de materiais primas e também das empresas que aplicam estes materiais, como as empresas dos setores automobilístico e de linha branca.

5.5 Análise exploratória da simulação da aplicação de compósito de matriz polipropileno reforçada com sisal em um pino de eletrodoméstico

5.5.1 Análise exploratória da aplicação de compósito polipropileno/sisal em peça técnica com base na simulação estrutural

A peça técnica focalizada na simulação da aplicação do compósito polipropileno/sisal, denominada “pino”, é utilizada na região da dobradiça de uma máquina de lavar, que ainda está em fase de desenvolvimento e é ilustrada na Figura 5.22. Este clique é o responsável por fixar o conjunto móvel, que é responsável pela abertura e fechamento do produto para colocar as roupas para lavar, a base de apoio da parte fixa do produto (contra-peça).

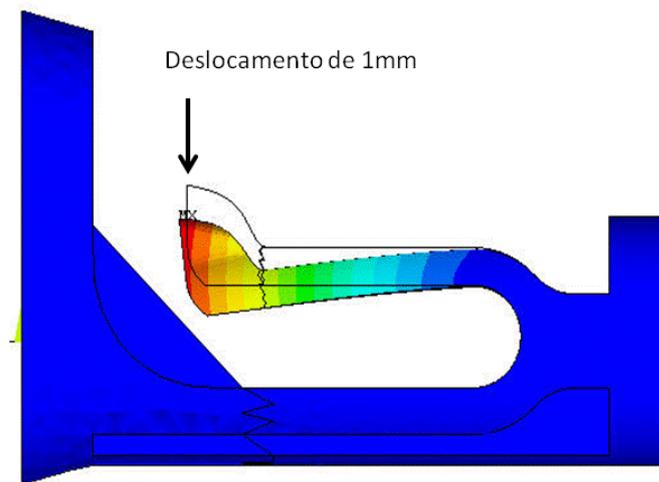
No estágio de desenvolvimento atual do projeto, existem duas possibilidades de materiais: o material alternativo proposto pelo trabalho, um compósito de PP com fibra de sisal, e um compósito de nylon com 30% de fibra de vidro.



Fonte: elaborado com auxílio do software Pro/ENGINEER de modelagem 3D

Figura 5.22: Ilustração do modelo do pino utilizado em eletrodoméstico e tomado como referência para a simulação estrutural.

Um dos principais componentes da peça é o clique (Figura 5.22), cujo requisito crítico é suportar uma deformação de 1 mm, conforme Figura 5.23, para que a contra-peça se encaixe, resistindo a um ambiente úmido e ao ataque de substância químicas que são normalmente utilizadas para a limpeza do produto.



Fonte: elaborado a partir dos resultados da simulação com emprego do software

Figura 5.23: Simulação da deformação do clique com aplicação de 1.0 mm

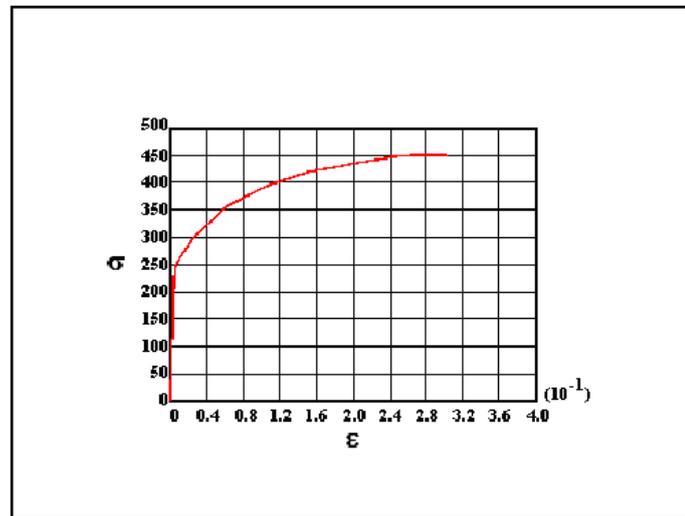
Na região do clique do pino, a maior atenção deve ser dada à flexibilidade proporcionada pelo conjunto material/geometria para evitar a falha do componente, enquanto que no restante do pino é importante maximizar a rigidez.

Nos cálculos de simulação, o material é considerado multilinear elástico e isotrópico, sem considerar a anisotropia gerada pela adição de fibras que tende a ocorrer, e os dados de entrada para o uso no software ANSYS podem ser obtidos a partir de curvas (e respectivos pontos) de tensão-deformação do material, polipropileno/sisal, mostradas na Figura 4.1, que foram retraçadas a partir de dados disponíveis na bibliografia, mostrados na Figura 3.21 [69].

O modelo constitutivo utilizado no programa ANSYS para simular a não linearidade do material é denominado de multilinear elástico, conforme mostra

a Figura 5.24. As informações dos pontos do gráfico foram obtidas a partir dos dados gerados no software WinDig.

Pontos	ϵ	σ
1	0	0
2	0.001	75
3	0.002	150
4	0.003	225
5	0.004	240
6	0.005	250
7	0.025	300
8	0.060	355
9	0.100	390
10	0.150	420
11	0.200	435
12	0.250	449
13	0.275	450



Fonte: Adaptado de Ansys.

Figura 5.24: Modelo multilinear elástico genérico utilizado pelo programa ANSYS

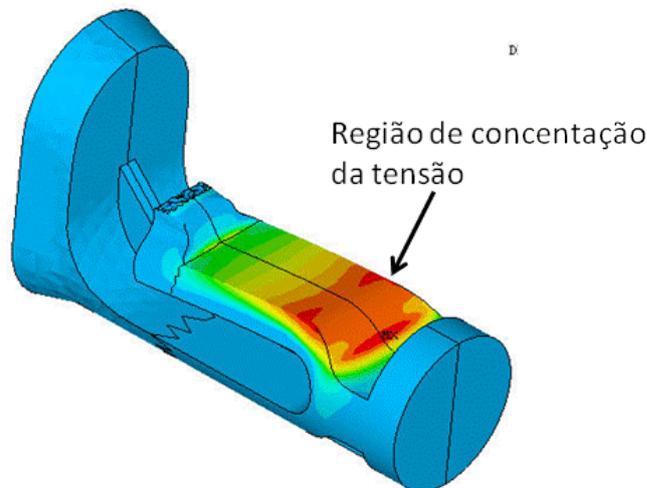
A simulação da aplicação da deformação requerida de 1,0 mm realizada para uma composição de 24,5% de sisal indicou a ocorrência de uma tensão na região da peça, ilustrada na Figura 5.25, muito próxima à do limite de escoamento do material, a cerca de 97% desse limite, conforme Tabela 5.9. Esse resultado pode ser considerado inadequado, pelo risco de gerar deformação plástica do componente caso ocorram variações dimensionais ou outros problemas associados ao processamento na injeção. Isso pode acarretar a inutilização do clique caso seja necessário a desmontagem e posterior montagem do item.

Para menores teores de fibra de sisal (3,5% e 10,5%), a deformação aplicada gerou uma tensão mais distante dos limites de escoamento dos materiais, com 70,54 e 61,52% respectivamente, conforme Tabela 5.9. Esses resultados podem ser considerados mais adequados para se estabelecer um fator de segurança para a peça, uma vez que haverá menor risco de sua quebra.

Tabela 5.9: Tensões de escoamento e máximas obtidas na simulação de acordo com a composição dos compósitos PP/fibra de sisal.

% de sisal	Tensão de escoamento (MPa)	Tensão máxima de ruptura (MPa)	%
3,5	34	33	97
10,5	28	19	70
24,5	26	61	61

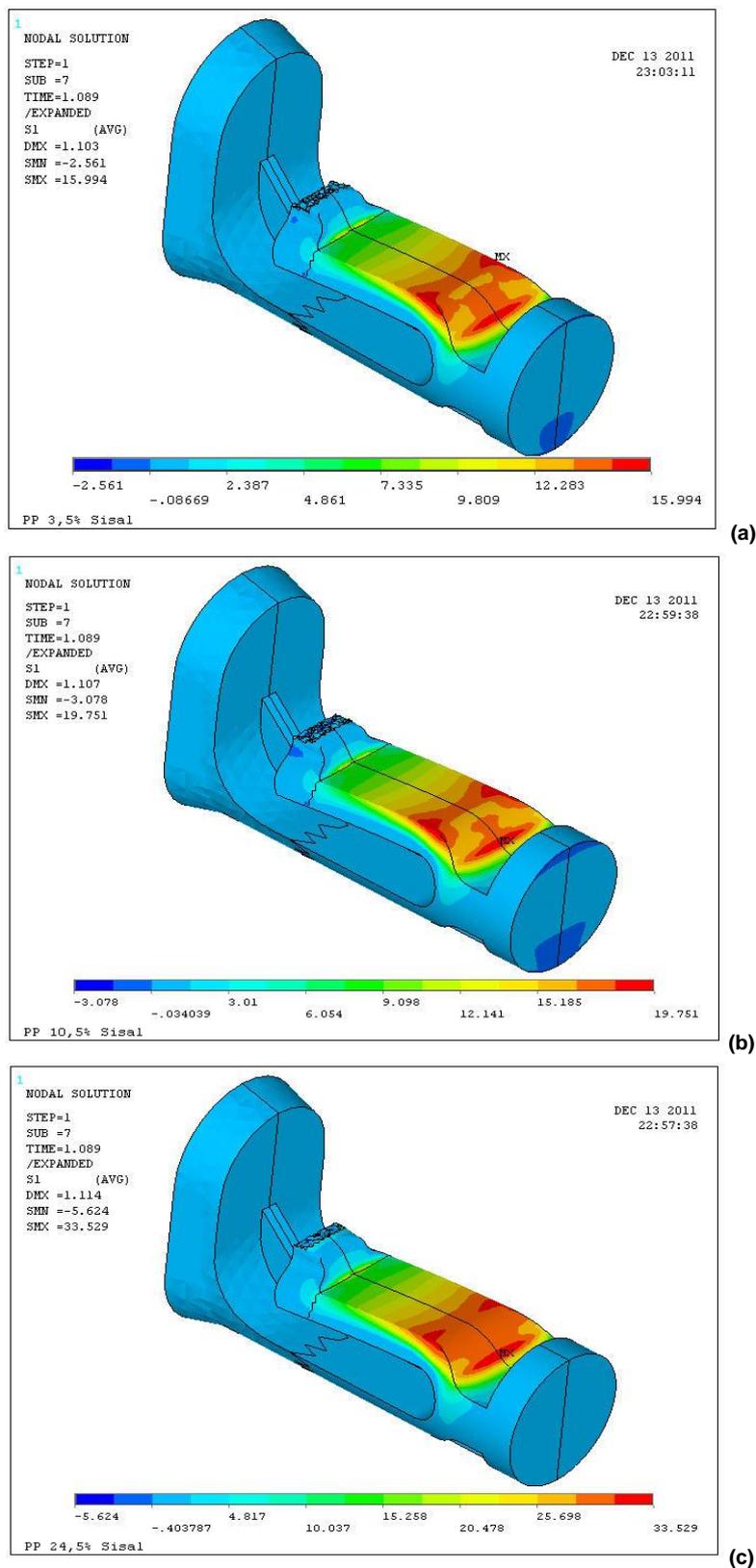
Fonte: Adaptado de [69]



Fonte: elaborado a partir dos resultados da simulação com emprego do software

Figura 5.25: Região de concentração de tensão na peça estudada.

A região crítica onde a tensão se concentra foi aproximadamente a mesma nas três composições testadas, conforme ilustrado na Figura 5.25, variando-se apenas o valor das tensões, sendo maiores na composição da matriz com 24,5% de fibra de sisal. Este aumento de tensão na composição da matriz com a maior quantidade de fibra de sisal está relacionado com o seu módulo elástico, pois quanto maior o módulo, maior a força de resistência imposta pelo material. O deslocamento do clique gera a deformação do material que, no caso da composição com 3,5% de sisal, se aproxima do limite de escoamento do compósito, conforme visto na Figura 3.21 e Figura 5.26.



Fonte: elaborado a partir dos resultados da simulação com emprego do software

Figura 5.26: Distribuição de tensões após aplicação do deslocamento nas matrizes com 3,5% (a), 10,5% (b) e 24,5% (c) de sisal.

5.5.2 Requisitos e possibilidades na simulação de injeção da peça

Para a simulação quantitativa do processo de injeção, com auxílio de software como o Mold Flow, muitas das informações e conhecimentos sobre as propriedades requeridas, mostradas na Tabela 3.3, não estão disponíveis em publicações científicas ou bases de dados prontamente acessíveis. Isso pode ser um reflexo do ainda baixo tempo de desenvolvimento ou de interesse comercial, ou mesmo a dificuldade de se gerar os resultados para os compósitos poliméricos contendo o sisal e outros reforços naturais, quando comparados ao uso de outros materiais mais convencionais na indústria mundial.

Uma análise preliminar, prática e qualitativa sobre a injeção da peça na região do clique indica que naturalmente deve ocorrer uma orientação das fibras naturais devido ao fluxo de material causado pela posição do ponto de injeção do molde da peça, conforme esquematizado simplificada na Figura 5.27. Pode-se considerar que a região provavelmente deverá apresentar uma máxima resistência à flexão, devido à orientação das fibras que tenderão a se alinhar com a direção do fluxo de injeção, tornando as propriedades do compósito máximas nessa direção. Com as corretas características do material, também é possível caracterizar a orientação das fibras, tanto curtas quanto longas, no software.

Um ponto de atenção que deve ser destacado é a possível tensão residual que o fluxo de injeção pode gerar na peça. Esta informação também é captada pelo software e pode trazer problemas para a peça, caso esta tensão seja alta e, com a soma da tensão gerada pela deformação do clique, ultrapasse o limite de escoamento do material. Em peças maiores, o problema de empenamento e contração também poderá ser previsto nas simulações, baseado nas condições de processamento e nas propriedades dos materiais.

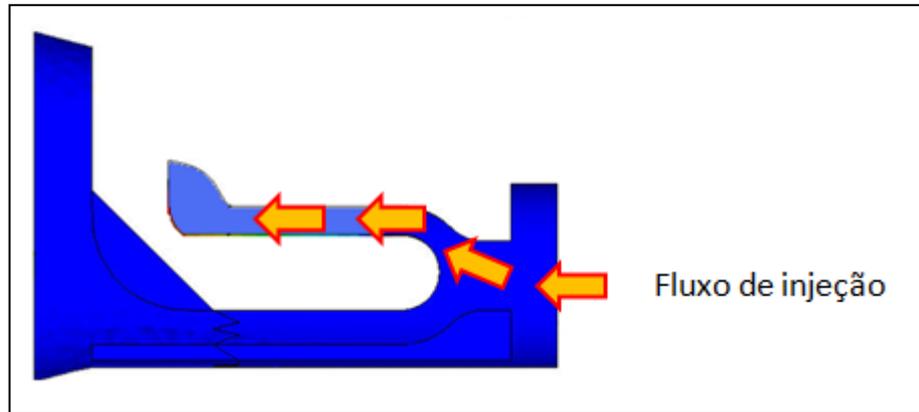


Figura 5.27: Fluxo de injeção do material na região do clique.

5.5.3 Discussão geral e recomendações para prosseguimento do desenvolvimento da aplicação de polipropileno/sisal no pino de eletrodoméstico

A partir das simulações e dos dados de tensão disponíveis do material, recomenda-se seguir os próximos passos do desenvolvimento com o material com porcentagem de fibra de sisal intermediária entre 3,5% e 24,5%, contendo por exemplo 10,5% de fibra de sisal, pela provável adequação de propriedades mecânicas. A seleção deste material se dá com base nas seguintes características mecânicas:

- Provável capacidade de suportar o deslocamento gerado no momento do clique na contra peça; Se forem necessários ajustes finos na peça devido a problemas de tensão localizados, a melhor forma de se fazer isto é através da alteração de geometria destas regiões, como por exemplo, com a colocação de cantos raiados e chanfros.
- Resistência após a montagem do conjunto (pino + contra peça), pois durante a utilização, a região do clique deve evitar que as peças se soltem. Caso se optasse, por exemplo, pela composição com 3,5% de sisal, a resistência mecânica do clique seria muito menor e provavelmente inadequada.

- Realizar uma análise mais refinada do componente, na qual deve-se incluir propriedades ortotrópicas, com orientação especificada para cada elemento após simulação do processo de injeção do material composto.
- Caracterizar o material com todas as propriedades mecânicas necessárias para a simulação do fluxo de injeção no software Mold Flow.
- Teste de injeção para se obter peças reais, para testar o pino nas condições reais de uso, uma vez que o item está aprovado por simulação para esta próxima etapa.
- A análise de documentos de patentes indicou que o uso do polipropileno/sisal na peça analisa não foi assunto ainda patenteado, gerando margem para o seu uso sem restrições de propriedade intelectual, ou eventualmente verificando-se a possibilidade do seu patenteamento.

6 CONCLUSÃO

A análise de documentos de patentes associadas às fibras naturais, realizada entre 1960-2009, mostrou o crescimento no patenteamento nesta área, sendo significativo o aumento na década de 2000-2009. A análise também permitiu verificar a importância crescente deste tema na área de reforço de compósitos plásticos, frente ao patenteamento nos demais assuntos tecnológicos proeminentes, tais como a utilização em tecidos, as aplicações médicas, odontológicas ou higiênicas.

Muitos destes documentos relacionados às fibras de algodão têm uma forte associação às patentes de tecidos, por ser o algodão amplamente utilizado mundialmente para este fim. As fibras de cânhamo vêm logo na sequência, com 11% dos retornos associados à mesma. As demais fibras giram em torno de 5 a 8%, com participação das fibras de banana, abacá, curauá e sisal, com cerca de 1%.

Dentre os diferentes processos de fabricação dos compósitos com fibras naturais, verificou-se a maior concentração do patenteamento em processos de compressão, extrusão e injeção. Em relação às resinas das matrizes mais utilizadas nos compósitos com estas fibras, destacam-se as termoplásticas. As quatro principais resinas são desta natureza, somando 80% do total dos depósitos de patentes envolvidos. As matrizes termofixas participam de apenas 12% de todos os documentos de patentes envolvidos. O grande destaque são as matrizes de Polietileno (PE), de Poliamida e de Polipropileno (PP).

Verificou-se o grande interesse dos países desenvolvidos nas fibras naturais, sendo o Japão e os Estados Unidos os maiores depositantes na área. No caso do sisal, os maiores interessados são a Alemanha e os Estados Unidos. Enquanto isso, o Brasil detém apenas a 16ª posição no patenteamento de fibras naturais e a 12ª colocação na fibra de sisal, apesar de ser o maior produtor mundial dessa fibra.

Os dois maiores detentores de documentos de patentes na área de fibras naturais são multinacionais de origem japonesas e em terceiro lugar uma multinacional de origem francesa. Três grandes multinacionais alemãs são os

principais depositantes mundiais de patentes de sisal. Nenhuma empresa ou instituição de origem brasileira se encontra entre os 10 principais titulares mundiais de fibras naturais, seja de um modo geral ou no caso particular do sisal. Estas empresas são, em sua maioria, empresas que fabricam a matéria prima. A indústria automobilística ou de eletrodomésticos, setores que desenvolve aplicações para diversos materiais, não apresentaram atividade de patenteamento relacionado a materiais compósitos com fibras naturais.

As instituições de pesquisa, como universidades e institutos detêm um número baixo de documentos quando comparadas com o número absoluto de documentos das empresas e as pessoas físicas. Há uma presença de universidades e institutos de pesquisa no patenteamento mundial em sisal, principalmente dos Estados Unidos e da China, indicando oportunidade para cooperação universidade-empresa na pesquisa e desenvolvimento, o que já vem ocorrendo inclusive no Brasil.

A metodologia de análise de patentes utilizada se mostrou uma importante ferramenta para a análise e acompanhamento da evolução de tecnologia e de interesses de mercado de empresas e instituições em relação as fibras naturais. Ela pode ser empregada na análise de outros materiais, considerando-se as especificidades de enquadramento na Classificação Internacional de Patentes e na expressão de busca e recuperação de registros de documentos de patentes. As informações presentes nas patentes e nos seus registros em bases de dados são públicas e podem ser transformadas em indicadores estratégicos para a análise concorrencial, das características de tecnologias, das oportunidades e ameaças, das organizações e pesquisadores relevantes e outros aspectos associados ao assunto tecnológico focalizado.

A simulação realizada mostrou a possibilidade da utilização de um compósito com uma matriz de polipropileno, um polímero largamente utilizado como matriz em compósitos com fibras naturais, e fibra de sisal, uma importante fibra para o Brasil. Mostrou ainda a necessidade de se gerar dados para viabilizar a simulação do processo de injeção do compósito para conformação da peça almejada.

7 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

A partir dos resultados obtidos, podem ser sugeridas as seguintes linhas de pesquisa em compósitos contendo fibras naturais, em especial polipropileno/sisal:

- Pesquisas na área de análise de documentos de patentes:
 - Consideração da variável ramo de atividade econômica, por exemplo, indústria automobilística, de eletrodomésticos e outras, como uma das extratificações pesquisadas;
 - Levantamento de outros materiais e técnicas de processamento, por exemplo, dos nano compósitos de fibras de carbono e verificação da possibilidade de combinação com as fibras naturais, com vistas à maior agregação de valor.

- Pesquisas na área de simulação
 - Geração de dados para a simulação de processo de injeção, com a caracterização laboratorial de todas as propriedades necessárias dos novos compósitos para a utilização como entrada de dados em software de simulação de injeção, por exemplo, no uso do software Mold Flow.
 - Continuidade do desenvolvimento de compósito polipropileno/sisal e de outros compósitos termoplásticos com fibra natural, para o pino e eventualmente para outros componentes de eletrodomésticos.

8 REFERÊNCIAS

- [1]. SATYANARAYANA, K. G.; ARIZAGA G. G. C.; WYPYCH, F. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers - An overview. **Progress in Polymer Science**, nº 34 p. 982–1021, 2009
- [2]. SATYANARAYANA K.G., J.L. GUIMARÃES, F. WYPYCH. Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part I: Source, production, morphology, properties and applications. **Composites Part A** nº 38 p. 1694–1709, 2007.
- [3]. O Sisal do Brasil. Sindicato das Indústrias de Fibras Vegetais da Bahia. Disponível em <<http://www.brazilianfibras.com.br/>>. Acesso em: agosto de 2011.
- [4]. Estatísticas. Ministério da Agricultura. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/estatisticas>>. Acesso em: 02/01/2011.
- [5]. CARUSA, M.; GAHLEB, C. Injection moulding with natural fibres. **Reinforced Plastics**. Volume 52, Issue 4, p. 18-22, 24-25, abril de 2008.
- [6]. RAO, K. M. M.; RAO, K. M.; PRASAD, A.V. R. Fabrication and testing of natural fibre composites: Vakka, sisal, bamboo and banana” **Materials and Design**, nº 31 p. 508–513, 2010.
- [7]. ZAH, R., HISCHIER, R.; LEO, A.L.; BRAUN, I. Curauá fibers in the automobile industry e a sustainability assessment. **Journal of Cleaner Production**, nº 15 p. 1032-1040, 2007.
- [8]. WESTMAN M.P., LADDHA,S.G., FIFIELD L.S., KAFENTZIS T.A., SIMMONS, K.L.. Natural Fiber Composites: A Review. **National Technical Information Service**. Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, março de 2010.
- [9]. WAMBUA, P.; IVENS, J.; VERPOEST, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?. **Composites Science and Technology** nº 63 p. 1259–1264 (2003).
- [10]. HIGH-PERFORMANCE SYNTHETIC FIBERS FOR COMPOSITES Report of the Committee on High-Performance Synthetic Fibers for

Composites NATIONAL MATERIALS ADVISORY BOARD Commission on Engineering and Technical Systems National Research Council. Publication NMAB-458. National Academy Press. Washington, D.C. 1992. Disponível em <http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1858&page=16>. Acesso em 02/05/2012.

- [11]. JOHN, M. J., THOMAS, S. Biofibres and biocomposites. **Carbohydrate Polymers**, nº 71 p.343–364, 2008.
- [12]. LUZ, S. M.; CALDEIRA-PIRES, A.; FERRÃO, P. M. C. Environmental benefits of substituting talc by sugarcane bagasse fibers as reinforcement in polypropylene composites: Ecodesign and LCA as strategy for automotive components. **Resources, Conservation and Recycling**, nº 54 p. 1135–1144, 2010.
- [13]. SATYANARYANA K.G., WYPYCH F., GUIMARÃES JL, AMICO SC, SYNDENSTRICKER THD, Ramos LP. Studies on natural fibers of Brazil and green composites. **Met Mater Proc** nº17 nº183–194, 2005.
- [14]. SUDELL BC, EVANS WJ, ISAAC DH, CROSKY A. A survey into the application of natural fibre composites in the automobile industry. IN: FOURTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NATURAL POLYMERS AND COMPOSITES (ISNaPol), São Pedro, Brazil; p. 455e61, 2002.
- [15]. VOLKSWAGEN. The Volkswagen Fox “grows” its roof. **Wolfsburg: Volkswagen Media Services**; p. 1, 2005.
- [16]. BROUWER, W. D. R. Natural fibre composites in structural components: alternative applications for Sisal. In: Alternative applications for Sisal and Henequen. **Common Fund for Commodities e FAO**; Technical paper no. 14, 2001.
- [17]. ESTATÍSTICAS E DADOS BÁSICOS DA ECONOMIA AGRÍCOLA. Ministério da Agricultura Pecuária e AbastecimentoSecretaria de Política Agrícola. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/Estatistica/Estat%C3%ADticas%20e%20Dados%20B%C3%A1sicos%20de%20Economia%20A

- gr%C3%ADcola/PASTA%20-%20Marco%202012.pdf]>. Acesso em 05/05/2012.
- [18]. World Fibre Trends in Demand-Supply 2010. Disponível em <http://www.researchandmarkets.com/research/e5c944/world_fibre_trends_in_demand_supply_2010>. Junho 2011, Pages: 271
Acesso em: Julho/2011
- [19]. Biowerkstoff Report 8: Report on Bio-based Plastics and Composites. 4TH INTERNATIONAL CONGRESS ON BIO-BASED PLASTICS AND COMPOSITES, ISSN 1867-1217, Edition 8, Colônia, Março 2011.
- [20]. SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS. European Commission. Disponível em <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/documents/0501ENnew_labels_halo.pdf>. Acesso em 05/05/2012.
- [21]. MARTIN, A. R. et al. Caracterização Química e Estrutural de Fibra de Sisal da Variedade Agave sisalana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.
- [22]. NUTRITION RESOURCES. Jones and Bartlett Publishers. Disponível em <<http://nutrition.jbpub.com/resources/chemistryreview9.cfm>>. Acesso em: Julho de 2011.
- [23]. RAO, K. M. M; K. RAO K. M. Extraction and tensile properties of natural fibers: Vakka, date and bamboo. **Composite Structures**, v. 77 p. 288–295, 2007.
- [24]. ARRANGEMENT OF FIBRILS, MICROFIBRILS AND CELLULOSE IN CELL WALLS. Moore, R; Clark, D And Vodopich, D. Disponível em <http://www.bio.miami.edu/dana/226/226F09_3.html>. Acesso em: Julho de 2010
- [25]. GLAZER, A. W., and NIKAIDO. Microbial Biotechnology: fundamentals of applied microbiology. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. 2nd Edition. San Francisco: W. H. Freeman, p. 340
- [26]. GAMSTEDT, E. K. and ALMGREN, K. M. Natural fibre composites – with special emphasis on effects of the interface between cellulosic fibres and polymers. PROCEEDINGS OF THE 28TH RISØ INTERNATIONAL

- SYMPOSIUM ON MATERIALS SCIENCE:INTERFACE DESIGN OF POLYMER MATRIX COMPOSITES – MECHANICS, CHEMISTRY, MODELLING AND MANUFACTURING. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 2007
- [27]. CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 5ed. LTC, São Paulo, 2002.
- [28]. PRODUTOS VERDES. Braskem. Disponível em <<http://www.braskem.com.br/site.aspx/produtos-verdes>>. Acesso em 06/05/2012
- [29]. FLAMÍNIO, L. N.; PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais - Ciência E Tecnologia**. Editora Blucher, 2006
- [30]. HOLBERY, J and HOUSTON, D. Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications. **Jom Journal Of The Minerals, Metals And Materials Society**. Volume 58, Number 11, 80-86 (2006).
- [31]. ZIEGMANN , G.; Production techniques for natural-fibre polymer composites. Institute for Polymer Materials and Plastics Processing.
- [32]. Rosário,F et al. Resíduos de Sisal como Reforço em Compósitos de Polipropileno Virgem e Reciclado. **Polímeros - Ciência e Tecnologia**. vol. 21, nº 2, p. 90-97, 2011.
- [33]. DAS, P.H.; NAG, D.; DEBNATH, S.; NAYAK, L.N. Machinery for extraction and traditional spinning of plant fibres. **Indian Journal of Tradional Knowledge**. Vol. 9 (2), p. 386-393 April 2010.
- [34]. MARTIN, A. R. et al. Caracterização Química e Estrutural de Fibra de Sisal da Variedade Agave sisalana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.
- [35]. MEDINA, L., SCHLEDJEWSKI and SCHLARB, A. K. Process related mechanical properties of press molded natural fiber reinforced polymers. **Composites Science and Technology**. Volume 69, Issue 9, Pages 1404-1411, July 2009.
- [36]. Sustainability of Fibre-Reinforced Plastics: An Assessment Based on Selected Examples of Application sustainability of fibres-reinforced plastics. Published by the expert-task-force “sustainability” of AVK -

Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e. V. Frankfurt am Main, November 2010.

- [37]. FARAG, M.M. Quantitative methods of materials substitution Application to automotive components. **Materials and Design**. V. 29 p. 374–380 (2008).
- [38]. BOUSTEAD I. Ecoprofiles of plastics and related intermediates. ASSOCIATION OF PLASTIC MANUFACTURERS OF EUROPE (APME) Brussels, Belgium; 2002.
- [39]. GOEDKOOP M. Eco-indicator 95-Weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale. Report by Pre Consultants and DUIF Consultancy, Netherlands; 1995.
- [40]. WOTZEL K, WIRTH R, FLAKE R. Life cycle studies on hemp fiber reinforced components and ABS for automotive parts. **Angew Makromol Chem**. 272(4673):121–7 (1999).
- [41]. SCHMIDT WP, BEYER HM. Life cycle study on a natural fiber reinforced component. SAE Technical paper 982195. SAE Total Life-cycle Conf. Graz, Austria; December 1–3, 1998.
- [42]. País pesquisa mais fibras naturais para carros. ESTADO DE SÃO PAULO. SEBRAE/SC. Oportunidades de Negócios. 25/10/2004. Disponível em <http://www.sebrae-sc.com.br/novos_destques/opportunidade/mostrar_materia.asp?cd_noticia=8356>> Acesso em novembro de 2010.
- [43]. JOSHIA, S.V., DRZALB, L.T., MOHANTYB, A.K. , ARORAC, S. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? **Composites: Part A** v. 35 p. 371–376, 2004.
- [44]. DaimlerChrysler uses a natural-fiber component in the exterior of the Mercedes-Benz A-Class. DaimlerChrysler. Stuttgart, Jun 29, 2005. Disponível em <<http://media.daimler.com/dcmmedia/0-921-657582-1-815396-1-0-1-0-0-1-12639-854934-0-1-0-0-0-0-0.html?TS=1297204851071>>. Acesso em: Novembro de 2010.
- [45]. From carpet to car: ford's focus on material recycling. FORD MOTORS. BRENTWOOD, Essex, 21 January 2010. Disponível em

<<http://media.ford.com/news/fromcarpettocarfordsfocusonmaterialrecycling.htm>>. Acesso em: novembro de 2010.

[46]. Bamboo: Latest high-tech fiber. MITSUBISHI MOTORS. Disponível em <<http://www.mitsubishi.com/mpac/e/monitor/back/0606/green.html>>. Acesso em: novembro de 2010.

[47]. Sabic Innovative Plastics. Disponível em <http://www.sabic_ip.com/gep/en/NewsRoom/PressReleaseDetail/july_09_009_sabicinnovativeplasticsnew.html>. Acesso em: novembro de 2010.

[48]. SANTOS, P. A., SPINACÉII, M. A. S., FERMOSELLII, K. K. G.I, DE PAOLI, M. Efeito da forma de processamento e do tratamento da fibra de curauá nas propriedades de compósitos com poliamida-6, Polímeros Polímeros vol.19 no.1 São Carlos, 2009.

[49]. PLANTEX® Discs for Grinding Steel / Stainless Steel. Disponível em <http://www.csunitec.com/sanding_polishing_grinding_finishing/plantex.html>. Acesso em: janeiro de 2011.

[50]. BOURMAUD, A.; BALEYA, C. Investigations on the recycling of hemp and sisal fibre reinforced polypropylene composites. **Polymer Degradation and Stability** Volume 92, Issue 6, p. 1034-1045, June 2007

[51]. SUN, ZY et al. Mechanical Properties of Injection-molded Natural Fiber reinforced Polypropylene Composites: Formulation and Compounding Processes. **Journal of Reinforced Plastics and Composites** vol. 29 p. 5 637-650 March 2010.

[52]. AWAL, A et al. Interfacial studies of natural fibre/polypropylene composites using single fibrefragmentation test (SFFT). **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing** Volume 42, Issue 1, Pages 50-56. January 2011.

[53]. PERVAIZA, M.; SAINA, M & GHOSHA, A. Evaluation of the Influence of Fibre Length and Concentration on Mechanical Performance of Hemp Fibre Reinforced Polypropylene. **Composite Journal of Natural Fibers**. Volume 2, Issue 4, 2006 pages 67-84 23 Sep 2008

- [54]. DIRECTIVA 2000/53/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:269:0034:0042:PT:PDF>>. Acesso em: janeiro de 2011.
- [55]. ANTUNES, A. M. S.; GIANNINI, R. G.; BORSCHIVER, S. Tendências Tecnológicas de Polietilenos e Polipropileno através da Prospecção em Documentos de Patente nos Estados Unidos e Europa – 1990/1997. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 10, nº 1, p. 56-63, 2000
- [56]. CARUSO, L. A.; TIGRE, P. BASTOS Coords. Modelo SENAI de Prospecção: documento Metodológico Montevideo: Cinterfor/OIT, 2004 77 p. (Papeles de la Oficina Técnica, 14) Bibliografía: p. 77 ISBN 92-9088-184-4 Capítulo 2. Prospecção Tecnológica David Kupfer e Paulo Bastos Tigre. UFRJ
- [57]. PORTER, A. L, CUNNINGHAM, S. W. Tech mining: exploiting new technologies for competitive advantage. JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION, 2005.
- [58]. DERWENT INNOVATIONS INDEX. Thomson Reuters. Disponível em <<http://science.thomsonreuters.com/pt/produtos/dii/>>. Acesso em: novembro de 2011.
- [59]. INTERNATIONAL PATENT CLASSIFICATION (IPC). WIPO. Disponível em <<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/index.html>>. Acesso em: novembro de 2011.
- [60]. WEB OF KNOWLEDGE. Thomson Reuters. Disponível em <<http://www.isiknowledge.com/>>. Acesso em: novembro de 2011.
- [61]. IMPORTÂNCIA DA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA RIO DE JANEIRO: INPI. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Disponível em http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/informacao/pasta_oque-new-version/index_html/impressao_view>, Acesso em agosto de 2011.
- [62]. Lei de Proteção de Cultivares. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9456.htm>. Acesso em 06/05/2012.

- [63]. DERWENT WORLD PATENTS INDEX The Derwent Classification © 2001 Thomson Derwent. Disponível em <http://thomsonreuters.com/products_services/legal/legal_products/a-z/derwent_world_patents_index/>. Acesso em agosto de 2011.
- [64]. VANTAGEPOINT. Search Technology, Inc. Disponível em <www.thevantagepoint.com>. Acesso em: novembro de 2011.
- [65]. RAHMAN, W. A. W. A .et al. Injection moulding simulation analysis of natural fiber composite window frame. **Journal of Materials Processing Technology** Volume 197, Issues 1-3, Pages 22-30, 1 February 2008
- [66]. WANG, J and JIN, X. Comparison of recent fiber orientation models in autodesk moldflow insight simulations with measured fiber orientation data. PROCEEDINGS OF THE POLYMER PROCESSING SOCIETY 26TH ANNUAL MEETING, Banff (Canada), PPS-26 July 4-8, 2010
- [67]. AUTODESK MOLDFLOW PRODUCTS. Autodesk, Inc. Disponível em <<http://usa.autodesk.com/moldflow/>>. Acesso em: dezembro de 2011.
- [68]. STRUCTURAL MECHANICS SOLUTIONS. ANSYS, Inc. Disponível em <<http://www.ansys.com/Products/Simulation+Technology/Structural+Mechanics>>. Acesso em: dezembro de 2011.
- [69]. ARZONDO, L. M. et al. A low-cost, low-fiber-breakage, injection molding process for long sisal fiber reinforced polypropylene. **Polymer Engineering & Science** Volume 44, Issue 9, pages 1766–1772, Setembro de 2004
- [70]. ELSEVIER B.V. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/>>. Acesso em: agosto de 2010.
- [71]. SAE INTERNATIONAL. Disponível em <www.sae.org>. Acesso em: agosto de 2011.
- [72]. SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME (FP7). Publications Office. Disponível em <http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html>. Acesso em: dezembro de 2011
- [73]. DIRETÓRIO DOS GRUPOS DE PESQUISA NO BRASIL. CNPq. Disponível em <<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>>. Acesso em: setembro de 2010.

- [74]. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em <<http://www.inpi.gov.br/>>. Acesso em: novembro de 2010.
- [75]. ESPACENET. European Patent Office. Disponível em <www.espacenet.com>. Acesso em: dezembro de 2011.
- [76]. PriorIP. PRIORIP, Inc. Disponível em <www.prior-ip.com>. Acesso em: novembro de 2011.
- [77]. 3D DESIGN SOLUTIONS. Parametric Technology Corporation. Disponível em <<http://www.ptc.com/products/creo/3d-design-solutions>>. Acesso em: novembro de 2011.
- [78]. MATSUSHITA FORMS PDP VENTURE WITH TORAY. UBM company. Disponível em <<http://www.eetimes.com/electronics-news/4040743/Matsushita-forms-PDP-venture-with-Toray>>. Acesso em: dezembro de 2011.
- [79]. MERGER CONTROL AUTHORITIES APPROVE ACQUISITION OF CIBA BY BASF. BASF. Disponível em <<http://www.basf.com/group/pressrelease/P-09-201>>. Acesso em: dezembro de 2011.
- [80]. BAYER, GE MERGE SILICONE BUSINESSES. Reed Business Information Limited. Disponível em <<http://www.icis.com/Articles/1997/12/16/46573/bayer-ge-merge-silicone-businesses.html>>. Acesso em: novembro de 2011.
- [81]. DIRETÓRIO DOS GRUPOS DE PESQUISA NO BRASIL. CNPq. Disponível em <<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>>. Acesso em: setembro de 2011
- [82]. MOGEE, M. E. Patents and technology intelligence. in: ASHTON, W. B ; KLAVANS, R. A. Keeping abreast of science and technology: Technical intelligence for business. BATTELLE PRESS, p.560, 1997.
- [83]. PRODUTOR TERÁ BOA RENDA COM A SAFRA RECORDE. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/noticias/2011/04/produtor-tera-boa-renda-com-a-safra-recorde>>. Acesso em: janeiro de 2012.

- [84]. CÂMARA SETORIAL DE FIBRAS NATURAIS É INSTALADA. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2011/08/camara-setorial-de-fibras-naturais-e-instalada>>. Acesso em: janeiro de 2012.
- [85]. CARVALHO, E. G.. Inovação tecnológica na indústria automobilística: características e evolução recente. **Econ. soc.** vol.17 no.3 Dez. 2008
- [86]. Use of natural fibres in composites for the German automotive production from 1999 till 2005. Disponível em <http://www.nova-institut.de/pdf/06-12_nova_NF-CompositesAutomotive.pdf>. Acesso em: Novembro de 2010.

APÊNDICE A

Elaboração da expressão de busca para recuperação de registros de documentos de patentes da base de dados Derwent Inovation Index (DII)

A partir dos primeiros resultados, viu-se a necessidade de retornar às buscas com a utilização dos nomes das fibras naturais, entendendo o resultado parcial obtido, e aprimorando as expressões conforme a Observou-se nas buscas grande associação das fibras naturais com a seção A da CIP, relacionada às necessidades humanas. Dos 10 principais códigos CIP associados, 9 eram relacionados à esta seção. Os documentos relacionados ao código A2* (PRODUTOS ALIMENTÍCIOS; TABACO) não apresenta qualquer relação com o trabalho, por isso, foi excluído da pesquisa.

Tabela A1: Descrição da expressão utilizada para a terceira busca das patentes relacionadas às fibras naturais em geral.

Etapa	Termos de expressão de busca	Documentos retornados
#1	TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or rice* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea")	100.994
#2	TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea")	100.328
#3	TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria	100.059

	nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea")	
--	--	--

Para entender o papel das fibras relacionadas aos resultados encontrados, foram excluídas as fibras que tem maior ligação com a parte de produtos alimentícios. O primeiro termo excluído na pesquisa foi o arroz e, em seguida, foi realizada uma nova busca sem a presença dos termos banana e abacaxi, conforme descrito na Tabela A1. Com a exclusão destes termos, surgem outros códigos nos 10 principais códigos CIP, conforme Tabela A2. Mesmo com a exclusão destes termos ainda existem muitos códigos relacionados à alimentação.

Tabela A2: Descrição dos 10 principais códigos CIP retornados de acordo com a exclusão dos termos nas expressões de busca relacionadas às fibras naturais em geral.

#1 - arroz		#2 – banana		#3 - abacaxi	
CIP	% total	CIP	% total	CIP	% Total
A23L-001/10	3.6%	C12N-015/82	2,0%	A01H-005/00	1,9%
A47J-027/00	2.7%	A01H-005/00	2,0%	C12N-015/82	1,9%
A01H-005/00	2.2%	D03D-015/00	1,5%	D03D-015/00	1,5%
C12N-015/82	2.2%	A61K-035/78	1,3%	A47G-009/00	1,2%
A23L-001/29	2.1%	A61K-036/88	1,2%	A61K-035/78	1,2%
A61K-036/88	2.1%	A01H-001/00	1,2%	D02G-003/04	1,1%
A23L-001/30	1.8%	A47G-009/00	1,2%	A01H-001/00	1,1%
A01C-011/02	1.6%	D02G-003/04	1,1%	A61K-036/88	1,1%
A61K-036/185	1.5%	A61K-036/185	1,0%	A61F-013/15	1,0%
A23L-001/10	3.6%	A61F-013/15	1,0%	A61K-008/30	1,0%

Em um detalhamento dos códigos CIP encontrados na pesquisa anterior, verifica-se a ausência de documentos entre as principais classificações associadas à aplicação das fibras como reforço e preenchimento em compósitos, conforme descreve a Tabela A3. O próximo passo foi retornar os

termos excluídos na pesquisa anterior, pois as fibras de arroz, abacaxi e banana podem ser utilizadas em compósitos, e foram excluídos os códigos CIP da seção A e C, mais especificamente a família de códigos A2*, por não terem relação direta com a busca desejada, conforme discutido anteriormente, e o código C12*, por ser a área de “bioquímica; cerveja; álcool; vinho; vinagre; microbiologia; enzimologia; engenharia genética ou de mutação”. Os códigos da família A01*, relacionados à agricultura, foram mantidos por se entender que pode haver alguma melhoria genética nas fibras naturais que podem alterar as características destas quando aplicadas em compósitos, como melhorias na homogeneidade, no comprimento ou alterações na superfície para melhor interface polímero/fibra.

Tabela A3: Principais códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) utilizados em uma primeira etapa de refinamento da expressão de busca.

Código IPC	Descrição
A01*	AGRICULTURA
A61K*	PREPARAÇÕES PARA FINALIDADES MÉDICAS, ODONTOLÓGICAS OU HIGIÊNICAS
B02B*	BENEFICIAMENTO PRELIMINAR DO GRÃO ANTES DA MOAGEM; REFINAÇÃO DE FRUTAS GRANULOSAS PARA PRODUTOS COMERCIAIS PELO BENEFICIAMENTO DA SUPERFÍCIE
C12*	BIOQUÍMICA; CERVEJA; ÁLCOOL; VINHO; VINAGRE; MICROBIOLOGIA; ENZIMOLOGIA; ENGENHARIA GENÉTICA OU DE MUTAÇÃO
D02G*	ENCRESPAMENTO OU ONDULAMENTO DE FIBRAS, FILAMENTOS, FIOS OU LINHAS; FIOS OU LINHAS
D03*	TECELAGEM
D06*	TRATAMENTO DE TÊXTEIS OU SIMILARES; LAVANDERIA; MATERIAIS FLEXÍVEIS NÃO INCLUÍDOS EM OUTRO LOCAL

A busca seguinte foi realizada contemplando-se o aprendizado das buscas anteriores. A expressão de busca utilizada e os resultados encontrados para a busca estão descritos na Tabela A4. Destes resultados encontrados, o código que se destaca, sendo o único não pertencente à seção A é o código D03D, referente a “tecidos; métodos de tecer; teares”. Este código pode se relacionar de alguma maneira às aplicações procuradas, uma vez que alguns

setores industriais podem utilizar tecidos feitos com estas fibras em seus produtos, como é o caso da indústria automobilística (como descrito anteriormente em estofados de bancos), indústria de aeronaves ou mesmo a indústria que trabalha indiretamente com tecidos, como é o caso de empresas fabricantes de máquinas de lavar roupas. Para entender a aplicação das fibras nestas indústrias, foram feitas as buscas relacionando a expressão de busca de todas as fibras com os códigos CIP que descrevem cada um destes setores.

Tabela A4: Principais códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) utilizados no segundo refinamento da expressão de busca.

Termos de expressão de busca	Documentos retornados	Código CIP	% do total
TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or rice* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea") not IP=(A2* and C12*)	101.593	A47J-027/00	4,3%
		A01C-011/02	3,2%
		A61K-036/88	1,5%
		A01P-003/00	1,3%
		D03D-015/00	1,2%
		A61K-035/78	1,1%
		A61K-036/185	1,1%
		A47G-009/00	1,1%
		A61K-008/30	1,1%
		A01G-001/00	1,1%

Com a expressão de busca relacionando os códigos CIP das empresas, verifica-se o patenteamento dos setores relacionados às fibras naturais,

principalmente quando se falam das indústrias automobilísticas, de calçados e vestuário, estas últimas sendo muito importantes no consumo, principalmente, da fibra de algodão. Os resultados das buscas realizadas estão descritos na Tabela A5. Os resultados com este refinamento começam a apresentar a aplicação das fibras em campos tecnológicos, diferentemente do que aconteceu nas primeiras buscas.

Tabela A5: Principais códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) utilizados no terceiro refinamento da expressão de busca

Termos de expressão base (#1)	Código CIP associado ao setor	Descrição	# de documentos
TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or rice* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocos nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comosus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea") not IP=(A2* and C12*)	#1 and IP=B60*	Veículos	2367
	#1 and IP=D06F*	Lava/seca roupas	430
	#1 and IP=A41D*	Vestuário	2340
	#1 and IP=B64*	Aviões	79
	#1 and IP=A63H*	Brinquedos	278
	#1 and IP=A43*	Calçados	1045
	#1 and IP=D21*	Papel	2592

Para um maior refinamento da busca, adicionou-se o termo “fiber” na expressão, visando associar as fibras naturais com o formato em que elas estão dispostas nos reforços em compósitos. Além disso, através de investigações em vários documentos de patentes, o termo “food” ainda associava as fibras buscadas com a alimentação. A Tabela A6 trás a expressão de busca utilizada e os códigos CIP associados a nova expressão. A busca agora trás as fibras naturais fortemente associadas à área de tecidos, representada pela família dos códigos D03 e D06. Na área dos tecidos, a fibra

de algodão (cotton) é a responsável pela grande maioria dos documentos retornados. Isto é pelo fato destas fibras serem largamente utilizadas em diversas indústrias, como a de vestuário e a calçadista. O importante nesta expressão foi o retorno dos códigos B32B, relacionados aos produtos em camadas, um produto que pode vir dos compósitos com fibras naturais. O impacto da fibra de algodão, bem como o papel de cada uma delas no resultado da busca foi avaliado na Tabela A7.

Tabela A6: Principais códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) utilizados no quarto refinamento da expressão de busca.

Termos de expressão de busca (33412 documentos)	Códigos CIP	% do total
TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or rice* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea") and TS=(fibre* or fiber*) not TS=(food) not IP=(A2*)	D03D-015/00	3,6%
	D02G-003/04	3,1%
	D06P-001/38	2,1%
	D06P-003/66	1,9%
	D06M-013/00	1,7%
	D04H-001/42	1,7%
	D06M-011/00	1,4%
	B32B-027/12	1,3%
	B32B-005/02	1,3%
	A61F-013/15	1,2%

Os resultados das buscas com a exclusão de termos da expressão de busca genérica não trazem um refino ideal dos resultados. A Tabela A7 mostra

o resultado obtido com a retirada de algumas fibras da expressão de busca. O impacto foi calculado pela subtração do resultado encontrado de documentos sem uma das fibras do resultado total da expressão de busca. Mesmo com a retirada do termo algodão (*cotton*), o termo com o maior impacto, as patentes ainda retornavam muitos códigos relacionados a tecidos.

Tabela A7: Principais códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) utilizados no quinto refinamento da expressão de busca.

Termos de expressão base (#1) 33412 documentos	Exclui(em)-se o(s) termo(s) da expressão	# de documentos	Impacto
TS=(sisal* or hemp* or curaua* or cotton* or jute* or flax* or coconut* or bamboo* or kenaf* or rami* or rice* or banana* or pineapple* or abaca* or "musa sapientum" or "cocus nucifera" or "gossypium mustelinum" or "ananas erectifolius" or "linum usitatissimum" or "corchorus capsularis" or "hibiscus cannabinus" or "hibiscus sibdoriff" or "chorisia speciosa" or "attalea funifera" or "ananas comoscus" or "boehmeria nafavea" or "agave sisalana" or "luffa cylindrica" or "crotalaria juncea") and TS=(fibre* or fiber*) not TS=(food) not IP=(A2*)	Sisal Agave Sisalana	33257	155
	Rice	32003	1409
	Cotton Gossypium Mustelinum	13771	19641
	Hemp	32586	826
	Curaua Ananas Erectifolius	33411	1
	Jute	32974	438
	Flax	32643	769
	Bambu	31147	2265

Para voltar ao tema do trabalho depois de entender todas as expressões genéricas de busca das fibras naturais, decidiu-se utilizar mais intensivamente os códigos CIP, uma vez que eles relacionam a expressão dos nomes de cada uma das fibras naturais com a sua aplicação e forma, de uma maneira que se torna possível o retorno de resultados mais focados no tema pesquisado. As tabelas Tabela A8 e Tabela 4.3 mostram, respectivamente, a descrição dos códigos CIP utilizados e o racional para se definir a expressão de busca utilizada para o trabalho.

Tabela A8: Códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) utilizados no último refinamento da expressão de busca e utilizados na expressão de busca final das patentes relacionadas às fibras naturais em geral.

Código IPC	Descrição
B29*	PROCESSAMENTO DE MATÉRIAS PLÁSTICAS; PROCESSAMENTO DE SUBSTÂNCIAS EM ESTADO PLÁSTICO EM GERAL
B32B*	PRODUTOS EM CAMADAS, i.e., PRODUTOS ESTRUTURADOS COM CAMADAS DE FORMA PLANA OU NÃO PLANA, por ex., EM FORMA CELULAR OU ALVEOLAR
C08*	COMPOSTOS MACROMOLECULARES ORGÂNICOS; SUA PREPARAÇÃO OU SEU PROCESSAMENTO QUÍMICO; COMPOSIÇÕES BASEADAS NOS MESMOS

APÊNDICE B

Grupos de pesquisa brasileiros atuantes na área de fibras naturais e/ou vegetais e/ou sisal

#	Grupo de Pesquisa	Instituição	Área de pesquisa (classif. CNPq)	Palavras-chave				
				Fibras naturais	Fibras vegetais	Sisal	Compósitos	Polímeros (icos)
1.	Doenças de Oleaginosas e Fibrosas EMBRAPA	EMBRAPA	Agronomia			X		
2.	Etileno e Maturação de Frutos – UEPG	UEPG	Agronomia		X			
3.	Nanociência e Nanotecnologia no Agronegócio - EMBRAPA	EMBRAPA	Agronomia		X			X
4.	Pós-colheita de hortícolas – Embrapa	EMBRAPA	Agronomia	X				
5.	ArqTeMa - Arquitetura, Tecnologia e Materiais - USP	USP	Arquitetura e Urbanismo		X		X	X
6.	Conhecimento e Aplicação de Bambus e X – CAB - UNB	UNB	Arquitetura e Urbanismo	X				
7.	NÚCLEO DE PESQUISAS APLICADAS A ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO CIVIL – IFF	IFF	Arquitetura e Urbanismo	X			X	X
8.	Base de Pesquisa em Tecnologia de Alimentos - UFRN	UFRN	Ciência e Tecnologia de Alimentos	X				
9.	Ciência e Tecnologia de Alimentos – IF-Catarinense	IF CATARINENSE	Ciência e Tecnologia de Alimentos		X			
10	Fibras alimentares – UEPG	UEPG	Ciência e Tecnologia de Alimentos	X	X			
11	Pesquisas em tecnologias e agroindústrias de amidos e raízes tropicais – UNESP	UNESP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	X				
12	Qualidade de carne – USP	USP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	X				
13	Reciclagem de Materiais – UNICAMP	UNICAMP	Ciência e Tecnologia de Alimentos	X				
14	Tecnologia de Leite e Derivados – ITAL	ITAL	Ciência e Tecnologia de Alimentos	X				
15	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM MATERIAIS AMAZÔNICOS – UEPA	UEPA	Desenho Industrial		X			
16	DESIGN E PROCESSOS – UNIVILLE	UNIVILLE	Desenho Industrial	X				X
17	Laboratório de Investigação em Living Design - PUC-Rio	PUC-RIO	Desenho Industrial	X	X			
18	Educando com Estilo – IFSC	IFSC	Educação	X				
19	RIAGRO - Grupo de Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agroindustriais – UFSC	RIAGRO	Engenharia Agrícola		X			
20	Construção Civil, Petróleo e Desenvolvimento Sustentável - IFRN	IFRN	Engenharia Civil	X			X	
21	Construções não convencionais – USP	USP	Engenharia Civil		X		X	
22	Desenvolvimento e adequação de materiais de construção sustentáveis -	CEFET/MG	Engenharia Civil		X		X	

	CEFET/MG							
23	MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA CONSTRUÇÃO E CONCRETOS ESPECIAIS - MACCE - UVA-CE	UVA – CE	Engenharia Civil	X				
24	Materiais e produtos com X (PROFIV) - UEFS	UEFS	Engenharia Civil		X		X	
25	Materiais e Tecnologias Não Convencionais - PUC-Rio	PUC-RIO	Engenharia Civil	X	X		X	
26	Materiais, Componentes e Sistemas construtivos – UFU	UFU	Engenharia Civil		X			
27	Propriedades de Elasticidade e de Resistência de Materiais Anisotrópicos – UNICAMP	UNICAMP	Engenharia Civil	X		X		
28	Caracterização e Propriedades Físicas dos Materiais - IFES	IFES	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
29	COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MATERIAIS - PUC-Rio	PUC-RIO	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	
30	X Lignocelulósicos – UNESP	UNESP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X		X	X	X
31	Embalagens poliméricas – UFRJ	UFRJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	
32	Grupo de Eletroquímica Aplicada - GEA - FURB	FURB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
33	Grupo de Materiais e Tecnologia – UNIFEI	UNIFEI	Engenharia de Materiais e Metalúrgica		X		X	X
34	Grupo de Materiais Poliméricos – UFPR	UFPR	Engenharia de Materiais e Metalúrgica		X	X	X	X
35	Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento e Processamento de Materiais – UFC	UFC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
36	Grupo de Pesquisa em Embalagens – UNISC	UNISC	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
37	Grupo de Pesquisa em Materiais e Metrologia - IFPI	IFPI	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
38	Grupo de Pesquisa em Processos de Fabricação e Materiais - SENAI/DR/BA	SENAI/BA	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X		X	X	X
39	MATERIAIS ALTERNATIVOS DO PAMPA - MAPA - UNIPAMPA	UNIPAMPA	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
40	Materiais Carbonosos e Meio Ambiente - UNIMEP	UNIMEP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	
41	Materiais Compósitos - PUC-Rio	PUC-RIO	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
42	Materiais compósitos – IFPB	IFPB	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X	X		X	X
43	Materiais Compósitos com Matriz Polimérica - UENF	UENF	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
44	Materiais Compósitos e Nanocompósitos – UFRGS	UFRGS	Engenharia de Materiais e Metalúrgica		X		X	X
45	Materiais e Desenvolvimento Sustentável – CNEN	CNEN	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X	X		X	
46	Materiais e Processos de Fabricação – UFCG	UFCG	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	
47	Materiais e Tecnologias – UEA	UEA	Engenharia de	X				X

			Materiais e Metalúrgica					
48	Materiais para aplicações avançadas – USP	USP	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X			X	X
49	Materiais poliméricos – ULBRA	ULBRA	Engenharia de Materiais e Metalúrgica		X		X	X
50	Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio - EMBRAPA	EMBRAPA	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X	X		X	X
51	Polímeros a partir de Recursos Renováveis - UENF	UENF	Engenharia de Materiais e Metalúrgica		X		X	X
52	Produtos naturais em polímeros – UFRJ	UFRJ	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X				X
53	Tecnologia de Materiais Compósitos Avançados - IFPE	IFPE	Engenharia de Materiais e Metalúrgica	X	X		X	X
54	Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia - GIPE - UTFPR	UTFPR	Engenharia de Produção		X			
55	Reciclagem de Materiais, Reaproveitamento de Resíduos e Produção Mais Limpa – UFSCAR	UFSCAR	Engenharia de Produção		X			X
56	Grupo de Fadiga e Materiais Aeronáuticos - UNESP	UNESP	Engenharia Mecânica	X	X	X	X	X
57	Grupo de Fadiga, Fratura e Materiais – UNB	UNB	Engenharia Mecânica	X			X	X
58	Caracterização de Materiais – UFRJ	UFRJ	Engenharia Química		X		X	
59	X Poliméricos com X – UFRJ	UFRJ	Engenharia Química	X			X	X
60	Desenvolvimento e Caracterização de Novos Materiais – USP	USP	Engenharia Química		X		X	X
61	Engenharia Bioquímica – UEFS	UEFS	Engenharia Química			X		
62	Engenharia de Produtos Naturais- GEPRON - UFPA	UFPA	Engenharia Química	X	X			
63	Fibras têxteis vegetais nativas: prospecção, caracterização físico-química, beneficiamento enzimático e propostas de aplicação - USP	USP	Engenharia Química		X			
64	Laboratório de Pesquisa de Têxteis Técnicos - USP	USP	Engenharia Química		X			
65	Materiais poliméricos – UNIVILLE	UNIVILLE	Engenharia Química		X		X	X
66	Materiais poliméricos complexos multicomponentes e/ou multifásicos – UERJ	UERJ	Engenharia Química	X				X
67	Processos e Tecnologia de Polímeros - UFRRJ	UFRRJ	Engenharia Química	X	X		X	X
68	Tecnologia de Materiais Poliméricos – UFRJ	UFRJ	Engenharia Química	X			X	X
69	Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais gerados na região Nordeste do Brasil – UEFS	UEFS	Farmácia			X		
70	GPMAgro - Grupo de Pesquisas em Materiais Agroindustriais – UNESPAR	UNESPAR	Física	X				X
71	GRUPO DE POLIMEROS – UNESP	UNESP	Física	X			X	X
72	NOVOS MATERIAIS – UFMT	UFMT	Física	X	X		X	X
73	Genética Toxicológica – UEL	UEL	Genética	X				
74	Grupo de Estudos em Matemática Aplicada-GREMAP - UNISAL	UNISAL	Matemática	X				X
75	MORFOMETRIA DOS SISTEMAS ORGÂNICOS - UFPE	UFPE	Morfologia		X			
76	Bioenergia e meio ambiente – UESC	UESC	Química	X	X		X	X
77	Biotechnologia e materiais baseados em Polissacarídeos (BioPol) - UFPR	UFPR	Química	X				X
78	Caracterização de solos agrícolas – IFRN	IFRN	Química	X				

79	Grupo de Pesquisa em Físico Química Aplicada - UNICAMP	UNICAMP	Química	X		X	X	
80	Grupo de Pesquisa em Química de Materiais - UFSJ	UFSJ	Química	X			X	X
81	Laboratório de Materiais e Combustíveis - UNB	UNB	Química		X			X
82	Laboratório de Polímeros Condutores e Reciclagem - UNICAMP	UNICAMP	Química		X			X
83	LABORATÓRIO DE PRODUTOS E TECNOLOGIA EM PROCESSOS - LPT – UFC	UFC	Química	X	X			
84	Materiais – UFMG	UFMG	Química		X		X	X
85	Materiais Macromoleculares e Fibras Lignocelulósicas - USP	USP	Química			X	X	X
86	Materiais Poliméricos Multicomponentes – UFMG	UFMG	Química		X		X	X
87	Polímeros e Petróleo – UFBA	UFBA	Química	X			X	X
88	Ciência e Tecnologia da Madeira – UFLA	UFLA	Recursos Florestais e Engenharia Florestal	X	X		X	X
89	Engenharia e Tecnologia de Produtos Florestais - UNB	UNB	Recursos Florestais e Engenharia Florestal		X			
90	Madeira & Derivados – UNB	UNB	Recursos Florestais e Engenharia Florestal		X			
91	Núcleo de Tecnologia das Madeiras e das Fibras – UFMA	UFMA	Recursos Florestais e Engenharia Florestal		X		X	
92	Produtos florestais: tecnologia e uso – UNESP	UNESP	Recursos Florestais e Engenharia Florestal	X			X	
93	Rede Bambu – UEG	UEG	Recursos Florestais e Engenharia Florestal		X			
94	TECNOLOGIA DE CELULOSE, BIOREFINARIA E PRODUTOS FLORESTAIS – USP	USP	Recursos Florestais e Engenharia Florestal	X				
95	Tecnologia de Celulose e Papel – UFV	UFV	Recursos Florestais e Engenharia Florestal	X				
96	Bromatologia – UFSM	UFSM	Zootecnia	X				

Fonte: Elaborado a partir do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq. Disponível em <
<http://dgp.cnpq.br/buscaoperacional/>>, Acesso em setembro de 2011