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

GUILHERME HODAS ARAGÃO

Estudo comparativo das características das malhas fabricadas com
fibras de viscose e de viscose de bambu.

São Paulo
2015

GUILHERME HODAS ARAGÃO

Estudo comparativo das características das malhas fabricadas com
fibras de viscose e de viscose de bambu.

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, linha de pesquisa Materiais e Processos Têxteis, na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em dia 13/12/2013. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de concentração: Têxtil e Moda

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Regina Aparecida Sanches

São Paulo
2015

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

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

Aragão, Guilherme Hodas

Estudo comparativo das características das malhas fabricadas com fibras de viscose e de viscose de bambu / Guilherme Hodas Aragão ; orientadora, Regina Aparecida Sanches. – São Paulo, 2015
112 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, em 2013

Versão corrigida

1. Indústria têxtil - Aspectos ambientais. 2. Tecnologia têxtil. 3. Fibras têxteis. 4. Sustentabilidade. 5. Bambu. I. Sanches, Regina Aparecida, orient. II. Título.

CDD 22.ed. – 677

Nome: ARAGÃO, Guilherme Hoda

Título: Estudo comparativo das características das malhas fabricadas com fibras de viscose e de viscose de bambu.

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Têxtil e Moda

Aprovado em: _13/12/2013_____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____	Instituição: _____
Julgamento: _____	Assinatura: _____

Prof. Dr. _____	Instituição: _____
Julgamento: _____	Assinatura: _____

Prof. Dr. _____	Instituição: _____
Julgamento: _____	Assinatura: _____

Dedico esse trabalho ao meu pai Guilherme Aragão Sanchez “in memorian”, minha mãe, minha irmã, minha esposa e meus filhos.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer à minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Regina Aparecida Sanches, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho, a sua ajuda e orientação.

À Prof^a. Dr^a. Júlia Baruque Ramos, pela assistência, apoio e incentivo, e, aos docentes e colaboradores da EACH-USP, pela participação nesse meu processo de estudo.

Ao Centro Universitário da FEI, pelo uso de suas instalações, especificamente os laboratórios de malharia.

Agradeço também a empresa Bellacor Tinturaria Industrial, representada pelo Sr. João, proprietário, por disponibilizar todo seu complexo industrial para a realização dos tingimentos e ensaios nas amostras. À Marles Indústria Têxtil, que doou parte dos fios utilizados para o desenvolvimento das amostras, representada pelo Sr. “João Francês”, ícone no segmento têxtil e desenvolvimento de produtos, que me orientou e aconselhou em fases do trabalho e a Itema Indústria de tecidos e malhas, representada pelos Srs. Ricardo, Carlito e Fábio, pela doação também de fios.

Quero ainda agradecer ao Sr. Wadhi, Sr. Geraldo (in memoriam) e a Sra. Daicy pelo apoio e encaminhamento para o segmento têxtil e confecção no início de minha vida profissional.

E quando você achar que tudo acabou; comece tudo outra vez!

RESUMO

ARAGÃO, G. H. **Estudo comparativo das características das malhas fabricadas com fibras de viscose e de viscose de bambu.** 2013. 112 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

A preocupação mundial em relação aos impactos ambientais e seus reflexos positivos ou negativos na natureza têm mobilizado diversos setores da indústria. O processo de fabricação da viscose quando não controlado é altamente poluidor, causando impactos ao meio ambiente. Portanto, a escolha da sua matéria-prima pode amenizar esses problemas. O objetivo deste trabalho é analisar comparativamente os tecidos de malha fabricados com fibras de viscose convencional – eucalipto e outras - com fibras de viscose obtidas a partir do bambu. Para a análise foram escolhidas as seguintes matérias-primas: fios 100% viscose convencional (fiação de anéis e jato de ar) e fios 100% viscose de bambu (fiação de anéis) e fabricadas malhas com gramaturas médias estatisticamente iguais. Os tecidos foram beneficiados e realizados os ensaios de gramatura, tendência à formação de *pilling* e resistência à solidez à água. Os resultados experimentais mostraram que não existem diferenças significativas entre as características estudadas.

Palavras-chave: viscose; bambu; sustentabilidade.

ABSTRACT

ARAGÃO, G. H. Comparative study of the characteristics of the meshes made of viscose fiber and bamboo viscose. 2013. 112 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The global concern regarding the environmental impacts has assembled several industry sectors. This study has as a goal to analyze relatively two types of mesh fabrics: viscose, which can be produced through cellulose regeneration obtained by bamboo or from other trees or plants, and thus, it can be chosen one or the other within a sustainable development context. This manufacturing process of viscose is highly pollutant, provoking negative impacts to the environment. Therefore, the choice of raw material might reduce these issues relating to sustainability. This comparison also has an objective to open a space for discussions regarding to sustainability concept in textile sector, which many studies are limited to analyze the results comparing materials only, not considering the process as a whole, from the choice of raw material, obtention, cultivation, transformation, to the final product, including the lifecycle, the durability and disposal of a fashion product. The experimental results showed that no significant differences between the characteristics studied.

Keywords: Viscose, Bamboo, Sustainability.

LISTA DAS SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAFAS	Associação Brasileira de Produtores de Fibras Artificiais e Sintéticas
ANOVA	Analysis of variance (análise de variância)
ASTM	American Society for Testing and Materials
CILAN	Centro de Formação Profissional para a Indústria de Lanifícios
EEOB	Departamento de Ecologia, Evolução e Biologia Organismal
ESMOD	Universidade Internacional de Moda de Berlim
IBD	Associação de Certificação Instituto Biodinâmico
ICSID	Internacional Council of Societies of Industrial Design
IEMI	Instituto de Estudos de Marketing Industrial
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Polietileno Tereftalato
PLA	Ácido Polilático
TNS	Instituto Britânico Taylor Nelson Sofres
UNCTAD	United National Conference on Trade and Development (Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento)

LISTA DAS TABELAS

Tabela 2.1 Porcentagem de consumo de tecidos referenciados por sua composição de fibras sustentáveis em nível mundial em 2008.....	40
Tabela 2.2 Propriedades das fibras.....	48
Tabela 2.3 Tabela comparativa das propriedades da fibra de viscose tradicional e da fibra de viscose de bambu	57
Tabela 3.1 Resultados do ensaio de determinação da densidade linear.....	79
Tabela 3.2 Representação genérica de um planejamento aleatório por níveis, utilizando n réplicas.....	79
Tabela 3.3 Resumo da tabela ANOVA para análise dos resultados	81
Tabela 3.4 Resumo da tabela ANOVA para testar a hipótese H_0 dos valores de densidade linear dos fios 100% viscose (fiação de anéis), 100% viscose (fiação jato de ar) e 100% viscose de bambu (fiação de anéis).....	85
Tabela 3.5 Resultados do ensaio de determinação da gramatura do tecido cru.....	87
Tabela 3.6 Resumo da tabela ANOVA para testar a hipótese H_0 dos valores de gramatura (tecido cru) fabricadas com os fios: 100% viscose (fiação de anéis), 100% viscose (fiação jato de ar) e 100% viscose de bambu (fiação de anéis)	87
Tabela 3.7 Resultados do ensaio de determinação da gramatura do tecido tinto	95
Tabela 3.8 Resumo da tabela ANOVA para testar a hipótese H_0 dos valores de gramatura (tecido tinto) fabricadas com os fios: 100% viscose (fiação de anéis), 100% viscose (fiação jato de ar) e 100% viscose de bambu (fiação de anéis)	96

LISTA DAS FIGURAS

Figura 2.1 Cadeia Têxtil..	28
Figura 2.2 Gráfico do consumo mundial de fibras têxteis de 1950 a 2006.....	32
Figura 2.3 Gráfico do comércio internacional de têxteis e vestuário de 1990 a 2006.	32
Figura 2.4 Classificação das fibras têxteis	45
Figura 2.5 Produção da viscose. (a): Diagrama geral; (b): Diagrama a partir da fase de coagulação até bobinagem do filamento.....	47
Figura 2.6 Passagem da viscose por Fieiras.....	47
Figura 2.7 Fotomicrografias da celulose regenerada com substrato na vista longitudinal ampliada em 500 vezes (a) e na secção transversal ampliada em 2.200 vezes (b).....	48
Figura 2.8 Bambu. (a) <i>Bambusa oldhamii</i> (b) Distribuição geográfica dos bambus lenhosos no mundo.....	49
Figura 2.9 Planta do Bambu (a) Estrutura; (b).....	52
Figura 2.10 Fibra de bambu. (a) natural; (b) fibra de viscose de bambu.....	54
Figura 2.11 Microscopia das fibras de bambu (500 vezes). (a) e (c) Seção transversal da fibra natural de bambu e da fibra de viscose, respectivamente; (b) e (d) Seção longitudinal da fibra natural de bambu e da fibra de viscose, respectivamente.....	55
Figura 2.12 Método físico de obtenção de fibra de bambu. (a) bambu; (b) cozimento; (c) decomposição por esmagamento; (d) refino; (e) penteagem e fiação.	56
Figura 2.13 Método físico-químico de obtenção de fibra de bambu. (a) bambu; (b) cozimento, esmagamento e decomposição; (c) fibrilação do bambu; (d) refino e degomagem; (e) lavagem; (f) fibra natural do bambu; (g) secagem.....	56
Figura 3.1 Estrutura do Tecido Plano.....	61
Figura 3.2 Estrutura do Tecido Nãotecido.....	62
Figura 3.3 Componentes de um ponto.....	62
Figura 3.4 Produção de tecido de malha em tricô feito em circuito fechado.	63
Figura 3.5 Malha de trama (a), Malha de urdume (b).....	65
Figura 3.6 Tear circular.	66
Figura 3.7 Cama de agulhas de um tear circular (malha em forma de tubo).	66
Figura 3.8 Tear de malha retilínea.	67

Figura 3.9 Jersey –meia malha – (a); Rib – canelado – (b); Ponto reverso (c).	67
Figura 3.10 Lado do avesso (a) e Lado direito da malha (b).....	68
Figura 3.11 Partes de uma agulha.	69
Figura 3.12 Gancho e Haste aparecem em branco e o elemento acionador de abertura e fechamento mostrado em cinza.	69
Figura 3.13 Movimento alternativo para converter o fio em uma série de pontos de malha.	70
Figura 3.14 Formação da malha em um tear circular.	71
Figura 3.15 Frontura.....	72
Figura 3.16 Dupla frontura.....	72
Figura 3.17 Estrutura de máquina circular.	74
Figura 3.18 Cilindro de máquina circular.	74
Figura 3.19 Duplo cilindro de máquina circular.....	75
Figura 4.1 Distribuição de referência.....	83
Figura 4.2 Representação gráfica da distribuição de referência (Distr. F)	84
Figura 4.3 Amostra nº 1 malha de viscose convencional (fiação de anéis), nº 2 malha de viscose convencional (fiação jato de ar), nº 3 malha de viscose de bambu (fiação de anéis).....	88
Figura 4.4 Pesagem das malhas (a); Pesagem de produtos para o processo de purga (b).....	89
Figura 4.5 Aquecimento da solução e introdução das amostras (a); Início do processo de purga (b); Acompanhamento do processo (c).....	89
Figura 4.6 Pesagem dos corantes.....	91
Figura 4.7 Introdução do corante (a e b); Diluição e mistura em água (c); Verificação da temperatura ideal para o processo (d).	92
Figura 4.8 Introdução das amostras para iniciar tingimento (a); Processo de tingimento (b e c); Verificação da cor (d); Secagem das amostras (e).....	93
Figura 4.9 Verificação da temperatura ideal (a); Acompanhamento do processo de tingimento (b, c); Verificação da cor (d); Amostras após tingimento (e); Secagem das amostras (f).	94
Figura 4.10 Corpos de prova após teste <i>Pilling</i>	98
Figura 4.11 Tecido testemunha após teste de solidez	99

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO.....	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 PROBLEMA	17
1.4 HIPÓTESE	18
1.5 METODOLOGIA.....	18
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DOS TÊXTEIS	20
2.2 SUSTENTABILIDADE NO SETOR TÊXTIL	23
2.2.1 Conceituação de sustentabilidade	23
2.2.2 Agricultura sustentável e o meio ambiente	26
2.2.3 A Cadeia têxtil e a responsabilidade socioambiental	26
2.2.4 Mercado, consumo e sustentabilidade no setor têxtil	30
2.2.5 Movimento verde no setor têxtil	33
2.2.6 O papel do <i>design</i> e do <i>designer</i> em relação à sustentabilidade	35
2.2.7 Materiais sustentáveis	37
2.3 FIBRAS TÊXTEIS DE VISCOSE E DE VISCOSE DE BAMBU	42
2.3.1 As fibras têxteis.....	42
2.3.2 As fibras de origem Química: sintéticas e artificiais	45
2.3.3 A Fibra de viscose.....	46
2.3.4 Bambu e fibra de viscose de bambu	49
2.3.5 Fibra de bambu.....	53
PROCESSOS DE FABRICAÇÃO.....	59
3.1 TECNOLOGIA DA FIAÇÃO.....	59
3.1.1 Características dos fios.....	59
3.2 TECNOLOGIA DOS TECIDOS.....	61
3.2.1 Malharia.....	63
3.2.2 Elementos formadores do tecido de malha	69
MATERIAIS E MÉTODOS	76
4.1 MATERIAIS.....	76
4.1.1 Matérias-primas.....	76
4.1.2 Recursos da malharia	76
4.1.3 Produtos para o beneficiamento têxtil	76
4.1.4 Recursos do laboratório de tingimento	77
4.1.5 Recursos do laboratório de controle de qualidade.....	77

4.2 MÉTODOS	78
4.2.1 Determinação da densidade linear dos fios	78
4.2.2 Comparação de várias médias.....	79
4.2.3 Teste de hipóteses	80
4.2.4 Análise de variância (ANOVA)	80
4.2.5 Comparação das médias individuais dos tratamentos.....	83
4.2.6 Análise dos resultados	84
4.2.7 Fabricação das malhas – tecido cru.....	86
4.2.8 Análise dos resultados	87
4.2.9 Métodos - beneficiamento	88
4.2.10 Análise dos resultados	95
4.3 TESTE PILLING	97
4.3.1 Norma de referência.....	97
4.3.2 Equipamentos e materiais.....	97
4.3.3 Corpos de prova.....	97
4.3.4 Considerações.....	97
4.3.5 Resultados experimentais.....	98
4.3.6 Análise e discussão dos resultados.....	98
4.4 TESTE DE SOLIDEZ.....	98
4.4.1 Norma de referência.....	98
4.4.2 Equipamentos e materiais.....	98
4.4.3 Corpos de prova.....	99
4.4.4 Considerações.....	99
4.4.5 Resultados experimentais.....	99
4.4.6 Análise e discussão dos resultados.....	99
CONCLUSÃO	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a qualidade ambiental tem resultado em sérios questionamentos por parte dos diversos setores da atividade humana, principalmente quanto aos produtos finais que podem provocar impactos negativos diretos nos recursos da natureza pondo em risco o equilíbrio dos ecossistemas. Dentre esses setores destaca-se o processo fabril da Indústria Têxtil e do Vestuário que, desde tempos muito remotos, concentra uma das atividades econômicas mais importantes da história da humanidade, haja vista a sua contribuição para o progresso e evolução das civilizações no que diz respeito às inúmeras utilidades do tecido e a enorme gama de confecções dele resultantes.

A produção têxtil e de vestuário, vale esclarecer, requer a canalização de grandes recursos, pois para que a indústria se mantenha ativa, é essencial reduzir custos, ganhar produtividade, apostar em novas tecnologias, qualidade e *design*. Porém, nem sempre esses fatores estão associados à preservação do meio ambiente. Por esse motivo, a preocupação com questões ambientais tem se tornado um elemento relevante para o desenvolvimento sustentável e economicamente viável do processo de concepção de artigos têxteis.

Nessa perspectiva, a revisão bibliográfica deu ênfase ao tema da sustentabilidade dos recursos naturais no setor têxtil, uma vez que a indústria têxtil e do vestuário tem sido responsável por impactos ambientais significativos ao longo de sua existência, atuação e desenvolvimento. Pretende-se, assim apresentar uma discussão em que a questão central é ampliar o conhecimento do tema ambiental, para que aspectos da cadeia da produção têxtil e o consumo dos produtos que dela nascem possam ser discutidos sob a óptica da sustentabilidade daquilo que a natureza produz e oferecer sugestões que levem a eliminar ou reduzir os impactos ambientais inerentes ao processo. Por evidente, não se trata, então, de simplesmente discutir e apontar qual é a melhor fibra têxtil.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é comparar os tecidos de malhas de fibra de viscose convencional com fibra de viscose de bambu, produzidos com gramaturas

médias estatisticamente iguais e beneficiados em banho único, para garantir as mesmas condições de acabamento para os tecidos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em relação aos impactos no meio ambiente, a realidade tem demonstrado que os processos produtivos inerentes à indústria têxtil – confecção e vestuário – dependem de recursos como fontes das matérias-primas. Envolvem também um significativo potencial poluidor no que diz respeito à geração de resíduos líquidos e sólidos com repercussão no seu produto final quando, num determinado momento transformado em lixo pelo consumidor

Por outro lado a competitividade do setor de confecções é determinada pela capacidade de compreender e reagir às necessidades dos seus clientes. Pode-se, dessa maneira, afirmar que a indústria têxtil deve estar preparada para responder ao fenômeno da moda, que obriga a uma enorme versatilidade de produtos e processos. O ideal será, pois, responder a esse fenômeno e, ao mesmo tempo estar atento à crescente e necessária preocupação ecológica.

As fibras de viscose são fabricadas por meio de processo muito complexo envolvendo mais de cento e vinte variáveis independentes. A viscose de bambu é uma fibra química (regenerada), obtida a partir da celulose dessa planta, é considerada, em termos ambientais, uma fibra sustentável por ser produzida a partir de uma matéria-prima renovável, de rápido crescimento e cultivada sem o uso de pesticidas ou produtos químicos. Por ser uma fibra celulósica, pode ser 100% degradada no solo por micro-organismos e luz solar, sem causar riscos ou danos ao meio ambiente.

Por conseguinte e na perspectiva do desenvolvimento sustentável, o presente trabalho de investigação compara, através de ferramentas estatísticas, as características das malhas produzidas a partir de fibras de viscose e de viscose de bambu.

1.3 PROBLEMA

Uma vez que a escolha da matéria-prima é determinante no aspecto sustentável em um processo de desenvolvimento de produtos, que neste estudo

específico foi tecido de malha.

1.4 HIPÓTESE

A hipótese deste trabalho parte da ideia de que matérias-primas diferentes como a fibra de viscose obtida da polpa do bambu e a viscose convencional não apresentem diferenças significativas quando transformadas por um mesmo processo em um produto, no caso, a malha de viscose.

1.5 METODOLOGIA

Visando alcançar os objetivos desse trabalho – comparar dois tipos de viscose - os corpos de prova originados da viscose de bambu e viscose convencional foram desenvolvidos em um mesmo ambiente, utilizando os mesmos recursos, tendo as mesmas titulagens e gramaturas, porém com fios fabricados por diferentes processos (anel e jato de ar), pois esses fatores são determinantes para o estudo comparativo.

Para a fabricação das amostras das malhas foram utilizados os laboratórios do Centro Universitário da FEI – Faculdade de Engenharia Industrial de São Bernardo do Campo. Em seguida, essas amostras passaram por processo de tingimento específico para viscose em uma empresa especializada nesse serviço. Depois de tingidas, as amostras foram encaminhadas para a Escola Francisco Matarazzo (SENAI – São Paulo) onde foram feitos os testes relativos à:

1. **Determinação da solidez da cor à água**

Norma: NBR 10315

Referência: ISO 105-E01

2. **Determinação da resistência ao pelotamento (*pilling*)**

Norma: ASTM-D-4970 Método Martindale

JIS 1076A Método ICI

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi construído em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Processos de Fabricação, Materiais e Métodos e Conclusão.

Capítulo 1 – Introdução: delinea um panorama geral do estudo, apresentando

objetivo, justificativa, problema, hipóteses, metodologia e organização do trabalho.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: apresenta os Aspectos Históricos dos têxteis, Sustentabilidade no setor têxtil e as Fibras Têxteis de Viscose convencional e Viscose de Bambu.

Capítulo 3 - Processos de Fabricação: descreve as fases da fabricação dos fios e malhas.

Capítulo 4 - Materiais e Métodos: mostram os materiais, os métodos e os equipamentos utilizados na fabricação e no tingimento dos corpos de prova.

Capítulo 5 – Conclusão: apresenta a análise que foi feita com os resultados finais comparados com as hipóteses e possíveis resultados descritos na introdução.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DOS TÊXTEIS

Segundo Nery (2009), as primeiras manifestações culturais importantes do homem foram a gravura, pintura e escultura onde através delas eram expressados os pensamentos, representados na forma de símbolos na pré-história. As mais antigas pinturas têm seu suposto surgimento na Idade da Pedra Lascada, o período Paleolítico (2,5 milhões a.c.), em cavernas e, já na Era Glacial (há 60 milhões de anos), os homens cobriam seus corpos com peles de animais, de modo a se protegerem das baixas temperaturas.

Para Embacher (1999), muitas discussões são travadas entre antropólogos sobre os reais motivos que levaram o homem a adotar o uso das roupas. Todos, porém são unânimes em afirmar que as roupas servem para atender três finalidades principais: proteção, pudor e adorno. Atribuir o uso das roupas ao clima parece coerente, quando nos referimos aos habitantes das regiões frias. Todavia, por esse mesmo motivo, não se pode afirmar que habitantes de regiões tropicais tiveram a mesma necessidade de proteção. Esse raciocínio desfaz a hipótese de o uso das roupas estar atrelado a fatores climáticos. Em relação ao pudor, há ideias de que o homem se vestia para esconder suas partes pudendas, e não para se defender das intempéries. Entretanto, de acordo com esse mesmo autor, em um consenso geral, o adorno seria o motivo mais forte para o uso das roupas, uma espécie de complemento aos enfeites usados.

De acordo com Feghali (2004), a história da moda, - independentemente das discussões dos antropólogos - está inserida no próprio desenvolvimento da humanidade e, por consequência, na evolução e na mudança de costumes. Pelos estudos feitos na área do vestuário, a indústria têxtil pode ter sido iniciada no Período Neolítico (10.000 a 5.000 a.C). Nessa época, as peles dos animais usadas inicialmente pelos homens sobre os ombros impediam seus movimentos; daí a necessidade e a busca por novas formas, diferentes materiais e mais conforto para a vestimenta, o que fez surgir a experimentação dos vários elementos e, com isso, a utilização das fibras para a construção das roupas. Em seus estudos, Laver (1989), registra: “Os animais foram os mais afortunados, e o homem primitivo logo percebeu que podia caçá-los e abatê-los não só pela carne, mas também por suas peles”. No

entanto, esse uso das peles para cobrir seu corpo apresentava dois problemas: a pele de um animal colocada sobre os ombros restringia seus movimentos, e ainda deixava partes do corpo descobertas. Então, a fim de dar maior maciez a essas peles, várias maneiras foram criadas, como, por exemplo, a aplicação de óleos e gorduras de animais marinhos para o tratamento, tornando-as mais maleáveis. Enquanto isso, povos que viviam em regiões de climas mais temperados começaram a utilizar as fibras de animais e vegetais.

Desse modo, desde o início da civilização humana, a indústria têxtil, através da obtenção de fibras e posterior fiação e tecelagem, passou a ser uma atividade econômica de grande importância, fazendo parte do desenvolvimento econômico e social dos povos. Como já citado, o homem, em princípio, utilizava as fibras com o objetivo de atender suas necessidades básicas de proteção, pudor e/ou estética; mas no dizer de Filgueiras (2008), com o passar do tempo sua utilização ultrapassou essas funções iniciais.

Em paralelo ao surgimento da tecelagem, na Ásia Central, os mongóis desenvolveram um processo que deu origem à feltragem, quando as fibras dos animais eram penteadas, molhadas e colocadas em camadas sobre uma esteira e, em seguida, enrolava-se com força e, com uma, vara batia-se nestas fibras, provocando sua compactação. Através desse processo rudimentar obteve-se o feltro, um material quente, maleável, durável e com possibilidade de ser cortado e costurado com agulhas feitas de marfim de mamute e presas de leão-marinho (LAVIER 1989).

De acordo com Chataignier (2006), a cronologia das mais antigas fibras têxteis destaca:

- a) linho – cerca de 10.000 a.C. (habitantes primitivos de regiões lacustres) – Mesopotâmia e Egito;
- b) lã – cerca de 7.000 a.C. – povos da Mesopotâmia;
- c) algodão – cerca de 3.000 a.C. – Paquistão e Índia; e
- d) seda – cerca de 2.700 a.C. – China.

São também consideradas muito antigas as fibras naturais de cânhamo, o junco, a palmeira de diversas espécies e o papiro. Já no começo do século XX, as fibras químicas artificiais surgem como alternativa criada pelo homem para atender a demanda da indústria que antes usava apenas as fibras encontradas na natureza. O

objetivo inicial foi imitar e melhorar as qualidades existentes nas naturais. Entretanto, com o passar dos anos, tornaram-se uma necessidade devido ao aumento populacional e ao seu baixo custo, como relata Pita (1.996) em seus estudos sobre fibras têxteis.

O desenvolvimento das fibras artificiais, segundo Ribeiro (1984), ocorreu sem nenhum conhecimento sobre a estrutura da própria celulose e apresentou-se em quatro fases distintas. A primeira aconteceu nos primórdios do século XX, com a descoberta e o lançamento das fibras artificiais celulósicas no mercado, através da fabricação da viscose. Apesar das limitações, as fibras de viscose foram bem aceitas pela indústria têxtil e pelo consumidor final, trazendo importantes resultados econômicos. Viscose – derivado da palavra latina *viscum* que significa seiva, visco. Daí o adjetivo viscoso, de onde surgiu o vocábulo viscose – a fibra de viscose segundo Aguiar-Neto (1996), foi descoberta em 1891 por C.F. Cross, E.J. Bevan e Beadle, e patenteada em 1892. Porém, a sua produção somente foi iniciada em 1905 em Coventry.

Na segunda fase, conforme Ribeiro (1984), mais estudos e pesquisas foram realizados, principalmente no que se referia às cadeias moleculares e estrutura das fibras. Naquela época, muito se discutiu sobre o conceito de celulose em relação à sua cadeia molecular; isso porque se questionava o conceito de que a celulose possuía uma cadeia molecular e que as moléculas pudessem manter-se unidas e dar origem às fibras. Ainda de acordo com esse mesmo autor, a partir do momento em que as fibras passaram a serem definidas como polímeros, estudos foram feitos para a construção de cadeias moleculares. Através da síntese das poliamidas, com o desenvolvimento de fibras da caprolactama - que é um derivado de petróleo- surgiu à possibilidade de se produzir fibras inteiramente sintéticas.

A terceira fase foi iniciada na década de 1940, ocasião em que surgem os náilons, os poliésteres, os poliacrílicos e os poliolefínicos.

A quarta fase é caracterizada pelo aperfeiçoamento das técnicas de fabricação das fibras, que influenciou diversos setores, a exemplo da engenharia, artes, e os da indústria no desenvolvimento de novos produtos.

Nessa evolução de produção de novas fibras, a partir do final do século XX, são oferecidos no mercado mundial artigos têxteis fabricados de viscose de fibra de bambu. A celulose a partir do bambu é adequada para produzir raion viscose, sendo esse processo vantajoso, sob o ponto de vista ambiental, com relação a obtenção de

celulose a partir de polpa de madeira. Bambu pode ser cultivado em terras marginais inadequadas para silvicultura e possui ciclo de crescimento mais curto do que árvores produtoras de madeira. Ainda, a celulose de bambu pode ser empregada no processo viscoso tradicional ou em processo similar à produção de liocel, na qual os solventes utilizados são processados em circuito fechado (WIKIPEDIA, 2012a).

2.2 SUSTENTABILIDADE NO SETOR TÊXTIL

2.2.1 Conceituação de sustentabilidade

Nos dias atuais o termo sustentabilidade é mundialmente conhecido e cada vez mais utilizado. Mesmo assim, entretanto, não existe um consenso quanto ao seu real significado. Keeney (1.990), por exemplo, relata que sustentabilidade tem diferentes significados entendidos por diferentes pessoas. A palavra tem sua origem no latim: *sus-tenere*, que significa suportar ou manter (EHLERS, 1996). O conceito de sustentabilidade aplicado à manutenção dos recursos naturais e à capacidade de suporte do planeta terra – portanto numa relação de vida com o futuro da Humanidade - foi usado pela primeira vez em 1972, no livro *Blueprint for Survival* (KIDD, 1992). No final da década de 70, o termo incorporou dimensões econômicas e sociais, passando a ser globalmente utilizado dessa maneira com a expressão “desenvolvimento sustentável” (EHLERS, 1996).

Nessa trajetória histórica cumpre registrar a Agenda 21, documento final da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizado no Rio de Janeiro em junho de 1.992; a Eco- 92. Esse documento cita inúmeras vezes a expressão desenvolvimento sustentável, uma referência ao conceito de sustentabilidade.

A nossa realidade se vê diante do seguinte quadro: o aumento de consumo, a crescente exploração dos recursos naturais, devido ao crescimento populacional e da larga escala de industrialização, gera a necessidade de medidas de proteção ao meio ambiente e mudança de paradigmas do desenvolvimento econômico e de comportamentos pessoais e coletivos. Com relação aos problemas ambientais, por conseguinte, vários setores da indústria têm realizado estudos com o objetivo de eliminá-los ou diminuí-los. O setor têxtil, por exemplo, considerado um dos mais poluidores, mobiliza-se também nessa direção. Compreende-se, pois, com clareza que a questão ambiental torna-se uma variável importante no processo de tomada

de decisões empresariais, decisões que levam em conta as pressões legais, sociais e mercadológicas, como ensinam Andrade, Tachizawa e Carvalho (2002) nos seus estudos sobre gestão ambiental.

Novos termos como: ecomoda, moda verde, ecoconsciente, moda sustentável, são nomenclaturas que surgem para fazer referências à moda e roupas “amigas do meio ambiente”, ou seja, que foram produzidas sem causar o menor impacto ou até mesmo nenhum impacto ao meio ambiente. Isso significa que a produção de suas fibras não utiliza aditivos e substâncias químicas, nem pesticidas, agrotóxicos e que levam em conta, além do meio ambiente, a saúde dos consumidores e as condições de trabalho das pessoas da indústria da moda. Desse modo, ecomoda (*eco-fashion*) ou moda verde dizem respeito à produção sustentável das roupas em todos os processos, desde a matéria prima até o produto final, uma vez que, assim agindo, a indústria da moda protege a qualidade dos recursos da natureza e do meio ambiente. O conceito de moda sustentável vem conquistando espaço no mundo da moda pela influência que exerce em profissionais da área, formadores de opinião, mídia, compradores e o consumidor final (GUIMARÃES, 2009).

Ignacy Sachs é uma importante referência no que diz respeito aos conceitos de desenvolvimento sustentável.

Para Sachs (2004), a sustentabilidade da civilização humana vai depender da sua capacidade de se submeter aos preceitos de prudência ecológica e de fazer um bom uso da natureza. De acordo com esse pesquisador em obra anterior (SACHS, 1993), o conceito de sustentabilidade possui várias vertentes, como segue:

- a) Sustentabilidade ecológica – refere-se à base física do processo de crescimento e tem como objetivo manter os estoques dos recursos naturais, incorporados às atividades produtivas;
- b) Sustentabilidade ambiental – diz respeito à manutenção da capacidade de sustentação dos ecossistemas, o que implica a capacidade de absorver e de recompor os ecossistemas em face das agressões antrópicas;
- c) Sustentabilidade social – aplica-se ao desenvolvimento do ser humano e tem por objetivo a melhoria da qualidade de vida da população. Para o caso de países com problemas de desigualdade e de exclusão social, implica a adoção de políticas distributivas e a universalização de atendimento a questões como saúde, educação, habitação e seguridade

social;

- d) Sustentabilidade política – refere-se ao processo de construção da cidadania para garantir a incorporação plena dos indivíduos ao processo de desenvolvimento econômico e social;
- e) Sustentabilidade econômica – significa uma gestão eficiente dos recursos em geral e caracteriza-se pela regularidade de fluxos do investimento público e privado. Implica avaliar a eficiência por processos macro social.

Quanto à indústria da moda, Novaes, Ribas e Novaes (2000), avaliam que a consideração moda “sustentável” ou “verde” abrangem muito mais do que somente a escolha da matéria-prima utilizada; abrange ainda outras fases como:

- a) Materiais – tem uma crescente seleção de materiais, incluindo fibras e produtos biológicos certificados como algodão, lã, linho e mesmo o couro orgânico; fibras naturais altamente renováveis, exigindo pouco ou nenhum tratamento pesticida como o cânhamo e bambu;
- b) Transformação – muitos dos produtos químicos usados no processamento das fibras sintéticas são tóxicos e, muitas vezes, têm sistemas pouco eficazes de eliminação de resíduos. Os fabricantes devem reduzir e abrandar o impacto ambiental de transformação, tratamento, acabamento e tinturaria dos tecidos;
- c) Justiça Social – ética do trabalho é um componente crítico de vestuário sustentável e questão importante nas mentes dos consumidores. Os fabricantes em todo o mundo, especialmente aqueles que possuem uma etiqueta verde, deverão centrar-se em eliminar a exploração e as desigualdades em matéria de exploração do trabalhador e práticas trabalhistas e instituindo significativo valor do comércio justo;
- d) Embalagem e distribuição – ambas envolvem preocupações ambientais e de custos, devido aos gastos com transporte dos produtos acabados, promoção da produção nacional ou regional. A preocupação das empresas devem também incidir sobre a redução de resíduos das embalagens ou utilização de materiais reciclados e biodegradáveis para o acondicionamento;
- e) Projeto e ciclo de vida – em vez de uma obsolescência planejada, -ou seja, produtos de vida curta- os *designers* devem inovar e adotar estratégias de *design* com sustentabilidade em mente. No seu sentido mais abrangente o

design sustentável leva em conta maior duração de todo o ciclo de vida da peça; e

- f) Normas coerentes e significativas – a fim de conquistar e manter a confiança dos consumidores no mercado e também as exigências deles em termos ecológicos, é fundamental ter normas transparentes e baseadas em definições e diretrizes quanto às características ecológicas do produto.

2.2.2 Agricultura sustentável e o meio ambiente

Reijntjes *et al.* (1992) em seus estudos sobre agricultura do futuro, definem a agricultura sustentável como uma agricultura ecologicamente equilibrada, economicamente viável, socialmente justa, humana e adaptativa. De acordo com Lehman *et al.* (1993), agricultura sustentável consiste em processos agrícolas, que envolvam atividades biológicas de crescimento e reprodução com a intenção de produzir culturas, que não comprometam essa prática no futuro; inclui a exploração racional dos recursos naturais, essenciais para a agricultura.

A agricultura sustentável tem como base o atendimento das demandas básicas dos seres humanos, no momento presente e, principalmente, na perspectiva do futuro. Essas necessidades incluem: consumo (alimentos, água, combustível); proteção (roupas, abrigo); dignidade e liberdade (ALLEN, 1993). Sustentabilidade não pode ser considerada como uma questão puramente ambiental ou tecnológica. Na verdade, as causas da degradação do meio ambiente e a exaustão dos recursos naturais e humanos não estão apenas relacionadas com fatores ambientais e problemas tecnológicos; elas se devem ainda a fatores socioeconômicos e políticos que determinam, por exemplo, como e por que as pessoas utilizam os solos, os recursos naturais e as tecnologias. Isso implica dizer que, para que se tenha uma agricultura sustentável, é necessário efetuar mudanças não somente tecnológicas ou ecológicas; é fundamental que ocorram mudanças político-econômicas e sociais (THRUPP, 1993).

2.2.3 A Cadeia têxtil e a responsabilidade socioambiental

Em todo produto ou serviço há um processo, assim como todo processo produz um produto, ou oferece um serviço. Em termos de conceituação, segundo

Müller et al. (2003), processo é uma sequência de atividades pré-definidas executadas com a finalidade de alcançar determinado tipo ou conjunto de saídas. Um processo concentra o direcionamento da organização para satisfazer uma necessidade e apresenta um fluxo com *inputs* e *outputs* definidos, bem como uma sequência clara de outros processos pré-elaborados. Os *inputs* podem ser materiais, equipamentos e outros bens tangíveis, como também informações, conhecimento e processos com início e fim bem determinados (GONÇALVES, 2000).

Segundo Manzini e Vezzoli (2002), no desenvolvimento de um determinado produto é fundamental que seja feita a análise de seu ciclo de vida para determinar a escolha do material em vista do produto que será fabricado.

Nessa perspectiva, e de acordo com Rech (2006), a cadeia têxtil tem seu processo iniciado pela etapa de escolha da matéria-prima a ser transformada, a fim de que se torne produtos passíveis de serem consumidos. As etapas do processo produtivo relacionam-se entre si, cada uma com suas especificidades de modo a contribuir para com o desenvolvimento da etapa seguinte. Dessa maneira, conforme destaca o Instituto de Estudos e Marketing Industrial, (IEMI) a cadeia produtiva da moda divide-se em três grandes segmentos industriais, que guardam níveis muito distintos de escala: segmento fornecedor de fibras e filamentos químicos que, associado ao setor de fibras naturais (segmento agropecuário), produz matérias-primas básicas voltadas às indústrias do setor de manufaturados têxteis (fios, tecidos e malhas) e da confecção de bens acabados (vestuário, linha lar, etc) (IEMI, 2001).

Conforme a Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT), dentro do cenário econômico mundial, esses três segmentos que constituem o setor da indústria têxtil e vestuário é um dos mais importantes. No Brasil, é responsável por 14% do emprego da indústria de transformação, visto que emprega cerca de 30 mil trabalhadores, fato que eleva o país à condição de sexto maior produtor no mundo. Nesse ranking da ABIT, o Brasil destaca-se, ainda, como o segundo maior produtor mundial de índigo *denim*, o terceiro no setor de malhas, o quinto em confecção, o sétimo em fios e filamentos e o oitavo em tecidos. Esses dados deixam claro que a cadeia têxtil tem enorme importância dentro do processo produtivo brasileiro (ABIT, 2008).

De acordo com Rech (2006), a cadeia têxtil é composta das seguintes fases: (a) produção de matéria-prima, (b) fiação, (c) tecelagem, (d) acabamento, (e)

confeção, (f) mercado, conforme apresentado na Figura 2.1.

Figura 2.1 Cadeia Têxtil.
Fonte: Adaptado de Rech, 2006.

É importante observar, diz Rech (2006) que a Figura 2.1 mostra a cadeia produtiva têxtil de forma verticalizada, na qual não aparece uma série de operações que pertencem ao setor de serviços (editoras especializadas, eventos de moda, agências de publicidade, propaganda e comunicação, estúdios de *design* de moda) e outras funções corporativas (*marketing*, finanças, marcas, entre outras), que atuam transversalmente nela. Na primeira fase (A) da cadeia, temos a matéria-prima que dá origem às fibras e/ou filamentos, as quais, posteriormente, serão transformadas, que é a etapa de fiação (B). A fiação, através de processo físico-químico de extrusão, produz fibras artificiais ou químicas, ou por fiação de fibras oriundas de produção agrícola, as fibras (naturais vegetais), ou de produção pecuária (fibras naturais animais). Ou seja, fiação é a fase de produção de fios. A tecelagem (C) corresponde à fase de produção de tecidos, que podem ser fabricados por processos técnicos diferentes, tais como: tecelagem através de teares planos; de malharia com teares circulares e máquinas retilíneas; e de tecnologia de não tecidos. O acabamento (D), também conhecido como beneficiamento, compreende uma série de operações específicas, cujo objetivo reside em oferecer maior valor comercial ao produto. A confeção é responsável por todas as operações relacionadas com a peça pronta e engloba várias fases: criação, ficha técnica,

modelagem, risco, corte, costura e acabamento (revisão, passadoria, embalagem e armazenamento). Nesse sentido as empresas pertencentes a esse segmento da cadeia produtiva estão sempre em busca de aperfeiçoamento, com vistas ao aumento de produção para melhor atender o mercado. Nesse ramo, as novas tecnologias contribuem de forma direta para esse aumento de produção; em especial, a tecnologia da informática de processos tem melhorado não apenas a comunicação, como também a produção e qualidade dos produtos.

Segundo Cobra (2007), “[...] a globalização dos mercados na indústria da moda tem como principais protagonistas os estilistas, os *designers* e os varejistas”. Ele complementa, ainda, que “[...] é na tecnologia que o profissional de negócios da moda se apóia, buscando tornar obsoletos os produtos de hoje e estimular o consumo das inovações”. A globalização influenciou diretamente toda a cadeia produtiva, trazendo maior velocidade e produtividade com o aperfeiçoamento dos processos. As informações chegam no mesmo instante, nas mais diversas partes do mundo, aumentando, assim, a concorrência entre os setores do mercado.

O avanço tecnológico é fundamental para o desenvolvimento mundial, mas segundo Feenberg (1999), necessita de um acompanhamento e de adaptações para atender a questões relativas à exploração dos recursos naturais, pois não haverá desenvolvimento tecnológico e nem a indústria de transformação sem o ambiente natural.

Nesse cenário que compõe a cadeia produtiva com seus vários setores, é possível constatar que se vive uma crise ambiental relacionada com aumento do consumo e com a crescente exploração dos recursos naturais. Tal crise gera a necessidade de inúmeras ações de proteção ao meio ambiente, a partir da mudança de paradigmas e de comportamentos que envolvem o processo fabril incluindo a maximização dos recursos naturais, a fonte da matéria-prima. Em decorrência, emerge a questão ambiental que passa a ser extremamente importante dentro do processo de gestão, gestão que envolve decisões relativas não só à questão ambiental como também aos aspectos sociais e mercadológicos. Cresce, por conseguinte, o interesse por uma consciência ambiental no contexto da indústria, devido ao aumento nos níveis de poluição e seus efeitos, pelo desenvolvimento de leis preventivas e crescimento da demanda por produtos “verdes” e processos “limpos”. Como destacaram em páginas anteriores Andrade; Tachizawa e Carvalho, (2002).

No entanto, o choque entre a tecnologia e ambientalismo envolve questões culturais e hábitos de consumo. A tecnologia pode ser encarada como hierárquica, determinista, pois leva a comoditização, que estimula o consumo sufocando o meio ambiente causando um aumento da poluição, devastação e alterações climáticas, (VEAK, 2005).

2.2.4 Mercado, consumo e sustentabilidade no setor têxtil

O conceito da responsabilidade socioambiental surge de uma demanda de mercado onde os consumidores passam a escolher, e definir a escolha de seus produtos em função da responsabilidade das empresas nas questões social e ambiental. Cada vez mais os consumidores buscam informações sobre organizações em relação à responsabilidade socioambiental para definir de quais empresas devem comprar, em quais devem investir e em quais devem trabalhar (KOTLER; KELLER, 2007).

O termo responsabilidade socioambiental pode ser entendido como um conjunto de ações que promovam o desenvolvimento econômico junto com o meio ambiente e áreas sociais. Segundo apresentadas pelo Instituto Ethos (2010), a responsabilidade socioambiental apresenta-se como uma forma de gestão caracterizada pela relação ética e transparente da empresa com todos os públicos com os quais ela se relaciona. Incorpora, igualmente, o estabelecimento de metas empresariais capazes de impulsionar o desenvolvimento sustentável, objetivando preservar os recursos naturais e bens culturais do presente mantendo-os para as gerações futuras, bem como respeitar a diversidade e promover a redução das desigualdades sociais.

A poluição é apontada como um dos aspectos de maior impacto à degradação do meio ambiente (DONAIRE, 1999) e é associada a fatores como: evolução das condições produtivas, a partir da produção em larga escala, sem critérios adequados e ao crescimento populacional dos grandes centros urbanos (SILVA-FILHO, 2007). E, inserida nesse contexto socioeconômico a indústria de confecções de artigos de vestuário é a principal produtora de bens de consumo, produzindo em larga escala artigos com ciclo de vida curto, devido à forte influência de tendências de moda.

Ao lado da tendência da moda pode-se ainda observar o consumismo, a atração por novos produtos, o conforto e a estética colaboram para a elevada utilização dos recursos naturais, bem como pela posterior geração de resíduos. Surge então, um cenário sombrio que demanda a necessidade de reavaliar no campo da moda, os modelos, processos de produção e consumo responsáveis na perspectiva da responsabilidade socioambiental (LEITE, 2009).

Por outro lado, o aumento do consumo, juntamente com a aceitação por parte dos consumidores de produtos de menor qualidade, está diretamente vinculado à relação: menor ciclo de vida, menor preço. Isso significa que produtos mais baratos possuem durabilidade menor, que, de um lado provoca o descarte; de outro lado estimula o consumidor a efetuar nova compra e a impor a “cultura do descartável” (BIRTWISTLE, MOORE, 2007). Como consequência, institui-se a chamada obsolescência programada que acentua o acúmulo de materiais enviados para os aterros, ou são incinerados. Quanto a essa situação, Hawley, (2008) ensina que a reciclagem e o reaproveitamento por populações de baixa renda podem amenizar esse ciclo. Outra solução poderia ser o comércio de roupas de segunda mão, que têm seu ciclo de vida prolongado quando são comercializadas. (TRANBERG, 2004).

Então, a caminho desse novo paradigma encontramos a adoção de tecnologias limpas, menos geradoras de impactos ambientais, redução de custos, racionalização dos desperdícios e controle de insumos, uma vez que contribuem para com um modelo mais sustentável em termos ambientais dentro da cadeia produtiva com reflexos na sociedade. Nesse sentido, deve-se considerar, como pano de fundo conforme Bellen (2003), que “o ecossistema terrestre não é capaz de sustentar indefinidamente o nível de atividade econômica e de consumo de matéria-prima”.

A título de ilustração, é preciso dizer que os consumidores mundiais gastam cerca de 750 bilhões de euros em roupas e têxteis por ano; um terço deste valor é gasto na Europa e outro terço na América do Norte (IEMI, 2008). As Figuras 2.2 e 2.3 mostram o crescimento do consumo e comércio mundial de fibras têxteis e de artigos têxteis e vestuário.

Figura 2.2 Gráfico do consumo mundial de fibras têxteis de 1950 a 2006 (IEMI, 2008).

Figura 2.3 Gráfico do comércio internacional de têxteis e vestuário de 1990 a 2006 (IEMI, 2008).

Estão sendo desenvolvidas várias normas de sustentabilidade. Entretanto, são ainda necessários requisitos para garantir o estatuto orgânico dos têxteis, desde a colheita das matérias-primas à fabricação, até a responsabilidade social e ambiental. A indústria têxtil, assim como os estilistas e produtores de moda, procuram cada vez mais fazer moda com responsabilidade ambiental, devido à demanda em decorrência do conhecimento adquirido pelo consumidor (PORTUGAL

TÊXTIL, 2008).

Exemplificando essa questão, pode-se citar o trabalho que vem sendo desenvolvido pelo Instituto Britânico Taylor Nelson Sofres (TNS), uma instituição especializada em pesquisa de mercado. Trabalha com grupos de pesquisa que fornecem soluções inovadoras e pesquisa de mercado para muitas das principais empresas do mundo. O TNS possui um programa intitulado *Our Green World*, com o qual fez um estudo, realizado no ano de 2008, com um total de 13.128 pessoas entrevistadas em dezessete países: Argentina, Austrália, Brasil, França, Alemanha, Hong Kong, Itália, Japão, Coreia, Malásia, México, Rússia, Singapura, Espanha, Tailândia, Estados Unidos e Reino Unido. O referido estudo consistiu na análise de atitudes verdes, percepções e comportamentos dos consumidores e foi realizada pelo *website* do TNS (<<http://www.tnsglobal.com>>), através do sistema *on-line*. Nesse estudo, a conclusão foi de que 83% dos entrevistados se mostraram dispostos a gastar mais em produtos que não agriam a natureza, e afirmaram que as questões ambientais influenciavam na decisão de compra (TNS MARKET RESEARCH, 2008).

Nesse mesmo sentido, dados de uma pesquisa realizada pelo Instituto Akatu, sediado em São Paulo, em 2006 mostraram que 33% dos brasileiros apresentam novo comportamento como consumidores; comportamento que vai além daquela economia imediatista na hora de consumir, optando por empresas social e ambientalmente responsáveis, contribuindo, assim, para a sustentabilidade do planeta (INSTITUTO AKATU, 2006-2007).

2.2.5 Movimento verde no setor têxtil

Em seu trabalho sobre a relação da moda com o meio ambiente, Moreira (2009) considera que uma nova tendência vem se delineando no mercado e no campo da moda, visto que esta tem reservado e cedido espaço em grandes eventos “[...] para referenciar o meio ambiente de forma a despertar a humanidade para a conscientização do verdadeiro valor da preservação ambiental”. Outrossim, nas diversas mídias, frequentemente a população é alertada e chamada à consciência em relação à assustadora devastação da natureza, ao desequilíbrio do ecossistema e consequente rompimento da cadeia alimentar que, hoje, apresentam-se como uma contundente realidade.

Também como parte integrante desse quadro, ele destaca que as belezas naturais e as condições de equilíbrio entre os seres vivos e a natureza mostram-se como um elo perdido em um passado muito remoto, pois “[...] Todo o planeta mostra as transformações que o homem causou e anunciam as conseqüências em cada desequilíbrio, como enchentes, secas ou vendavais”. E voltando-se para o campo da moda ele acrescenta, ainda, que “[...] A Moda e Natureza (um novo movimento) em todo o seu *glamour* vem resgatar a consciência do homem para preservar o que de vital há em todo o meio ambiente que nos cerca”.

Como exemplo, esse mesmo autor aponta que essa nova tendência inclui a reciclagem e a customização em desfiles, o que denota um novo conceito de comportamento, à medida que se contrapõe ao consumismo e extrativismo exacerbados em prol de “[...] um movimento inverso que trabalha a caminhada em busca do aproveitamento de peças de vestuário e objetos que passam por um processo de transformação”, além das propostas de materiais alternativos e de baixo impacto ambiental.

A análise realizada por Moreira (2009) ganha destaque frente à correlação proposta por Cobra (2007) entre moda, comportamento e economia como fatores interligados e que contribuem positiva ou negativamente para a solução da questão ambiental.

Para Cobra (2007), a moda traduz-se como um negócio vinculado às tendências da economia e que também se associa aos estilos de vida e comportamento das pessoas, além de manter uma “[...] interdependência de e entre mercados”. Enfatiza que o “[...] que acontece na Europa, na Ásia, na América não são fenômenos isolados; ao contrário, tal qual vasos comunicantes, para usar um exemplo da física, quando surge uma tendência em uma região, ela acaba por estimular tendências em outros lugares”. Assim, “[...] Os acontecimentos influem na cadeia produtiva de negócio de moda de forma tão intensa que fica difícil dizer, sem medo de errar, de que maneira os fatos se sobrepõem identificando ou criando necessidade de consumo”.

Com uma perspectiva ecológica, pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de eliminar ou de diminuir os danos ambientais, tanto na área de novos materiais como relativas a novos processos na indústria têxtil e moda. Como exemplo de incentivo à pesquisa, a Organização das Nações Unidas, em projeto coordenado pela Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e

Desenvolvimento (*United Nations Conference on Trade and Development* – UNCTAD) promoveram em junho de 2012 três iniciativas para levar em consideração a biodiversidade no setor da indústria da moda (UNCTAD, 2012). A primeira iniciativa apoiou concursos na Grã-Bretanha e na Holanda, sobre o uso de materiais recicláveis na moda; a segunda juntou esforços com um grupo de *design* na Espanha para continuar as pesquisas sobre biodiversidade na criação e manufatura de roupas; e a terceira, promoveu, em parceria com a campanha *Fashioning the Future Awards*, em Londres, um prêmio anual para jovens estilistas interessados em trabalhar com a moda ambientalmente sustentável (CENTRE FOR SUSTAINABLE FASHION, 2012).

A UNCTAD também passou a apoiar o Concurso *Green Fashion*, da Semana Internacional da Moda de Amsterdã, na Holanda, “à procura de empresários talentosos voltados para a biodiversidade”. Segundo essa agência da ONU, a indústria da moda pode desempenhar um papel importante na conservação do meio ambiente por meio de inovações tecnológicas e ideias preservacionistas (UNCTAD, 2012).

Com o apelo de sustentabilidade, as instituições de ensino no campo da moda também oferecem sua contribuição ao lançar cursos e promover a formação de profissionais. Como exemplo, temos a Universidade Internacional de Moda de Berlim (ESMOD), na Alemanha, que abriu no ano de 2011 o curso em nível de mestrado em moda sustentável, o *Sustainability in Fashion*. De acordo com informações do seu site, é a primeira instituição do mundo a investir em consciência ambiental na indústria da moda e a se posicionar em prol da sustentabilidade em seus aspectos ecológico, ético, social e econômico (ESMOD, 2012).

2.2.6 O papel do *Design* e do *Designer* em relação à sustentabilidade

O *International Council of Societies of Industrial Design* (ICSID), considerado o órgão internacional oficial da atividade, define *design* como uma atividade criativa cuja finalidade é estabelecer as qualidades multifacetadas de objetos, processos, serviços e seus sistemas, compreendendo todo seu ciclo de vida. Nesse sentido, o *design* industrial consiste em projetar a forma do produto e se refere aos fatores relativos ao uso e ao consumo individual ou coletivo. No *design* industrial, a atividade criativa tem como objetivo determinar as propriedades formais dos objetos

produzidos industrialmente. Por propriedades formais não se entendem apenas as características exteriores; deve-se entender, sobretudo, as relações estruturais e funcionais que fazem de um objeto uma composição única, quanto à visão da indústria e do destinatário. O *design* abrange todos os aspectos do ambiente humano, condicionado pela produção industrial. Também define que o desenhista industrial (*designer*) é qualificado pelos seus conhecimentos técnicos, no grau de determinar materiais, estrutura, mecanismos, forma, tratamento superficial e decoração de produtos fabricados em série, por meio de procedimentos industriais (ICSID, 2004).

Na visão de Lee (2005), o *design* têxtil e de moda ao longo da história estão relacionados com inovações industriais e científicas. No início do século XXI verifica-se a introdução de novas tecnologias radicais (fruto de pesquisas avançadas no campo da ciência dos materiais, da engenharia elétrica, da química e da biotecnologia) que estão destinadas a redefinir o nosso modo de pensar o *design* de moda, a sua produção e construção, bem como envolvendo o seu consumo.

Itikawa e Teixeira (2006) ensinam que é preciso haver equilíbrio entre os aspectos funcionais e estéticos em um produto. Entretanto, apenas esses dois aspectos não são hoje suficientes para convencer os consumidores, os quais cada vez mais estão exigentes e conscientes. Fatores ergonômicos, funcionais, custo acessível e ambientalmente sustentável diferenciam produtos nos mais diversos segmentos. Produtos cada vez mais orientados por questões sociais, ambientais e econômicas consolidam o *design* sustentável; desse modo, o *design* deixa de ser uma atividade de produção para adotar um papel estratégico dentro do processo de desenvolvimento de produtos. A estética, a funcionalidade, a escolha dos materiais, têm contribuído para a decisão do consumidor em um mercado de tantas opções. Surgem, a todo o momento, novas empresas, outros investidores, novos consumidores. A variedade de produtos também cresce progressivamente, sobretudo em relação aos objetos tradicionais e de alta tecnologia. A oferta é tão grande que cabe ao *designer* facilitar o processo de escolha.

De acordo com Fletcher (2008), a definição dos materiais é fundamental para tornar a moda e os têxteis sustentáveis, sendo o ponto de partida para todo o processo de mudança.

2.2.7 Materiais sustentáveis

Com a globalização e o movimento econômico sem fronteiras, as questões ambientais ganharam destaque, principalmente nos países em desenvolvimento que aumentaram seus parques fabris e, conseqüentemente, sua capacidade de produzir causando, assim, uma maior exploração dos recursos naturais. Nessa nova realidade global, o acompanhamento e o controle da exploração e da escolha desses recursos são de grande importância, para todo ecossistema, pois pode representar uma ameaça para o mundo (PRAKASH, 2007).

Segundo Fletcher (2008), os materiais desempenham um importante papel na produção de artigos de moda sustentável na indústria têxtil; são determinantes nos aspectos econômicos, responsabilidades ambientais e sociais, uma vez que passam por etapas dentro do processo de industrialização e transformação da matéria-prima em produto acabado; são etapas que consomem recursos como trabalho, energia, água, produtos químicos, entre outros. Muitas fases envolvem um processo de fabricação, sendo que em todas elas devem ser considerados os aspectos relativos ao meio ambiente, à qualidade e sustentabilidade, à escolha dos recursos e fibras têxteis. Tudo isso para produzir menos lixo e menos poluição com o objetivo de elaborar artigos num modelo de produção sustentável.

Horrocks (2007), então enfatiza que, ao se projetar produtos têxteis com foco em moda sustentável deve-se pesquisar e analisar todos os materiais e sistemas de produção nos ditames da sustentabilidade. Com efeito, artigos têxteis, ao serem produzidos, são grandes geradores de resíduos e poluição. A percepção dessa realidade induz à importância da reciclagem, necessária para reduzir o desperdício e a poluição. A ideia de reciclar tem sofrido mudanças devido a práticas empresariais, diminuição do desperdício de materiais e utilização de processos industriais menos agressivos para o meio ambiente. Uma dessas práticas é a escolha correta dos materiais que é determinante para a diminuir os impactos ambientais e incentivar o avanço na preservação dos recursos naturais.

Para Holme (2009) implantar na indústria têxtil o conceito de sustentabilidade faz com que surjam alternativas e pesquisas de produtos a serem lançados no mercado. Promove-se, então o uso de novas tecnologias e materiais com esse apelo. Fibras têxteis com menor impacto ao meio ambiente surgem como alternativas para a indústria. Fibras naturais, como: algodão orgânico, bambu, linho,

cânhamo, juta, sisal, são exemplos de fibras sustentáveis. A política da sustentabilidade não atinge somente as empresas; ela influencia também os consumidores que percebem que não se trata apenas de um modismo e, sim, de uma questão de valorização da natureza. É preciso dizer que muitos recursos naturais são usados independentemente da escolha dos materiais nos processos de transformação e produção; mesmo assim, a escolha de fibras tidas como sustentáveis é o ponto de partida para se ter maior controle sobre os impactos ambientais e desenvolvimento sustentável dentro do setor têxtil.

Segundo Khatri (2008) existe um mal entendido de ordem prática no que diz respeito à dicotomia impacto ambiental – sustentabilidade dentro do setor têxtil, especificamente na produção de matérias têxteis. Cumpre esclarecer que, no nosso entender esse desentendimento pode ser o resultado de uma visão reducionista quanto à abrangência dos impactos no meio ambiente e quanto à correta noção de sustentabilidade. E Khatri exemplifica com o caso das fibras naturais ao lado das fibras sintéticas. A produção das fibras naturais é considerada sustentável, enquanto que a das fibras químicas, principalmente as sintéticas menos sustentáveis.

Qual a razão? Aparentemente, apenas aparentemente as naturais são produzidas com menos recursos da natureza, o que não acontece com a produção das fibras químicas. Com efeito, estudos comprovam que estas exercem uma ação negativa na sustentabilidade. Todavia, a referida visão reducionista não permite perceber que a produção das fibras naturais também pode ser responsável por significativos impactos no meio ambiente. A cultura do algodão por exemplo, exige grande quantidade de água, assim como supõe o emprego de fertilizantes e pesticidas, como aponta Melo (2009) mais à frente.

Numa perspectiva de ampliar a proteção ambiental, novos materiais sustentáveis vêm sendo desenvolvidos com o intuito de diminuir os danos causados, como a produção de fibras ecológicas (CHAVAN 2004, *apud* GUIMARÃES *et al*; 2009).

Aguiar-Neto (1996), relata que a descoberta das fibras artificiais provocou um profundo impacto em muitos hábitos e atividades do homem, gerando significativas mudanças nas condições de vida em geral e da humanidade em particular. Logo, não só as pesquisas e novas tecnologias precisam ser discutidas, mas também as matérias-primas, - agora e no futuro -, para a produção de fibras artificiais, além dos vínculos que devem ser criados para unir os fabricantes das fibras, dos fios, dos

tecidos, etc., e também, o consumidor final.

Sousa (1998) entende que produtos têxteis ecológicos são aqueles resultantes de, pelo menos, uma iniciativa de redução de impacto ambiental, seja na produção agrícola, seja na etapa de acabamento, a exemplo do uso de corantes naturais, ou de fibras naturalmente coloridas. Para ele, nesse sentido somente no final dos anos de 1990 “[...] que a visão integrada dos diferentes segmentos da indústria têxtil deu origem aos têxteis biológicos, que são produzidos considerando o impacto ambiental tanto da produção da matéria-prima como do processamento industrial”. Desse modo, e a partir daí, o algodão orgânico, liocel, soja, milho, fibra da celulose de bambu e fibras obtidas de Polietileno Tereftalado (PET) por processo de reciclagem, ganham destaque no cenário da moda, como materiais alternativos.

Na linha dos materiais sustentáveis é essencial que um produto receba a denominação de orgânico. Para tanto, deve ser certificado e aprovado por órgãos certificadores, mediante a inspeção em todas as etapas de sua cadeia produtiva. No Brasil, a entidade habilitada internacionalmente para conceder certificação para produtos orgânicos é a Associação de Certificação Instituto Biodinâmico (IBD, 2012).

Com relação a materiais tidos como sustentáveis Melo (2009) afirma: “De acordo com dados da *Packaged Facts*, instituto líder em pesquisa de mercado nos Estados Unidos da América, em seu relatório sobre o mercado internacional de Marcas Sustentáveis, divulgado em maio de 2008 (*Internacional Market for Sustainable Apparel*, May 2008), o algodão orgânico é o que possui a maior percentagem no mercado junto às outras fibras orgânicas”, conforme mostra a Tabela 2.1.

Ainda segundo Melo (2009), é importante ressaltar em relação à produção sustentável das fibras que, o algodão convencional é a fibra mais utilizada em todo o mundo, bem como tem condições de ofertar vantagens superiores, principalmente se comparado às fibras artificiais e sintéticas, a exemplo do conforto, absorção de água e resistência que oferece. Entretanto, a sua produção traz grandes impactos ao meio ambiente. Esses impactos não se restringem apenas ao ambiente, mas se estendem às pessoas envolvidas direta e/ou indiretamente no seu cultivo, devido à aplicação de grandes quantidades de herbicidas, fungicidas e agrotóxicos; esses produtos acabam por ser absorvidos pelo solo, causando a contaminação da água, além de provocar sérios problemas de saúde para os trabalhadores do campo através do contato e inalação de tais substâncias. Outro problema verificado é a

poluição gerada no processo de acabamento da fibra de algodão convencional, pois são igualmente utilizadas substâncias tóxicas como nas etapas de alvejamento e tingimento. Apesar desses aspectos negativos, o algodão orgânico inclui como substituto do algodão convencional, surge como alternativa para amenizar esse quadro.

Tabela 2.1 Porcentagem de consumo de tecidos referenciados por sua composição de fibras sustentáveis em nível mundial em 2008

Tipo de Tecido	Porcentagem do mercado
Algodão orgânico	68,8 %
Bambu	8,2 %
Cânhamo	8,2 %
Liocel	6,9 %
Poliéster reciclado	6,6 %
Soja	0,9 %
Outras	0,4 %
Total	100 %

Fonte: Adaptado de Melo, 2009.

A opção pelo cultivo do algodão orgânico evita o adoecimento de cerca de 250 mil agricultores ao ano, os quais na produção do algodão convencional, são contaminados pelo manuseio dos venenos utilizados para controle de pragas. Além disso a formação de cooperativas ligadas ao cultivo de algodão orgânico promove uma relação mais justa e equilibrada dos pequenos produtores com o mercado (E-FABRICS, 2009).

Ainda pelo apresentado na Tabela 2.1, outra fibra sustentável de bastante interesse é a fibra de viscose de bambu, classificada como fibra artificial, uma vez que se trata de um tipo de fibra regenerada da celulose, obtida a partir da polpa de bambu em processo semelhante ao da viscose, diferente, portanto das fibras naturais vindas das sementes, como o algodão e o linho, ou das fibras do cânhamo obtidas do caule. A fibra de viscose pode ser obtida do bambu que é uma planta altamente renovável, sem a utilização de aditivos químicos para o bem da natureza; é 100 % biodegradável, inibidora de odores, muito absorvente e de secagem rápida. Possui, ainda, toque macio e é altamente confortável; tem um brilho natural muito

semelhante ao da seda, e funções particulares e naturais antibacterianas comprovadas pela Associação da Inspeção de Têxteis do Japão que, em testes, verificou que o tecido feito de fibra de bambu após cinquenta lavagens, manteve essa funcionalidade. (ALVES, 2006).

Alternativas também promissoras são representadas pelas fibras de Liocel, Soja, Fibra de Milho Poliáctico (PLA) – Ingeo, Fibra de Polietileno Tereftalado (PET), a seguir especificadas.

O Liocel é uma fibra produzida a partir da celulose natural extraída de árvores. Pode ser 100% celulósica, obtida a partir da celulose regenerada e com a utilização do solvente *N-metyl morpholine oxide*, ecologicamente correto e biodegradável, segundo Chavan (2004, *apud* VALLE; FREITAS; GUEDES, 2004). O seu processo de produção consiste em dissolver a quente a pasta de celulose, que é filtrada e extrusada através de injetores de fiação em banho aquoso, onde a celulose é coagulada; em seguida, a fibra é lavada, de forma a remover o óxido de amina; na fase final é secada e os filamentos são cortados. As substâncias utilizadas no processo são purificadas e recicladas; sendo esse processo feito em circuito fechado, mais de 99,5% do solvente é recuperado.

De acordo com esses mesmos autores, como principais propriedades a fibra liocel apresenta: alta resistência, alta resistência a úmido (85%) e ao nó, excelentes propriedades de trabalho no que se refere à resistência-alongamento, excelente aproveitamento da resistência da fibra – resistência do fio, excelente afinidade tintorial, baixos valores de encolhimento, fibrilação controlada e frisagem permanente – maior alongamento.

Segundo Alves, Raphaelli e Fanguiero (2006), “A fibra de soja é uma fibra protéica regenerada a partir da semente de soja. Assim, não deve ser considerada uma fibra de origem vegetal natural, mas sim artificial”. É feita através de novas tecnologias da bioengenharia, descoberta na China em 1999 por Li Guanqi. Possui como características toque e brilho muito semelhantes à seda; é confortável, de fácil cuidado; possui boas propriedades, como alongamento, gestão de umidade, sendo mais resistente à tração que o algodão. É considerada a fibra da saúde, a fibra confortável e a fibra verde do novo século. Em relação aos aspectos ecológicos, a utilização da fibra de soja evita a exploração descontrolada dos recursos naturais. Referente à sua produção, evita a poluição do ambiente, pois não utiliza elementos

químicos e venenosos em seu cultivo, sendo os resíduos de proteínas extraídos utilizados como alimentação para animais.

A Fibrilha de Milho ou Poliláctica (PLA) foi desenvolvida a partir do material existente no interior dos grãos, da palha, ou do sabugo, que é transformado em Ácido Poliláctico (PLA). É uma fibra que tem sido estudada e experimentada na área têxtil, especificamente em vestuário. Apesar de ser considerada fibra sintética, em seu processo de obtenção não são usados produtos químicos originados do petróleo. A Ingeo® é considerada uma fibra biodegradável, o que significa que seu processo não emite poluentes ao meio ambiente. Porém, o seu principal problema é que são necessárias dez toneladas de milho para produzir apenas uma de fibra, conforme afirma Mello (2009).

Com relação à Fibrilha de Polietileno Tereftalado (PET), pode-se fazer muita coisa com esta matéria-prima; mas um dos destinos mais comuns é transformar-se em Fibrilha de Poliéster. No ano de 2000, foram recicladas no Brasil 300 milhões de garrafas de plástico, em seguida transformadas em 14 mil toneladas de Fibras PET. Esses dados, conforme Fajardo (2002), implicam um forte apelo ecológico.

Vilhena (1996), afirma que o processo de obtenção da Fibrilha PET passa pelas seguintes etapas: aquisição da matéria-prima, classificação, moagem com lavagem, enxague, descontaminação, pré-secagem, secagem, eliminação do pó, classificação das partículas e ensacamento. O processo de reciclagem ainda é muito caro e a obtenção da fibra é feita por processo de fiagem, tendo suas cores originais (verde, branco e bege). As fibras de PET podem ser misturadas com outras fibras, como o algodão, a viscose e o linho, com vista a um melhor nível de conforto, absorção e maciez do tecido. A fibra de PET possui alta durabilidade - assim como todas as sintéticas -, boa resistência à abrasão, durabilidade mecânica e resistência aos agentes químicos (PET, 2004).

2.3 FIBRAS TÊXTEIS DE VISCOSE E DE VISCOSE DE BAMBU

2.3.1 As fibras têxteis

A fibra é a matéria-prima utilizada para a fabricação dos fios que, posteriormente, darão origem aos tecidos. Para Pezzolo (2007) “As fibras, antes de se tornarem fios, são preparadas para que se tornem homogêneas e paralelas. Elas

passam por uma série de máquinas que as limpam, estiram-nas e lhes dão torção”.

Fajardo (2002), acentua: “Fibras e fios são materiais básicos para trançar, tecer, fazer renda, crochê e tricô. De acordo com sua origem, as fibras podem ser vegetais, animais e minerais”.

Guimarães *et al.* (2009) reportam que a ASTM D123-03 (rev. 2006) descreve que “Fibra têxtil é um termo genérico usado para todos os materiais que formam um elemento básico têxtil e é caracterizado por ter um comprimento 100 vezes maior que seu diâmetro”. Tais autores acrescentam, também, que esses materiais apresentam diversas origens: natural, se produzidas pela natureza, ou de origem não natural, caso derivadas e produzidas por processos industriais. Neste último caso, podem ser fabricadas a partir de “[...] polímeros naturais transformados por ação de reagentes químicos (fibras regeneradas) ou no caso das fibras sintéticas, por polímeros obtidos por sínteses químicas”.

Para Chataignier (2006), fibra é a menor parte do tecido, algo como um átomo, ou seja, a menor partícula de matéria com características químicas definidas. Para que se forme um tecido, é necessário unir os fios ou fibras para que se obtenha uma estrutura dimensional. Esse mesmo autor afirma que, antes de utilizar fibras que resultaram em tecidos, o homem chegou a trançar fios de cabelos manualmente na criação de sua indumentária. “Com exceção da lã e da seda, que são de origem animal, as outras fibras que se notabilizam pela sua Antiguidade, são provenientes de vegetais”.

O CONMETRO (2011), através da Resolução n. 2, de 6 de maio de 2008, define que a fibra têxtil ou o filamento têxtil é toda matéria natural, de origem vegetal, animal ou mineral, assim como toda matéria artificial ou sintética, que, por sua alta relação entre seu comprimento e seu diâmetro, e ainda, por suas características de flexibilidade, suavidade, elasticidade, resistência, tenacidade e finura, está apta às aplicações têxteis (BRASIL. Resolução..., 2008).

Segundo Pezollo (2007), as fibras têxteis possuem diferenças em relação às suas propriedades, tais como:

- a) Finura – relaciona-se com seu diâmetro ou espessura;
- b) Elasticidade – propriedade de voltar a seu estado natural, após ser alongada por meio de tração;
- c) Resiliência – manter o aspecto original após ter sido amarrotada;

- d) Toque – sensação proporcionada pelo contato com a pele do tecido produzido a partir da fibra;
- e) Hidrofilidade – capacidade de absorção e retenção de água;
- f) Hidrofobidade – pouca ou, às vezes, nenhuma absorção de água;
- g) Reatividade - química – comportamento da fibra quando em contato com ácidos, álcool e solventes químicos; e
- h) Desgaste – comportamento das fibras mediante ação de agentes mecânicos.

Treptow (2007) afirma que os tecidos são produzidos por meio do entrelaçamento dos fios obtidos das fibras têxteis, os quais podem ser de um único tipo de fibra, como também da mistura de fibras. Como fibras naturais consideram-se aquelas extraídas do reino animal (pelos, lã, seda), do reino vegetal (celulósicas), ou do reino mineral (amianto). As fibras classificadas como artificiais, apesar de serem produzidas a partir de matéria-prima natural, empregam processos químicos e físicos, de forma a adquirirem características têxteis (por exemplo, viscose). As fibras sintéticas derivam de reações químicas de macromoléculas da cadeia de craqueamento do petróleo, a exemplo do poliéster. E por fim, as fibras não sintéticas, como laminados metálicos, fibra de vidro e carbono.

A Figura 2.4 ilustra a divisão das fibras em dois grandes grupos: naturais e químicas. Como já salientado, as fibras naturais podem ser de animais (lã, seda, coelho, angorá, cashmere, mohair, lhama, alpaca); de vegetais (algodão, linho, cânhamo, juta, rami, sisal e fibra de coco) e de minerais (amianto); e, as químicas, por sua vez, são classificadas em artificiais (celulose, acetato, derivadas de celulose, raio, viscose, viscose de fibra de bambu e triacetato) ou sintéticas (poliamida, poliéster, poliuretano, acrílicas, polipropileno) (FEGHALI, 2004).

Figura 2.4 Classificação das fibras têxteis. Adaptado de Feghali, 2004.

2.3.2 As fibras de origem química: sintéticas e artificiais

O grupo das fibras químicas é dividido em Sintéticas e Artificiais. São produzidas por processos industriais e, a partir de polímeros naturais, transformados pela ação de reagentes químicos (fibras regeneradas ou artificiais), ou por polímeros obtidos pela síntese química (fibras sintéticas).

Segundo Falcetta (2003), a indústria têxtil teve grande crescimento nas décadas de 1940 e 1950, devido à pesquisa e produção de fibras sintéticas, mercado em que se destacou a empresa DuPont como exemplo. São produzidas com matérias-primas originadas do petróleo e, como se sintetiza o polímero para compor a fibra, a sua produção não depende das oscilações das colheitas. Portanto, o volume da produção pode ser aumentado a qualquer momento, e seu preço, assim como seus derivados, podem ser mantidos em patamares estáveis.

Erhardt (1976), descreve que as fibras químicas artificiais provêm da transformação de substâncias macromoleculares naturais ou da solubilidade através

da ação de agentes químicos, e podem ser originadas da celulose de várias plantas (árvores, algodão, algas), ou de proteínas animais. O processo de produção das originadas da celulose consiste na regeneração delas em uma solução da celulose com agentes químicos que variam entre pH ácido e alcalino.

2.3.3 A fibra de viscose

Segundo Alfieri (2005), o processo produtivo dos fios de viscose pode ser dividido em duas etapas chamadas: fase de preparação da viscose e fase da fiação propriamente dita. A primeira consiste na dissolução da celulose mediante a utilização de uma série de processos e transformações químicas, que dá origem a um derivado solúvel e, como produto resultante, o líquido viscose. Essa fase é denominada “fase de preparação da viscose”, e compreende as etapas de mercerização da celulose, de desfibragem, de maturação álcali, de sulfuração, de dissolução, de filtração, de desareação e de maturação viscose.

Ainda de acordo com esse mesmo autor, a celulose, em seu processo de purificação, tem separadas todas as matérias aglutinantes das fibras, tais como as ligninas, as ceras, as resinas vegetais, as pectinas e as celulosas de baixo peso molecular, denominadas hemiceluloses. Além da celulose, também entram nesta fase de produção das fibras de rayon viscose a soda cáustica, eletrolítica suficientemente pura e o dissulfeto de carbono, fabricado comumente nas próprias fábricas de rayon viscose (líquido de ponto de ebulição 46 °C, inflamável e tóxico – que deve ser isento de enxofre e ácido sulfúrico).

A obtenção da viscose dá-se por meio da regeneração da celulose, que pode ser extraída de várias origens, tais como o eucalipto, da palha de trigo, milho, arroz, bambu, entre outras, cujo produto da reação denomina-se xantato, que é forçado através de fieiras sob um banho ácido, precipitando a celulose em forma de filamentos. A regeneração da celulose dá origem ao material celulósico, o qual não é fiável e, portanto, necessita de tratamento em solução de soda cáustica, processo que produz a álcali-celulose. A álcali-celulose, em seguida, é submetida a um tratamento com bissulfeto de carbono (CS_2), que resulta em uma solução coloidal: o xantato de celulose, que, por sua vez, forçado através de fieiras (*spinnerets*) sobre um banho ácido, precipita a celulose em forma de filamentos (SALEM, 2010). O processo simplificado da produção da viscose é ilustrado na Figura 2.5 e o detalhe

da fieira na Figura 2.6.

Figura 2.5 Produção da viscose. (a): Diagrama geral; (b): Diagrama a partir da fase de coagulação até bobinagem do filamento (SALEM, 2010).

A segunda etapa, a de “fiação propriamente dita”, consiste na transformação do líquido viscoso em fibras ou filamentos contínuos por meio da extrusão contínua e regular em um banho com sais e ácido sulfúrico diluído, regenerando, assim, aquele derivado solúvel novamente em celulose. Essa segunda fase de fabricação da viscose ainda se divide em outras duas etapas, de acordo com o tipo de material a ser produzido: fibras cortadas ou filamentos contínuos. Para a produção de fibras cortadas, a segunda fase compreende, ainda, as fases de formação do cabo, frisagem e corte das fibras e, para a produção dos fios de filamento contínuo, também envolve as fases de fiação centrífuga ou contínua (ALFIERI, 2005).

Figura 2.6 Passagem da viscose por Fieiras, (NATURALLY, 2009)

Segundo Pezzolo (2007), os fios de viscose são semelhantes ao algodão em relação à absorção de umidade, resistência à tração, maciez ao toque e caimento;

mas, quando molhada, é pouco resistente, amarela, amarrota e desbota com a transpiração. Os valores quantitativos relativos a essas propriedades são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 Propriedades das fibras

		LYOCELL	MODAL	VISCOSE	ALGODÃO	POLIÉSTER
Tenacidade (cN/Tex)	A seco	38-42	36-40	22-26	20-24	55-60
	A úmido	34-38	21-25	10-15	26-30	54-58
Alongamento (%)	A seco	14-16	19-23	20-25	7-9	25-30
	A úmido	16-18	24-27	25-30	12-14	25-30
Regain (%)		11,0	11,5	11,5	8,5	0,4
Absorção de líquidos (%)		65	75	90	50	3

Fonte: Adaptado de Fibracel, 2011.

As microscopias longitudinal e da secção transversal são apresentadas na Figura 2.7. Através somente de suas microscopias não é possível diferenciar a fibra da viscose de outras fibras produzidas pelo homem.

Figura 2.7 Fotomicrografias da celulose regenerada com substrato microscopicamente na vista longitudinal ampliada em 500 vezes (a) e na secção transversal ampliada em 2.200 vezes (b), (FORUMTEXTIL, 2011).

A fibra da viscose é produzida para ser utilizada pura ou em filamentos contínuos (como, por exemplo, para produção de tecidos planos) ou em fibras cortadas para mistura íntima com fibras naturais e sintéticas nos mais diversos sistemas e proporções (algodão, poliéster, linho, lã, náilon, etc.). Essa mistura possibilita uma melhor qualidade do tecido, pois alguns pontos fracos da viscose são

compensados pela complementação de outras fibras (ARAÚJO, 1987).

2.3.4 Bambu e fibra de viscose de bambu

2.3.4.1 Bambu

Bambu é o nome que se dá às plantas da subfamília Bambusoideae, da família das gramíneas (Poaceae ou Gramineae). Essa subfamília se subdivide em duas tribos: a Bambuseae (os bambus chamados de lenhosos) e a Olyrae (os bambus chamados herbáceos). Calcula-se que existam cerca de 1.250 espécies no mundo, espalhadas entre noventa gêneros, presentes de forma nativa em todos os continentes, menos na Europa. Habitam uma alta gama de condições climáticas (zonas tropicais e temperadas) e topográficas (do nível do mar até acima de 4.000m) (WIKIPEDIA, 2012b). O bambu é cultivado nas mais diferentes regiões do planeta; porém, é mais comumente encontrado na Ásia (Figura 2.8).

De acordo com Pereira (2001), depois da Ásia, em que se destaca a China como maior produtor do mundo, a América do Sul é o continente com maior número de espécies nativas (cerca de quatrocentos e cinquenta). No Brasil já foram identificadas, nas Regiões Norte e Sul, cerca de duzentas espécies nativas de bambu e, segundo registros obtidos por Pereira, os portugueses advindos dos territórios coloniais da Ásia e, mais tarde, os imigrantes chineses e japoneses, que aportaram no país atraídos pelas oportunidades de trabalho no ciclo do café, “[...] trouxeram muitas espécies asiáticas de bambu para o Brasil. É por este motivo que encontramos tantas moitas de bambus asiáticos em todo o país”.

Figura 2.8 Bambu. (a) *Bambusa oldhamii* (WIKIPEDIA, 2012b). (b) Distribuição geográfica dos bambus lenhosos no mundo (EEOB, 2011).

Apesar da facilidade do cultivo ou da ocorrência natural, o bambu é pouco

explorado pelos países do Ocidente; mas, no Brasil, é utilizado por alguns setores da indústria do artesanato. A utilização da fibra de viscose de bambu apresenta-se como uma grande novidade tecnológica na área do vestuário. A espécie vegetal, que dá origem à sua composição, pertencente à família das gramíneas; suas características principais são representadas pela sustentabilidade, resistência, flexibilidade e rápido crescimento, além de ser uma fonte nutritiva (PEREIRA, 2001).

Ainda segundo esse autor, o fio de bambu foi importado, inicialmente, da Indonésia e da China, até o ano de 2005, ocasião em que algumas malharias exportaram o tecido. Porém, “[...] Mesmo estando no mercado nacional há cinco anos, a fibra já conquistou grande espaço na indústria têxtil e isso é apenas o começo, pois a tendência é que a produção deste no Brasil aumente ainda mais”.

Como uma planta de múltiplas utilidades, o bambu pode ser considerado ao mesmo tempo novo e antigo. Antigo por ter surgido há milhões de anos em nosso planeta, e explorado pelo homem das mais diferentes formas, como alimento, abrigo, na fabricação do papel, diversos utensílios, tecidos, etc (NUNES, 2005 *apud* PEREIRA, 2001). Em função de sua versatilidade, o bambu oferece inúmeras vantagens, sob diversos aspectos:

- a) rápido crescimento – O bambu leva de quatro a cinco anos para atingir seu amadurecimento, tempo muito menor do que qualquer outra árvore. Podem ser colhidos colmos e brotos já a partir desse período (DAS, 2007);
- b) fácil plantio, manutenção e colheita – no plantio do bambu não se faz necessário o uso de fertilizantes e pesticidas, e cresce sem a utilização de técnicas complexas. A colheita é feita de forma manual, e o transporte é favorecido pelo peso do material que é leve, comparado às madeiras (LACKMAN, 2007);
- c) utilidades – tem várias aplicações, entre as quais, como combustível, na fabricação de papel, na construção civil, no setor de alimentos e, mais recentemente, no segmento têxtil (PEREIRA, 2001);
- d) fins ecológicos – pode substituir a madeira em diversos setores, diminuindo, dessa forma, o impacto ambiental causado pelo desflorestamento. Pode também contribuir para reduzir a erosão do solo; e
- e) promove a inserção cultural – segundo Pereira (2001), pois cerca de um bilhão de pessoas no mundo moram em casas feitas de bambu. Muitas

culturas utilizam o bambu nos mais variados aspectos da vida, música, ornamentação, alimentação, etc.

Nos setores de construção, arquitetura e decoração, o bambu encontra ampla aplicação. Farrelly (1996), destaca que devido à estética e beleza, o bambu, em seu aspecto natural, ou processado, é especialmente utilizado na arquitetura e construção; é considerado um material de excelente qualidade por causa das suas características estruturais. A relação resistência-peso é mais vantajosa em relação à madeira, bem como admite maior flexão se comparado à maioria dos materiais.

De acordo com Leonhardt e Monnig (1977), o bambu constitui-se, ainda, como matéria-prima adequada a todas as partes de uma casa; inclusive nos projetos populares, representa uma economia de, aproximadamente, 50% em relação aos materiais convencionais e um padrão de qualidade superior em comparação àqueles atualmente utilizados nas construções populares. Apresenta diversos benefícios ambientais, o que lhe possibilita agregar alto valor tecnológico.

Entre seus inúmeros atributos, o bambu é considerado um excelente isolante térmico e acústico. Recentemente, foi desenvolvido, no Brasil, o "bambucreto", uma mistura de concreto e bambu usado em construções, tubos, pisos de alto padrão e resistência. "A razão entre o peso do bambu e a força que ele suporta é superior a do aço, pois testes realizados em colmos de bambu demonstram que a resistência à tração do bambu é comparável à do aço" (UFSC, 2002).

Conforme Pereira (2001), em botânica, o bambu classifica-se como *Bambusae*, uma tribo da família das *Graminae*. Pelas características de seu colmo é considerada como uma planta lenhosa, monocotiledônea, pertencente às angiospermas. Assim como as árvores, o bambu constitui-se por uma parte aérea e outra subterrânea. A parte aérea (tronco ou caule das árvores) é denominada de colmo de bambu, o qual é normalmente oco. A parte subterrânea é constituída de rizoma e raízes. Os seus colmos caracterizam-se por ter a forma cilíndrica e por apresentar uma sequência de entrenós (internós), ocos, separados transversalmente uns dos outros por diafragmas que aparecem externamente como nós, de onde saem ramos e folhas. Esses diafragmas é que fornecem maior rigidez, flexibilidade e resistência aos colmos.

Figura 2.9 Planta do Bambu (a) Estrutura; (b), (PLANFOR, 2012).

O bambu é um material estrutural composto de fibras vegetais, onde a lignina atua como aglomerante e a fibra como elemento de resistência. Apresenta como método de reprodução a propagação vegetativa e sua estrutura consiste no sistema subterrâneo de rizomas, colmos e galhos (Figura 2.9).

2.3.4.2 Sistema de produção do bambu

Pereira (2001), descreve que os rizomas de bambu, são caules subterrâneos que crescem, afastam-se do bambu e permitem a colonização em novo território. Trata-se de uma estrutura que produz novos colmos e novos rizomas todos os anos através do citado método de propagação vegetativa; ou seja, a cada novo ano, novos colmos aparecem formando brotos que saem da terra, o que assegura a continuidade da moita ou do bosque. Esse processo de produção de rizomas e colmos dura cerca de três anos, período em que cessa a formação de novos brotos a partir dos rizomas originais. O colmo tem forma tubular cônica segmentada, pois é normalmente oco com nós e diminui seu diâmetro da base até o topo, assim como a parede do colmo é mais grossa na base e diminui em direção ao topo. Vive cerca de doze anos, depois seca e apodrece e, justamente, são os colmos que identificam as espécies, visto terem tamanhos, diâmetros, cores e texturas diferenciadas.

Como ressaltado por Sharma (1988), o bambu é uma espécie muito resistente e que não sofre com mudanças climáticas, visto que retoma seu crescimento mesmo após incêndios e queimadas. Em sua maioria, os bambus são ocos e crescem em sua fase inicial até 22cm em vinte e quatro horas. O crescimento vertical se dá entre

cada nó, nas paredes dos entrenós. O entrenó da base começa a se alongar e, quando está terminando seu alongamento, o de cima começa, e assim por diante. Os nós são compostos por um diafragma que isola o entrenó anterior do próximo.

Até dois anos, o bambu é considerado imaturo, ou "verde", e seu material lenhoso ainda está bastante maleável (não lignificado). É por esse motivo que com esta idade, ele é utilizado na cestaria e em outros usos onde é necessário curvar ou tramar o bambu. Por outro lado, o colmo do bambu adequado para artesanato, movelaria e construção é aquele com mais de três anos, considerado maduro. Nessa idade, se mostra rígido o suficiente (lignificado) para ser utilizado em tarefas pesadas. O bambu cresce rapidamente e atinge a sua maturidade em quatro anos (ALVES; RAPHAELLI; FANGUEIRO, 2006).

As suas folhas servem para proteger os entrenós, que secam e caem, posteriormente. Os galhos, em função da espécie, desenvolvem-se de diferentes formas, fator que contribui para a identificação das espécies. Segundo Rech (1992), o bambu é uma planta que não perde as folhas no outono e desenvolve novas folhas na primavera, visto que elas são substituídas de forma imediata por novas folhas no começo da primavera. A forma de reprodução da planta ocorre através de sementes – um evento moroso – que torna necessário a aplicação de métodos de propagação vegetativa pelo produtor.

2.3.5 Fibra de bambu

A fibra é um tipo de fibra regenerada da celulose, obtida a partir da polpa de bambu em processo semelhante ao da viscose; diferente, portanto das fibras naturais que são obtidas das sementes, como o algodão e o linho, ou das fibras do cânhamo obtidas do caule (PEREIRA, 2001).

Trata-se de uma fibra que se obtém de uma planta de cultivo altamente renovável, sem a utilização de aditivos químicos; é 100 % biodegradável, inibidora de odores, muito absorvente e de secagem rápida. Possui, ainda, toque macio e é bastante confortável; tem um brilho natural muito semelhante ao da seda e funções antibacterianas particulares e naturais comprovadas pela Associação da Inspeção de Têxteis do Japão. Testes, nesse sentido, essa entidade verificou que o tecido feito de fibra de bambu após cinquenta lavagens manteve essas mesmas funções. (ALVES; RAPHAELLI; FANGUEIRO, 2006).

2.3.5.1 Métodos de fabricação

A fibra de bambu pode ser fabricada através de dois processos diferentes: pelo mecânico e pelo químico; ambos conferem ao produto características e aplicações específicas (LI-FEI, 2011). A partir desses processos, são fabricadas as fibras de bambu natural, mediante processo mecânico (Figura 2.10a) e as fibras de polpa de bambu, obtidas pelo processo químico (viscose), (Figura 2.10b). A observação das duas imagens permite perceber que a fibra natural de bambu possui a cor mais branca que a fibra de viscose.

Figura 2.10 Fibra de bambu. (a) natural; (b) fibra de viscose de bambu (LI-FEI, 2011).

Vistas pelo microscópio, a fibra natural de bambu e a fibra de viscose de bambu possuem diferenças na vista longitudinal e na secção transversal, conforme Figura 2.11.

Figura 2.11 Microscopia das fibras de bambu (500 vezes). (a) e (c) Seção transversal da fibra natural de bambu e da fibra de viscose, respectivamente; (b) e (d) Seção longitudinal da fibra natural de bambu e da fibra de viscose, respectivamente (LI-FEI, 2011).

- Método mecânico – Linho de bambu

A fibra de bambu é obtida por duas formas diferentes, já mencionadas: processo mecânico e químico. Através do processo mecânico, a polpa do bambu é esmagada em um procedimento de maceração; recebe a ação de enzimas naturais e forma uma massa polpuda. Obtida esta massa, ela é secada ao sol e tratada mecanicamente, separando-se as fibras naturais das outras partes não fibrosas. As fibras naturais seguem seu fluxo de produção e sua transformação em fio através de um processo de fiação. Trata-se de um mecanismo muito semelhante ao utilizado na obtenção do linho ou cânhamo. Devido à semelhança no processo e características do linho, o fio de bambu é conhecido como fio de bambu linho. É considerado um processo ecológico e sustentável, mas, atualmente, esse tipo de matéria-prima é pouco usado no segmento têxtil devido ao seu processo que é trabalhoso e custoso, tal qual o do linho (LI-FEI, 2011).

A fibra natural de bambu é obtida com método físico mecânico sem uso de substâncias químicas (Figura 2.12); pode também ser obtida em processo físico-químico realizado em laboratório com inserção de produtos químicos (Figura 2.13).

Figura 2.12 Método físico de obtenção de fibra de bambu. (a) bambu; (b) cozimento; (c) decomposição por esmagamento; (d) refino; (e) penteagem e fiação (LI-FEI, 2011).

Figura 2.13 Método físico-químico de obtenção de fibra de bambu. (a) bambu; (b) cozimento, esmagamento e decomposição; (c) fibrilação do bambu; (d) refino e degomagem; (e) lavagem; (f) fibra natural do bambu; (g) secagem (LI-FEI, 2011).

- Método químico – Viscose de bambu

Segundo Salem (2010), a viscose de bambu é obtida através do mesmo processo químico da viscose, - descrito subitem 2.3.4-, através da regeneração da celulose e obtenção da fibra de viscose de bambu. Esse processo inclui todas as suas fases e operações, tais como a preparação da celulose, sua mercerização, desfibragem, maturação álcali, sulfuração do álcali-celulose, dissolução do xantogenato de sódio-celulose, filtração, maturação viscose (e desareação), fiação da viscose (com sua devida estiragem); inclui ainda os processos de lavagem e acabamento dos fios de rayon (no caso da produção de fios de filamento contínuos)

ou de lavagem do cabo, frisagem e corte das fibras (no caso da produção de fibras cortadas de viscose de bambu), variando minimamente de produtor para produtor.

Apesar de a viscose de bambu ter propriedades semelhantes às da viscose convencional, muitos fabricantes a tratam como um produto diferenciado. Tal fato se dá porque o bambu possui propriedades diferentes de outras matérias-primas também usadas para fabricar viscose através da regeneração da celulose: do eucalipto, da palha de trigo, de milho ou de arroz (todas classificadas e identificadas como fibras de viscose) (SALEM, 2010).

Na Tabela 2.2 pode-se verificar comparativamente as propriedades da fibra de viscose e as da fibra de viscose de bambu.

Tabela 2.3 Tabela comparativa das propriedades da fibra de viscose tradicional e da fibra de viscose de bambu

	VISCOSE TRADICIONAL	VISCOSE DE BAMBU
Filamento seco Tensão cN/dtex	1,85 – 2,5	2,33
Filamento úmido Tensão cN/dtex	0,87 -1,3	1,37
Alongamento da fibra seca até quebrar	18 – 24	23,8

Fonte: Adaptado de Salem, 2010.

A constante busca por materiais alternativos para as mais diferentes finalidades nos mais variados segmentos, inclusive no setor têxtil, tem sido o grande desafio para o homem contemporâneo. Nesse sentido, a fibra de viscose de bambu tornou-se uma alternativa para a indústria têxtil devido às suas propriedades e ao seu forte apelo ecológico. O fato de se obter a fibra na planta bambu - mesmo sendo celulose regenerada, obtida da polpa do bambu-, não lhe tira qualidades e vantagens comparadas às características e propriedades encontradas em outras fibras (LACKMAN, 2008).

Regis (2004), diz: “para produzir uma tonelada de celulose são necessárias três toneladas de bambu enquanto que necessita de seis toneladas de pinho para produzir a mesma quantidade”. Também como já citado em páginas anteriores, o bambu leva de quatro a cinco anos para atingir seu amadurecimento, o que é um tempo muito menor que qualquer outra árvore. Ainda pode diminuir dessa forma o impacto ambiental causado pelo desflorestamento (DAS, 2007).

A fibra de viscose de bambu é matéria-prima para um ótimo tecido de roupas

desportivas, por causa das suas propriedades naturais antibactericidas e absorventes. Acrescente-se ainda que o tecido de bambu também é famoso por sua textura macia. E mais: esses tecidos absorvem o suor e o evaporam em segundos, o que ajuda a manter a roupa seca e confortável. Sob o aspecto termodinâmico, no verão o seu usuário tem a sensação de frescor, e no inverno, de aquecimento, qualidade que proporciona conforto nas mais diferentes variações climáticas. O bambu também tem propriedades antibactericidas e antifúngicas, evitando problemas relativos ao contato com a pele. De igual modo, são resistentes a raios ultravioletas, retendo 98%, o que lhe credencia para ser usado no segmento hospitalar, como ensina Manning (2008) nas suas considerações sobre o bambu e a ecomoda.

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

3.1 TECNOLOGIA DA FIAÇÃO

Na cadeia têxtil, a tecnologia da fiação é a etapa onde se processa a transformação das fibras em fios. Na pré-história, esse processo era feito manualmente, quando um chumaço de fibras (lã, algodão ou linho) era estirado e depois torcido. Porém, na Grécia e em Roma, ele era realizado por um aparelho chamado roca. Após a Revolução Industrial (1.800), foi criada uma máquina conhecida hoje em dia por filatórios que substituiu aquele aparelho, automatizando, assim, o processo de fiação.

O processo de fiação consiste na transformação de matéria-prima fibrosa em fio, com relação à massa por unidade de comprimento (Título). De acordo com as características físicas da matéria-prima, define-se o processo a ser utilizado. Para a sua realização, é necessário que as fibras passem por algumas fases preparatórias, sendo, então, abertas, limpas e orientadas em uma mesma direção, paralelizadas e torcidas de modo a se prenderem umas às outras. Abertura é a fase em que as fibras de diferentes origens (animal, vegetal, mineral ou química), são separadas em máquinas específicas, oferecendo uma melhor condição ao material para a fase seguinte que é a limpeza. Limpeza é o processo em que todos os corpos estranhos são retirados das fibras. São as impurezas cuja retirada se dá pela centrifugação desse material; uma vez separadas as fibras das impurezas elas são aspiradas. Estiragem é o afinamento da massa de fibras. A operação de estiragem, quando feita em fibras naturais proporciona paralelismo das fibras, o que resulta em maior resistência ao material e um maior alongamento.

3.1.1 Características dos fios

Assim como todos os materiais, os fios possuem características que devem ser levadas em conta porque certamente influenciam quando comercializados. São elas: Pureza: as fibras, principalmente as naturais, possuem muitas impurezas que são removidas por processos de limpeza. A qualidade do fio está relacionada diretamente com a quantidade de impurezas: quanto maior a quantidade de impurezas, menor a qualidade do fio. Resistência: é a capacidade que um fio possui

de resistir a esforços em processos que envolvem a fabricação de tecidos. Flexibilidade: é a capacidade do fio de se manter inalterado após ser submetido a torções e flexões. Torção: no conceito geral, torção pode ser definida como: “disposição espiral dos componentes de um fio que é usualmente o resultado da torção relativa de suas extremidades”, ou, ainda, pelo conceito específico, torção de um fio pode ser definida como: “número de voltas que possui, por unidade de comprimento”. A torção evita que as fibras deslizem umas sobre as outras. Essa característica tem grande influência na resistência do fio. Regularidade: a padronização e a uniformidade de um fio têxtil são determinantes para a qualidade de um tecido. Título: o título do fio é a expressão numérica que define sua espessura. Devido às variadas formas de secção de um fio, assim como suas irregularidades, o diâmetro de um fio não é parâmetro para definir sua espessura com exatidão. A solução adotada foi criar um sistema que faz uma relação entre o peso e o comprimento de um fio. Esse sistema é chamado de Titulação ou Título do Fio.

Conforme a utilização (malharia ou tecelagem), os fios podem ser fabricados de diferentes tipos e por diferentes processos: fios penteados, fios cardados e fios cardados *open end*. A capacidade produtiva de um fio é definida pelo tipo de filatório utilizado em sua fabricação. São três tipos de filatórios existentes e, em função deles, são determinadas a velocidade de produção, a qualidade e a espessura do fio. São eles: os filatórios de anéis, filatórios a rotor ou *open end* e filatórios *jet spinner* que tem sido mais usado pelas fiações nos dias de hoje.

Os fios penteados são produzidos pelo sistema conhecido como filatório de anel, ou método convencional. O fio é submetido a um processo chamado de penteagem, onde são retiradas as impurezas ainda existentes na matéria-prima e também removidas as fibras curtas. Na fase de fiar (filatórios), passa pelo filatório de anéis. Essa operação necessita de maior número de operadores, e máquinas, mas possibilita produzir o fio de diferentes espessuras e mais resistentes, agregando, então, maior valor ao produto. Fios cardados, de igual modo produzidos pelo sistema de filatório de anel (método convencional). Comparado ao fio penteado, possui menos fases dentro do processo. A principal etapa não realizada nessa operação é a separação das fibras curtas das longas, gerando, dessa forma, fios de menor qualidade quando comparado aos penteados. Fios *open end*, são mais

grossos e fracos; possui o menor fluxo produtivo entre os tipos de fios e são produzidos por filatório a rotor.

A palavra têxtil é de origem latina; vem do verbo *texere* que significa: tecer, entrelaçar, construir sobrepondo ou entrelaçando (TORRINHA, 1945). Em português o particípio do verbo tecer é “tecido”, usado atualmente, para designar todo produto fabricado a partir de fibras, fios ou filamentos caracterizados pela finura, flexibilidade e elevada relação entre o comprimento e o diâmetro (largura).

3.2 TECNOLOGIA DOS TECIDOS

Segundo Ribeiro (1984), tecido é um produto manufaturado; possui forma de lâmina flexível, obtido através do entrelaçamento de fios ou fibras têxteis, de modo ordenado ou desordenado. O modo como os fios ou fibras são trabalhados para a formação de uma estrutura têxtil, resulta em diferentes tipos de tecidos. Ainda conforme Ribeiro (1984), quanto à formação, os tecidos são classificados em tecidos planos, tecidos nãotecidos e tecidos de malha. Os tecidos planos são resultantes do entrelaçamento de dois conjuntos de fios que se cruzam em ângulo reto. Os fios dispostos no sentido horizontal (largura do tecido), são chamados de fios de trama; os fios dispostos no sentido vertical (comprimento do tecido), são chamados de fios de urdume, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1 Estrutura do Tecido Plano.
Fonte: autor.

Tecido nãotecido: conforme a norma NBR – 13370, nãotecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras, ou filamentos, direcionados ou não, compactados sem que estejam tramados por processos: mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) ou combinação destes, como apresentado na Figura 3.2.

Figura 3.2 Estrutura do Tecido Nãotecido.
Fonte: autor.

Tricotar é a arte de construir tecidos utilizando agulhas, entrelaçando os fios em diversas séries de laçadas (malhas), que se ligam umas as outras (SPENCER, 2001). Na malha, ao contrário do tecido plano, o fio assume a forma de uma laçada, passando por dentro de outras laçadas e, assim, sucessivamente. Os pontos de ligação são móveis, uma vez que as laçadas podem deslizar umas sobre as outras quando o tecido é tensionado. A Figura 3.3 mostra a representação gráfica de uma malha. Constituem-se de uma cabeça, duas pernas e dois pés.

Figura 3.3 Componentes de um ponto.
Fonte: autor.

A carreira de malhas é a sucessão de laçadas consecutivas no sentido da largura do tecido. Já a coluna de malha é a sucessão de laçadas consecutivas no sentido do comprimento do tecido.

3.2.1 Malharia

A malha, através dos tempos, é, talvez, o mais familiar método de produção de tecidos, considerando a grande popularidade da tricotagem manual entre as mulheres de todas as idades.

Não se sabe ao certo quando apareceram os primeiros tecidos de malha. No *Victoria and Albert Museum* de Londres existe um pedaço de malha tricotada a mão pelos egípcios no século XII a.C.; no Museu do Louvre, em Paris, também existem peças de tecido de malha encontradas em escavações feitas no Egito (SANCHES, 2006). O tricô manual, que hoje em dia voltou a ser uma atividade de lazer útil e popular, foi o precursor de formação mecânica das malhas. Sabe-se que existiam na Itália meias tricotadas desde a metade do século XIII. O tipo de formação de malha manteve-se igual por vários séculos. As agulhas de tricotar eram feitas de alfinetes, que eram afiados e trabalhados para ficar com a forma de agulha. A Figura 3.4 mostra uma malha fabricada com uma única agulha. As agulhas de tricotar flexíveis, usadas atualmente, para o tricô manual, são invenção do nosso século (IYER *et al.*, 1997).

Figura 3.4 Produção de tecido de malha em tricô feito em circuito fechado.
Fonte: autor.

Tecidos formados por trama e urdume já eram obtidos mecanicamente antes da era cristã; já os tecidos de malha, produzidos mecanicamente, surgiram no final do século XVI, sendo que somente no final do século XIX foram aperfeiçoados e adequados para produção industrial.

Segundo Araujo e Castro (1986), a primeira máquina de tricô surgiu em 1589 tendo sido inventada pelo reverendo William Lee de Calverton.

Trajetória cronológica da malharia:

1758: Jedediah Strutt de Clackwell na Inglaterra, inventa um acessório para o tear manual capaz de fabricar mecanicamente a malha canelada, conhecida comercialmente como “rib”, que possui como característica principal a elasticidade.

1769: Josiah Crane de Norttingham inventa um acessório para o tear manual que permite reproduzir desenhos variados sobre artigos de malha. Esse recurso introduz o conceito de tricotar.

1798: é inventado por Decroix (França) o tear circular. Nele as agulhas encontram-se dispostas em forma circular sobre uma coroa que gira ininterruptamente, passando em estações de formação de laçadas.

1805: Joseph Jacquard em Lyon (França), inventa um aparelho que, utilizando cartões perfurados, permite selecionar os fios de trama e urdume, possibilitando a formação de desenhos diferenciados.

1845: Honoré Frédéric Fouquet, engenheiro e relojoeiro de Troyes, (França), obteve a patente de um pequeno tear circular de aço e latão que funcionava com a precisão de um relógio que aumentou a precisão da tricotagem. Essa invenção foi patenteada em 1856, alcançando fama mundial como forma malhosa de Stuttgart.

1847: Matthew Townsed, de Leicester, na Inglaterra, constrói a agulha de lingueta, revolucionando a técnica de tecibilidade (formação de laçadas).

1855: Redgate em Leicester combinou um tear circular de ponto rib 1x1 com um tear de malha de urdume, possibilitando a produção de malhas de uma ou duas faces.

1857: o inglês Arthur Paget desenvolve um tear de malha de trama que tricota com velocidade três vezes superior a de qualquer outro tear conhecido até então.

1863: o americano Isaac Wixom Lamb patenteou o tear de bancadas em V, ou máquina de tricotar doméstica, permitindo a qualquer pessoa produzir suas próprias meias ou roupas de vestir.

1864: Willian Cotton, de Loughboough (Inglaterra) tirou a patente de tear aperfeiçoado para produção de malhas.

1867: Theodore Groz fabricante de agulhas de Ebingen (Alemanha), relata as suas experiências num testamento técnico: “instruções exatas para fabricar agulhas de aço, agulhas para meias e agulhas de linguetas de qualidade insuperável”. Inicia-se a fabricação de agulhas de tricotar em máquinas próprias que ele mesmo concebeu e construiu com a finalidade de poder fabricar, na sua própria fábrica, agulhas melhores e mais precisas que as existentes no mercado. A indústria de

malhas, a partir do início do século XX, passou a ocupar um lugar de grande destaque.

Os tecidos de malha podem ser classificados em dois grandes grupos; a diferença está na formação da malha. São denominados como malharia por trama e malharia por urdume, ilustrado na Figura 3.5.

Figura 3.5 Malha de trama (1), Malha de urdume (2).
Fonte: autor.

Araujo e Castro (1986), salientam que para a produção de malha por urdume, tem-se o processo que utiliza o método de entrelaçamento de malhas no sentido do urdume (sentido vertical), empregando vários fios que se entrelaçam lateralmente e podem alimentar uma ou mais agulhas. Essas malhas caracterizam-se pela boa estabilidade dimensional e, devido a isso, não se deformam facilmente.

Também possuem menor elasticidade que os tecidos de malha por trama; são “indesmaltáveis” e produzidas por dois tipos de máquinas (máquina Kettenstul e máquina Raschel). Os tecidos de malha por trama são estruturas resultantes do entrelaçamento entre si de um único grupo de fios, através de laçadas no sentido da largura do tecido, na direção da trama (sentido horizontal). Todas as agulhas são alimentadas por um mesmo fio, ou grupo de fios, formando as malhas sucessivamente. A malha por trama pode ser circular (produzida na forma de um tubo) por um tear circular apresentado na Figura 3.6, ou retilíneo (consiste numa malha aberta), geralmente com largura variável entre 1,40cm e 1,60cm, fabricada em máquinas planas, como ilustrado na Figura 3.8.

Figura 3.6 Tear circular.
Fonte: knitepédia (2013).

Figura 3.7 Cama de agulhas de um tear circular (malha em forma de tubo).
Fonte: knitepédia (2013).

Figura 3.8 Tear de malha retilínea.
Fonte: knitepédia (2013).

Os artigos de malha por trama caracterizam-se pela pouca estabilidade dimensional, o que facilita a sua deformação, além de apresentarem elasticidade nos dois sentidos; são também tecidos desmalháveis. As estruturas fundamentais da malharia por trama, segundo Andrade Filho e Santos (1987), resumem-se nos pontos *jersey* (meia-malha), *rib* (canelado) e *ponto reverso* (*links*), apresentado na Figura 3.9.

Figura 3.9 Jersey –meia malha – (a); Rib – canelado – (b); Ponto reverso (c).
Fonte:autor.

A malha *jersey* “é formada pela repetição da laçada normal na direção das colunas e na direção das carreiras” (ARAÚJO, 1984). Sua principal característica é o

entrelaçamento de pontos na mesma direção, no lado direito da malha, enquanto, que no avesso, as laçadas aparecem de forma semicircular, Figura 3.10.

Figura 3.10 Lado do avesso (a) e Lado direito da malha (b).
Fonte:autor.

A malha *jersey* “apresenta um certo desequilíbrio pelo fato de o lado direito apresentar laçadas, ao passo que o lado avesso técnico só apresenta listras horizontais” (SMITH, 1989). Por esse motivo, a malha *jersey* possui uma única face, ao contrário das malhas *rib* e de ponto reverso, ambas com duas e com a mesma aparência tanto do lado direito quanto do avesso, ainda que suas estruturas sejam completamente diferentes. Outra característica atribui-se ao fato de a malha *jersey* desmalhar livremente em qualquer um dos lados.

3.2.2 Elementos formadores do tecido de malha

Para Araujo e Castro (1986), as agulhas são os principais elementos no processo de tricotagem. A Figura 3.11 apresenta as partes de uma agulha.

Figura 3.11 Partes de uma agulha.
Fonte:knitepédia (2013).

Figura 3.12 Gancho e haste aparecem em branco, o elemento acionador de abertura e fechamento mostrado em cinza. Fonte:knitepédia (2013).

Tudo se cria em torno da agulha. Exemplo disso é o tear, que foi concebido com o intuito de acondicionar a agulha e de promover os movimentos mecânicos necessários, para que ela busque o fio e possa entrelaçá-lo em uma laçada, como ilustrado na Figura 3.13.

Figura 3.13 Movimento alternativo para converter o fio em uma série de pontos de malha.
Fonte: autor.

A Figura 3.14, apresenta a sequência de diagramas que mostra a formação da malha em um tear circular.

Figura 3.14 Formação da malha em um tear circular.
Fonte: knitepédia (2013).

As agulhas são alojadas dentro de canais em um suporte metálico denominado frontura. A frontura varia conforme o tipo de máquina (retilínea ou circular). A Figura 3.15, apresenta as fronturas que são portadoras de agulhas as quais podem possuir forma de placas nas máquinas retilíneas.

Figura 3.15 Frontura.
Fonte: knitepédia (2013).

Figura 3.16 Dupla frontura.
Fonte: knitepédia (2013).

Nas máquinas circulares as fronturas são apresentadas na forma de cilindro. As que possuem um único cilindro são chamadas de monofrontura; as máquinas que possuem cilindro e disco são chamadas de dupla frontura.

Nas máquinas circulares que possuem sistema de alimentação positiva, o comprimento da laçada é o parâmetro fundamental no controle da qualidade e das dimensões do tecido (SANCHES, 2006). Portanto, pode-se afirmar que as características dimensionais dos tecidos de malha dependem quase que exclusivamente do comprimento de fio contido em uma laçada.

O fator de cobertura (FC) irá influenciar as propriedades dimensionais dos tecidos de malhas, uma vez que quanto maior for o valor do fator de cobertura, maior será a quantidade de carreiras/cm (ARAÚJO, 1987).

Na fabricação de tecidos de meia malha deve-se usar um fator de cobertura $13 \leq FC \leq 17$. Se o tecido for produzido com um fator de cobertura maior que o limite superior, ele será rígido e terá pouco alongamento. Se o FC utilizado for menor que o limite inferior, o tecido produzido será mole, sem estabilidade. O $FC = 15$ é o mais comum, sendo denominado Fator de Cobertura Padrão (SANCHES, 2006).

Cálculo da Velocidade de Alimentação Positiva

$$VAP(m/min) = \frac{N^{\circ}agulhas \times r \times p \times m \times L.F.A.(teórico)}{100}$$

Cálculo do L.F.A. (Teórico)

$$L.F.A. = \frac{\overline{tex}}{FC}$$

Figura 3.17 Estrutura de máquina circular.
Fonte: knitepédia (2013).

Figura 3.18 Cilindro de máquina circular.
Fonte: knitepédia (2013).

Figura 3.19 Duplo cilindro de máquina circular.
Fonte: knitepédia (2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados na elaboração deste trabalho foram divididos nos seguintes subgrupos: matérias-primas, recursos da malharia, produtos para o beneficiamento têxtil, recursos do laboratório de tingimento e recursos do laboratório de controle de qualidade.

4.1.1 Matérias-primas

Para a fabricação dos tecidos de malha, foram adquiridos fios de viscose e de viscose de bambu com as seguintes características:

- a) Fios fiados de viscose (fiação de anéis), de título nominal: 19,7x1tex;
- b) Fios fiados de viscose (fiação jato de ar), de título nominal: 19,7x1tex;
- c) Fios fiados de viscose de bambu (fiação de anéis), de título nominal: 19,7x1tex.

4.1.2 Recursos da malharia

Os tecidos foram fabricados em uma máquina circular, monofrontura, da marca L. Degoisey, com diâmetro de 95,25mm (3 ¾ polegadas), 236 agulhas, com uma finura de 20 agulhas por polegada, e sistema de alimentação positiva.

4.1.3 Produtos para o beneficiamento têxtil

- a) Igualizante
- b) Detergente nãoiônico
- c) Barrilha (Carbonato de sódio- NaCO_3)
- d) Sal (Cloreto de Sódio- NaCl)
- e) Ácido Acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)
- f) Corante vermelho Remazol
- f) Corante Azul Remazol

4.1.4 Recursos do laboratório de tingimento

- a) Secadora Fisher Modelo 5561-10755

4.1.5 Recursos do laboratório de controle de qualidade

- a) Aspa (Zweigle) – modelo: L 232
- b) Balança analítica (Marte) – carga máxima 500g, menor divisão: 0,001g
- c) Cortador de amostra para verificação da gramatura (Albrecht)
- d) Martindale (James H Heal) – modelo: 406
- e) Cabine de luz (Gretagmacbeth) - modelo SPL: III
- f) Perspirômetro (Atlas) – modelo: PR-1
- g) Estufa (Fabbe Primar) – modelo: 219
- h) Espectrofotômetro (Konica Minolta) – modelo: CM3600D

4.1.5.1 Tendência à formação de pilling

- Equipamentos e materiais
- Martindale
- Tecido de feltro padrão, com gramatura $750 \pm 50 \text{ g/m}^2$ ($22 \pm 1,5$ onça/jarda²) e espessura $3 \pm 0,3 \text{ mm}$ ($0,12 \pm 0,01$ pol.)
- Suporte de Espuma de Poliuretano⁴—, $0,12 \pm 0,04$ pol. ($3 \pm 0,01 \text{ mm}$) de espessura, $1,94 \text{ lbf/pé}^3$ (29 a 31 kg/m^3) de densidade e $38,23$ a $47,22 \text{ lbf}$ (170 a 210 N) de espessura
- Padrões fotográficos

De acordo com a norma ASTM D 4970, para a realização desse ensaio devem ser preparados quatro corpos de prova com 38mm de diâmetro, fixados sobre a espuma de poliuretano e montados em suas respectivas peças do aparelho Martindale. Após essa primeira fase de preparação, também será necessária a montagem dos outros tecido de malha com diâmetro de 140mm sobre os tecidos de feltro de lã de mesmo diâmetro na base do aparelho.

A duração do ensaio é de 100 ciclos, realizados pelo aparelho Martindale; após o termino do ensaio é feita a avaliação dos corpos de prova com diâmetro de 38mm com os padrões fotográficos.

4.1.5.2 Determinação da solidez da cor à água

- Perspirômetro
- Estufa
- Espectrofotômetro
- Escala cinza
- Tecido testemunha multifibras

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 105, para realizar esse ensaio deve-se colocar o tecido na solução durante 15 minutos, tirar o excesso de água, de tal modo que o peso seja no máximo três vezes o peso seco. Colocar o tecido no perspirômetro com pressão de 4,5kg (10lb). Colocar o conjunto na estufa com temperatura de $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 18 horas. Secar o corpo de prova à temperatura ambiente; a avaliação é feita com a escala cinza.

4.2 MÉTODOS

Foram utilizados no estudo fios de mesmo título nominal. Entretanto, foi feita uma comparação de médias de várias populações para verificar se eram estatisticamente iguais os valores efetivos de massa por unidade de comprimento das matérias-primas utilizadas.

4.2.1 Determinação da densidade linear dos fios

Segundo a norma ASTM D 1907 (2006), para realizar esse experimento devem ser preparadas dez meadas com 100 metros de comprimento cada, na aspa, com uma pré-tensão de 0,5 cN/tex. Em seguida, os corpos de prova são pesados e, a partir do peso e comprimento da amostra, pode-se efetuar o cálculo para a obtenção do título do fio. Os valores experimentais encontram-se na tabela 3.1.

Por oportuno, convém registrar que, neste estudo, por não ter sido disponibilizados dez cones de fios de cada matéria-prima, todos os corpos de prova foram obtidos de um mesmo cone.

Tabela 3.1 Resultados do ensaio de determinação da densidade linear.

Densidade linear (tex)		
Viscose (fiação de anéis)	Viscose (fiação jato de ar)	Viscose de bambu (fiação de anéis)
20,40	20,77	19,70
20,68	20,72	19,48
20,41	20,74	19,65
20,43	20,52	19,61
20,45	20,46	19,68
20,63	20,71	19,49
20,40	20,11	19,62
20,60	20,60	19,66
20,67	20,72	19,74
20,63	20,64	19,53

Fonte: autor

4.2.2 Comparação de várias médias

Foi efetuado um Planejamento Aleatorizado por Níveis. Esse tipo de planejamento é recomendado quando se deseja estudar ensaios diferentes tratamentos (a) de uma única variável de influência, com réplicas (n) para cada nível. Segundo Montgomery (2009), o objetivo do ensaio é, através do teste de hipóteses apropriadas, avaliar os efeitos dos tratamentos e estimá-los. A tabela 3.2, mostra a matriz para execução dos ensaios.

Tabela 3.2 Representação genérica de um planejamento aleatorizado por níveis, utilizando n réplicas.

Tratament os	Observaçõe s				Totais	Médias
1	Y_{11}	Y_{21}	...	Y_{1n}	$Y_{1.}$	$\bar{Y}_{1.}$
2	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2n}	$Y_{2.}$	$\bar{Y}_{2.}$
.	.	.	...	.	.	.
.	.	.	...	.	.	.
.	.	.	...	.	.	.
a	Y_{a1}	Y_{a2}	...	Y_{an}	$Y_{a.}$	$\bar{Y}_{a.}$

Fonte: autor

O modelo estatístico linear é definido na equação 3.1, onde: y_{ij} é o j-ésimo elemento obtido no tratamento i, μ é a média, t_i é um parâmetro que define o efeito de cada tratamento e e_{ij} é um componente devido a erros aleatórios.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}, \text{ com } i = 1, 2, \dots, a \text{ e } j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{eq. 3.1})$$

O modelo apresentado é denominada-se análise de variância de um fator único. A análise será objetiva se o planejamento experimental for completamente aleatorizado (MONTGOMERY, 2009).

A análise dos resultados pode ser feita através de um modelo de efeitos fixos ou de um modelo de efeitos aleatórios (modelo de componentes de variância). Na análise do modelo de efeitos fixos, os tratamentos são escolhidos de forma específica, o teste de hipóteses refere-se às médias dos tratamentos e as conclusões extraídas são aplicáveis somente aos níveis considerados na análise (YAMASHITA; SANCHES, 2002).

No modelo de efeitos aleatórios, o teste de hipóteses verifica a variância dos efeitos dos tratamentos e as conclusões da análise podem ser estendidas para todos os outros tratamentos da população, pois os tratamentos analisados representam uma amostra aleatória de uma população de tratamentos (FREUND, 2006).

4.2.3 Teste de hipóteses

O teste de hipótese é utilizado para comparar as médias dos tratamentos. A verificação do teste é feita através da análise de variância. Caso H_0 seja verdadeira, conclui-se que todos os tratamentos têm média igual a μ .

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_a$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ (pelo menos para um par } i,j\text{)}$$

4.2.4 Análise de variância (ANOVA)

A análise de variância é utilizada para aceitar ou rejeitar as hipóteses investigadas com os experimentos. Seu objetivo é analisar os valores e identificar os fatores principais e interações que produzem efeitos significativos nas respostas (SANCHES, 2006).

Os resultados da ANOVA são normalmente apresentados em uma tabela, conforme mostra a Tabela 3.3.

Tabela 3.3 Resumo da tabela ANOVA para análise dos resultados.

Fonte de Variação	Soma de quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados médios	F_0
Entre tratamentos	SS_{Trat}	$(a-1)$	$SS_{\text{Trat}}/(a-1)$	$F_0 = \frac{SS_{\text{Trat}} / (a-1)}{SS_E / (N-a)}$
Erro (dentro dos tratamentos)	SS_E	$(N-a)$	$SS_E/(N-a)$	
Total	SS_T	$(N-1)$		

Fonte: autor

4.2.4.1 Soma de quadrados total (SS_T)

O termo análise de variância deriva da divisão da variabilidade total em seus componentes que, dividida pelo número de graus de liberdade ($N-1$), fornece a variância da amostra, e pode ser determinada pela expressão:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 \quad (\text{eq. 3.2})$$

4.2.4.2 Soma de quadrados entre tratamentos ($SS_{\text{Trat.}}$)

A soma dos quadrados devidos aos tratamentos (dentro dos tratamentos) tem $(a-1)$ graus de liberdade e pode ser determinada pela expressão:

$$SS_{\text{Trat}} = n \sum_{i=1}^a (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 \quad (\text{eq. 3.3})$$

4.2.4.3 Soma de quadrados dentro dos tratamentos (SS_E)

A soma dos quadrados devidos ao erro (dentro dos tratamentos) tem $(N-a)$ graus de liberdade e pode ser determinada pela expressão:

$$SS_T = SS_{\text{Trat.}} + SS_E \quad (\text{eq. 3.4})$$

4.2.4.4 Quadrado médio entre tratamentos ($QM_{Trat.}$)

É a estimativa da variância entre os tratamentos, e pode ser determinado pela expressão:

$$QM_{Trat.} = \frac{SS_{Trat.}}{(a-1)} \quad (\text{eq. 3.5})$$

4.2.4.5 Quadrado médio dentro dos tratamentos ($QM_{Dentrotrat.}$)

É uma estimativa da variância dentro de cada um dos tratamentos e pode ser determinada pela expressão:

$$QM_{Dentrotrat.} = \frac{SS_E}{(N-a)} \quad (\text{eq. 3.6})$$

4.2.4.6 Razão F

Para a análise estatística das hipóteses apresentadas, tem-se que SS_T é uma soma de quadrados de variáveis aleatórias normalmente distribuídas, SS_T/σ^2 , SS_E/σ^2 e $SS_{Trat.}/\sigma^2$ são distribuídas como chi-quadrado, respectivamente, com $(N-1)$, $(N-a)$ e $(a-1)$ graus de liberdade, se a hipótese nula $H_0 : \tau_i = 0$ for verdadeira. Nesse caso, aplicando-se o teorema de Cochran ($N-1 = N-a + a-1$) tem-se que SS_E/σ^2 e $SS_{Trat.}/\sigma^2$ são variáveis aleatórias chi-quadrado independentes.

Se a hipótese nula for verdadeira, ou seja, não houver diferença entre as médias dos tratamentos, a razão F_0 é uma distribuição F com $(a-1)$ e $(N-a)$ graus de liberdade. A razão F pode ser calculada pela expressão:

$$F_0 = \frac{SS_{Trat.} / (a-1)}{SS_E / (N-a)} \quad (\text{eq. 3.7})$$

Caso a hipótese nula seja verdadeira, tanto o numerador quanto o denominador da expressão são estimadores confiáveis de σ^2 . Assim, se o valor esperado para o numerador é maior que o valor esperado para o denominador, deve-se rejeitar H_0 para valores do teste de hipóteses muito grandes, ou seja, a hipótese nula será rejeitada se $F_0 > F_{\alpha, (a-1), (N-a)}$.

A figura 4.1 mostra a representação gráfica da distribuição F de Snedecor para testar o critério F_0 .

Figura 4.1 Distribuição de referência
Fonte: autor

4.2.5 Comparação das médias individuais dos tratamentos

O método do modelo de efeitos fixos permite verificar se as médias de diversos tratamentos são diferentes ou não, mas não é possível determinar quais delas divergem. Para análise das médias individuais dos tratamentos deve-se comparar os somatórios das observações de cada tratamento ou de suas médias. Essas comparações são feitas através dos métodos de comparação múltipla (MONTGOMERY, 2009).

4.2.5.1 Contraste

Muitos métodos de comparação múltipla usam o conceito de contraste. Um contraste C é uma combinação linear dos totais y_i , que permite a comparar as médias dos tratamentos e pode ser calculado pela expressão:

$$C = \sum_{i=1}^a c_i y_i. \quad (\text{eq. 3.8})$$

a) Para tratamentos com o mesmo número de observações, utiliza-se a equação 3.9.

$$\sum_{i=1}^a c_i = 0 \quad (\text{eq. 3.9})$$

b) Para o cálculo da soma dos quadrados de qualquer contraste, com os tratamentos tendo o mesmo número de observações, utiliza-se a expressão 3.10.

$$SSC = \frac{\left(\sum_{i=1}^a c_i y_{i.} \right)^2}{n \sum_{i=1}^a c_i^2} \quad (\text{eq. 3.10})$$

c) Teste de hipótese de um contraste

$$H_0: C = 0$$

$$H_1: C \neq 0$$

d) Análise dos resultados

Para testar as hipóteses, calcula-se a razão F_0 , utilizando-se a expressão 3.11, que deve ser distribuída como $F_{\alpha,1,(N-a)}$ caso a hipótese nula seja verdadeira. H_0 será rejeitada se $F_0 > F_{\alpha,1,(N-a)}$.

$$F_0 = \frac{SSC}{SS_E / (N - a)} \quad (\text{eq. 3.11})$$

A Figura 4.2 mostra a representação gráfica da distribuição de referência para testar o critério F_0 .

Figura 4.2 Representação gráfica da distribuição de referência (Distr. F)
Fonte: autor

4.2.6 Análise dos resultados

4.2.6.1 Planejamento aleatorizado por níveis

Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para verificar se os valores de densidade linear das matérias-primas empregadas na fabricação das malhas eram estatisticamente iguais. Para a análise dos resultados, foi utilizado um intervalo de confiança de 95% ($p=0,05$).

4.2.6.2 Teste de hipóteses

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j, \text{ para qualquer par } i, j$$

Tabela 3.4 Resumo da tabela ANOVA para testar a hipótese H_0 dos valores de densidade linear dos fios 100% viscose (fiação de anéis), 100% viscose (fiação jato de ar) e 100% viscose de bambu (fiação de anéis).

Fonte variação	Soma Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F0
Entre tratamento	6,02	2	3,01	150,5
Erro (dentro tratamento)	0,56	27	0,02	
Total	6,58	29		

Fonte: autor

Da distribuição F Snedecor tem-se que $F_{0,05,2,27}$ é igual a 3,35. Como $F_0 > F_{0,05,2,27}$, pode-se dizer que há uma evidência muito forte de que H_0 seja falsa e que pelo menos dois fios possuem densidades lineares diferentes. Portanto, se forem mantidas as mesmas regulagens da máquina circular, as malhas produzidas terão gramaturas médias diferentes.

4.2.6.3 Comparação das médias individuais dos tratamentos

Para comparar os valores médios dos títulos dos fios foram verificadas as seguintes hipóteses nulas:

$$1) H_0: \mu_1 = \mu_2 \Rightarrow C_1 = 1.y_1 - 1.y_2 + 0.y_3$$

$$2) H_0: \mu_1 = \mu_3 \Rightarrow C_2 = 1.y_1 + 0.y_2 - 1.y_3$$

$$3) H_0: \mu_2 = \mu_3 \Rightarrow C_3 = 0.y_1 + 1.y_2 - 1.y_3$$

4.2.6.4 Verificação da restrição (experimentos com o mesmo número de amostras)

$$C_1, \text{ tem-se: } 1 - 1 + 0 = 0$$

$$C_2, \text{ tem-se: } 1 + 0 - 1 = 0$$

$$C_3, \text{ tem-se: } 0 + 1 - 1 = 0$$

Portanto, todos os contrastes propostos satisfazem o critério.

4.2.6.5 Teste de hipótese

1ª hipótese – $H_0: \mu_1 = \mu_2$, tem-se que $SS_{c1} = 0,07935$ e $F_{01} = 3,96$

2ª hipótese – $H_0: \mu_1 = \mu_3$, tem-se que $SS_{c2} = 14,0148$ e $F_{02} = 700,74$

3ª hipótese – $H_0: \mu_2 = \mu_3$, tem-se que $SS_{c3} = 16,1048$ e $F_{03} = 805,24$

Da distribuição F Snedecor tem-se que $F_{0,05, 1, 27}$ é igual a 4,21. Por conseguinte, somente a 1ª hipótese deve ser aceita ($F_{0,05, 1, 27} > F_{01}$). Dessa forma, conclui-se que os títulos médios dos fios de viscose fabricados pelo processo fiação de anéis e pelo processo jato de ar são estatisticamente iguais.

4.2.7 Fabricação das malhas – tecido cru

Segundo Araújo (1987), o comprimento da laçada é o parâmetro fundamental no controle das dimensões do tecido quando se trabalha com o sistema de alimentação positiva. Portanto, como os fios de viscose possuem títulos médios iguais e os de viscose de bambu possuem títulos médios diferentes, para produzir as malhas com gramaturas médias estatisticamente iguais, foi preciso regular a máquina com diferentes velocidades de alimentação positiva.

Os tecidos foram fabricados em uma máquina circular, conforme especificado no subitem 3.2.1. Foram realizadas as seguintes regulagens:

a) Meia malha 100% viscose (fiação de anéis) – Velocidade de alimentação positiva = 140 m/min.

b) Meia malha 100% viscose (fiação de jato de ar) – Velocidade de alimentação positiva = 140 m/min.

c) Meia malha 100% viscose de bambu (fiação de anéis) – Velocidade de alimentação positiva = 145 m/min.

4.2.7.1 Determinação da gramatura

De acordo com a norma ASTM D 3776 – 96, para a realização desse ensaio devem ser preparados, utilizando-se gabarito com 100 cm^2 de área cada um, cinco corpos de prova. Na sequência, os corpos de provas devem ser pesados em uma balança analítica; a partir do peso obtido, pode-se efetuar o cálculo para se obter a gramatura do artigo em gramas por metro quadrado.

Tabela 3.5 Resultados do ensaio de determinação da gramatura do tecido cru.

Gramatura (g/m ²)		
Viscose (Fiação de anéis)	Viscose (Fiação jato de ar)	Viscose de bambu (Fiação de anéis)
127,20	136,20	133,40
128,40	124,20	131,20
130,17	132,30	138,50
129,62	132,40	133,80
131,00	130,00	132,10

Fonte: autor

4.2.8 Análise dos resultados

4.2.8.1 Planejamento aleatorizado por níveis

Foi aplicada a análise de variância (ANOVA) para verificar se os valores de gramatura das malhas (tecido cru) eram estatisticamente iguais. Para a análise dos resultados foi utilizado um intervalo de confiança de 95% ($p=0,05$).

4.2.8.2 Teste de hipóteses

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j, \text{ para qualquer par } i, j$$

Tabela 3.6 Resumo da tabela ANOVA para testar a hipótese H_0 dos valores de gramatura (tecido cru) fabricadas com os fios: 100% viscose (fiação de anéis), 100% viscose (fiação jato de ar) e 100% viscose de bambu (fiação de anéis).

Fonte	Soma	Graus de	Quadrados	F0
variação	Quadrados	Liberdade	Médios	
Entre	31,01	2	15,51	1,34
tratamento				
Erro (dentro	139,30	12	11,61	
tratamento)				
Total	170,32	14		

Fonte: autor

Da distribuição F Snedecor, tem-se que $F_{0,05,2,12}$ é igual a 3,89. Como $F_0 > F_{0,05,2,12}$; pode-se dizer que há uma evidência muito forte de que H_0 seja verdadeira,

ou seja, as gramaturas médias das malhas (tecido cru) fabricadas são estatisticamente iguais.

4.2.9 Métodos - Beneficiamento

O processo de beneficiamento iniciou com a identificação do material e com a escolha da cor a ser tingida, conforme ilustrado nas fotos da Figura 4.3.

Figura 4.3 Amostra nº 1 malha de viscose convencional (fiação de anéis), nº 2 malha de viscose convencional (fiação jato de ar), nº 3 malha de viscose de bambu (fiação de anéis).
Fonte: autor

Após a definição da cor, sua receita para obtê-la é encaminhada para o setor de produção juntamente com as amostras. O processo de beneficiamento foi dividido em três etapas: preparação do material (purga e alvejamento), tingimento e acabamento. A purga é a fase em que são retiradas todas as impurezas existentes no material, no caso, as amostras de malha. A Figura 4.4 apresenta a pesagem das amostras de malha para que possam ser separados e pesados todos os substratos e volumes de água necessários para a realização dessa etapa.

Figura 4.4 Pesagem das malhas (a); Pesagem de produtos para o processo de purga (b).
Fonte: autor

4.2.9.1 Preparação dos artigos de viscose em geral

O processo de purga foi realizado com a utilização de água e detergentes. A malha é fervida durante aproximadamente trinta minutos a uma temperatura de 60°C (ALFIERI, 2006).

As três amostras foram purgadas em banho único, conforme mostram as fotos da Figura 4.5, garantindo, assim as mesmas condições.

(b)

(c)

Figura 4.5 Aquecimento das soluções e introdução das amostras (a), Início do processo de purga (b); Acompanhamento do processo (c).

Fonte: autor

Após o processo de purga, as amostras foram lavadas, deixando-as em condições para se fazer o tingimento. O processo de tingimento iniciou-se com a separação e a pesagem dos produtos e corantes necessários para essa etapa. De acordo com Salem (2000), tingimento é um processo químico em que se modifica a cor de uma fibra têxtil por meio da aplicação de corantes específicos, variando-se o procedimento de acordo com o tipo de fibra a ser tingida. O processo de tingimento das amostras relativas a este trabalho teve início com a escolha da cor, com a separação e a pesagem dos corantes que, nesse trabalho, foram os chamados reativos, - pois são os mais utilizados no mercado - e produtos necessários para o desenvolvimento da operação e a realização do tingimento. Na escolha dos produtos e corantes considerou-se, segundo Carvalho (2007), a natureza das amostras, no caso, celulósicas, suas características e propriedades, no caso, a natureza dos

corantes, a afinidade, a fixação e a economia. As fotos da Figura 4.6 ilustram essa fase.

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 4.6 Pesagem dos corantes.
Fonte: autor

Após a separação dos produtos necessários para o tingimento, eles foram introduzidos e diluídos em um recipiente com água na temperatura de 60°C tornando essa solução ideal para o recebimento das amostras a serem tingidas, como ilustram as fotos da Figura 4.7.

Figura 4.7 Introdução do corante (a e b); Diluição e mistura em água (c); Verificação da temperatura ideal para o processo (d).
Fonte: autor

As malhas foram tingidas em duas cores: azul e rosa. A diferença ocorreu na fase inicial com a adição de peróxido de hidrogênio no processo de purga nas amostras tingidas na cor rosa. O peróxido de hidrogênio, substância utilizada no processo de alvejamento em viscose, teve como objetivo provocar o branqueamento das amostras para o melhor resultado após o tingimento. As fotos da Figura 4.8 mostra o início do tingimento.

(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

Figura 4.8 Introdução das amostras para iniciar tingimento (a); Processo de tingimento (b e c); Verificação da cor (d); Secagem das amostras (e).
Fonte: autor

O mesmo processo foi aplicado para o tingimento das amostras na cor azul. As fotos que seguem (Figura 4.9) ilustram as etapas do tingimento.

Figura 4.9 Verificação da temperatura ideal (a); Acompanhamento do processo de tingimento (b e c); Verificação da cor (d); Amostras após tingimento (e); Secagem das amostras (f).
Fonte: autor

4.2.9.2 Determinação da gramatura- tecido tinto

De acordo com a norma ASTM D 3776 – 96, para realizar esse ensaio precisam ser preparados cinco corpos de prova, utilizando-se gabarito com 100cm² de área cada um. Em seguida os corpos de provas devem ser pesados em uma balança analítica; a partir do peso obtido, pode-se efetuar o cálculo para obtenção da gramatura do artigo em gramas por metro quadrado.

Tabela 3.7 Resultados do ensaio de determinação da gramatura do tecido tinto.

Gramatura (g/m ²)		
Viscose (Fiação de anéis)	Viscose (Fiação jato de ar)	Viscose de bambu (Fiação de anéis)
141,50	151,50	157,80
139,80	148,50	161,50
140,40	151,70	160,70
139,50	151,80	161,90
140,90	152,10	162,10

Fonte: autor

4.2.10 Análise dos resultados

4.2.10.1 Planejamento aleatorizado por níveis

Foi feita a análise de variância (ANOVA) para verificar se os valores de gramatura das malhas (tecido cru) eram estatisticamente iguais. Para a análise dos resultados, foi utilizado um intervalo de confiança de 95% ($p=0,05$).

4.2.10.2 Teste de hipóteses

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j, \text{ para qualquer par } i, j$$

Tabela 3.8 Resumo da tabela ANOVA para testar a hipótese H_0 dos valores de gramatura (tecido tinto) fabricadas com os fios: 100% viscose (fiação de anéis), 100% viscose (fiação jato de ar) e 100% viscose de bambu (fiação de anéis).

Fonte variação	Soma Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	F0
Entre tratamento	623,54	2	311,77	8,51
Erro (dentro tratamento)	439,48	12	36,62	
Total	1063,02	14		

Fonte: autor

Da distribuição F Snedecor tem-se que $F_{0,05,2,12}$ é igual a 3,89. Como $F_0 > F_{0,05,2,27}$, pode-se dizer que há uma evidência muito forte de que H_0 seja falsa e que pelo menos dois tecidos possuem gramaturas médias diferentes.

4.2.10.3 Comparação das médias individuais dos tratamentos

Para comparar os valores médios dos títulos dos fios foram verificadas as seguintes hipóteses nulas:

$$1) H_0: \mu_1 = \mu_2 \Rightarrow C_1 = 1.y_1 - 1.y_2 + 0.y_3$$

$$2) H_0: \mu_1 = \mu_3 \Rightarrow C_2 = 1.y_1 + 0.y_2 - 1.y_3$$

$$3) H_0: \mu_2 = \mu_3 \Rightarrow C_3 = 0.y_1 + 1.y_2 - 1.y_3$$

4.2.10.4 Verificação da restrição (experimentos com o mesmo número de amostras)

$$C_1, \text{ tem-se: } 1 - 1 + 0 = 0$$

$$C_2, \text{ tem-se: } 1 + 0 - 1 = 0$$

$$C_3, \text{ tem-se: } 0 + 1 - 1 = 0$$

Portanto, todos os contrastes propostos satisfazem o critério.

4.2.10.5 Teste de hipótese

$$1^a \text{ hipótese} - H_0: \mu_1 = \mu_2, \text{ tem-se que } SS_{c1} = 477,04 \text{ e } F_{01} = 13,03$$

$$2^a \text{ hipótese} - H_0: \mu_1 = \mu_3, \text{ tem-se que } SS_{c2} = 1703,66 \text{ e } F_{02} = 46,52$$

3ª hipótese – $H_0: \mu_2 = \mu_3$, tem-se que $SS_{c3} = 390,42$ e $F_{03} = 10,66$

Da distribuição F Snedecor tem-se que $F_{0,05, 1, 12}$ é igual a 4,75. Como para as três hipóteses testadas o valor de $F_0 > F_{0,05,2,12}$, pode-se dizer que há uma evidência muito forte de que H_0 seja falsa, ou seja, as gramaturas médias das malhas (tecido tinto) não possuem gramaturas médias estatisticamente iguais.

4.3 TESTE *PILLING*

4.3.1 Norma de referência

ASTM-D 4970/07 – *Pilling resistance and other related surfasse changes of textile fabrics (Martindale pressure tester method)*.

4.3.2 Equipamentos e Materiais

A - *Martindale pressure tester*;

B - Tecido de feltro composto de lã;

C – Espuma de poliuretano;

D – Máquina fotográfica marca Nikon COOLPIX S6200.

4.3.3 Corpos de prova

Tecidos de malha cortados com diâmetro de 38mm a 140mm.

4.3.4 Considerações

Para esse ensaio foram preparados corpos de prova medindo 38mm e 140 mm, que, devidamente posicionados foram submetidos ao ensaio pelo *Martindale* por 100 ciclos, onde, após os ensaios, foram anexados e avaliados, conforme RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 184.1/2013 SENAI LABORATÓRIO DE ENSAIOS TÊXTEIS.

4.3.5 Resultados Experimentais

A Figura 4.10 mostra os corpos de prova após a realização dos testes de *pilling*.

Figura 4.10 Corpos de prova após teste *Pilling*.
Fonte: autor

4.3.6 Análise e discussão dos resultados

O teste de determinação da resistência ao pelotamento (*pilling*) está diretamente relacionado com a vida útil do produto confeccionado com o tecido de determinada fibra, considerando os seus aspectos estéticos e de utilidade; ou seja, a vida útil é inversamente proporcional à capacidade de pelotamento.

As amostras (Figura 4.10) de nº1 e nº3 receberam nota 1 e a amostra de nº 2 recebeu nota 2.

4.4 TESTE DE SOLIDEZ

4.4.1 Norma de referência

NBR ISO 105-E01ASTM-D 4970/07 – Solidez da cor à água.

4.4.2 Equipamentos e Materiais

- A – Perspirômetro, mod.PR-1, Atlas;
- B – Estufa, mod.219, Fabbe Primar;
- C – Espectrofotômetro Konica Minolta CM36D.
- D – Tecidos-Testemunha ISSO;

4.4.3 Corpos de prova

Tecidos de malha cortados com dimensões de 40mm x 100mm.

4.4.4 Considerações

Essa parte da ABNT NBR ISO 105 especifica um método para determinar a resistência da cor de têxteis de todos os tipos e em todas as formas, após imersão em água.

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 184.1/2013 SENAI LABORATÓRIO DE ENSAIOS TÊXTEIS.

4.4.5 Resultados Experimentais

Figura 4.11 Tecido testemunha após teste de solidez
Fonte: autor

4.4.6 Análise e discussão dos resultados

O teste de determinação da solidez da cor à água também é relacionado com a vida útil do produto, uma vez que determinará a velocidade com que a cor permanecerá ou desbotará após processo de lavagem. De modo análogo, quanto mais facilmente perder a cor, menor será sua vida útil. Com os resultados de ambos

os testes, os materiais produzidos de distintas fibras poderão ser comparados com relação ao de seu uso final. O processo de fabricação dos fios também influenciou diretamente no resultado dos testes de solidez. As amostras de nº1 recebeu nota 4, a nº 2 recebeu nota 4/5 e a de nº3 recebeu nota 3/4.

CONCLUSÃO

O projeto de fabricação de um produto possui várias fases, que se iniciam pela obtenção da matéria-prima, e termina com a sua colocação no mercado. Pelo estudo aqui desenvolvido foi possível verificar a importância dessas várias fases no resultado final do produto na perspectiva da sustentabilidade dos recursos naturais no que dizem respeito ao uso desse produto. Por outro lado, os ensaios desenvolvidos nos corpos de prova fabricados com fios de viscose apresentaram diferenças.

Conclusões retiradas da análise dos resultados:

Após a análise de comparação entre as amostras, esses resultados foram favoráveis à amostra desenvolvida por um processo utilizado pelas fiações conhecido por jato de ar. Após esses resultados, sempre sob o prisma da sustentabilidade ambiental verificou-se que:

Dentro de um processo de desenvolvimento de um produto, deve-se analisar um conjunto de fatores, bem como analisar o desenvolvimento como sendo um projeto que é formado por várias fases.

Os processos de fabricação influenciam diretamente o aspecto e a qualidade do produto final, dando aparência muito semelhante, mesmo quando fabricado por matérias-primas diferentes; no caso deste estudo, foi o fio de viscose obtido de bambu e o fio de viscose extraído de outras árvores.

O uso das matérias-primas, ao levar em conta os ditames da sustentabilidade dos recursos naturais deve considerar não só os aspectos estéticos, como também os aspectos funcionais.

A escolha da matéria-prima deve ocorrer mediante estudo específico em relação ao menor impacto por ela causado ao meio ambiente; essa escolha implica desde a sua obtenção, cultivo e transformação, até a sua utilização no processo de produção; isto porque seus pontos fortes ou pontos fracos podem ser compensados, dependendo de seu processo de produção e transformação para um novo produto.

As hipóteses de que a viscose obtida da polpa de bambu e a viscose convencional, quando produzidas com as mesmas características e mediante os mesmos processos, não apresentariam diferenças foi confirmada, através dos ensaios realizados nas amostras de malha. Portanto este estudo deixou claras três

possibilidades exequíveis:

- o bambu é uma opção para o segmento têxtil na fabricação da viscose por causar menores impactos na natureza.

- é fundamental haver o equilíbrio entre fatores estéticos e funcionais.

- é também fundamental o equilíbrio entre a arte e a ciência para que se obtenham melhores resultados nas questões relativas ao desenvolvimento sustentável, na perspectiva da ecoeficiência e do ecodesign, enfim, dos aspectos que envolvem a responsabilidade social das indústrias têxteis.

Por último, a proposta do uso sustentável da fibra de viscose de bambu não deve ser considerada um ponto final; pelo contrário. Trata-se de um ponto de partida para novas soluções de caráter ecológico, que incluem ainda:

- estudo das viabilidades da utilização da garrafa PET na produção de fios para a fabricação de tecidos.

- estudo do processo de fabricação de tecidos reciclados.

Como uma última reflexão, o término dessa pesquisa remete à justificativa enfatizada nas primeiras páginas do presente estudo: Pode-se afirmar que a indústria têxtil deve estar preparada para responder ao fenômeno da moda que obriga a uma enorme versatilidade de produtos e processos. O ideal será, pois, responder a esse fenômeno e estar atento à crescente e necessária preocupação ecológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-NETO, Pedro Pita. **Fibras têxteis**. v. 1 e v. 2. Rio de Janeiro: SENAI CETIQT, 1996.

ALFIERI, Paulo P. M. Apostila Tecnologia das Fibras. v. 1 e 2. FEI – Faculdade Educacional Inaciana, São Bernardo do Campo, 2005.

ALLEN, P., **Connecting the social and the ecological in Sustainable Agriculture, In Food for the future: conditions and contradictions of Sustainability**, Edited by ALLEN, P., John Wiley & Sons, New York, 1993.

ALVES, Gabriela Jobim da Silva; RAPHAELLI, Nathália. FANGUEIRO, Raul. Desenvolvimento sustentável na indústria têxtil: estudo de propriedades e características de malhas produzidas com fibras biodegradáveis. XXII CONGRESSO NACIONAL DE TÉCNICOS TÊXTEIS – VIII FENATÊXTIL 2006. Disponível em: <<http://www.nds.ufrgs.br/admin/documento/arquivos/FibrasBiodegradaveis.pdf>>. Acesso em: 5 nov. 2011.

ANDRADE, Rui Otávio Bernardes de; TACHIZAWA, Takeshy; CARVALHO, Ana Barreiros de. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Makron Books, 2002.

ARAÚJO, Mário de; MELO; CASTRO, Ernesto Manuel. **Manual de engenharia têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gul Benkian, 1987. v.2.

ASTM. American Society for Testing and Materials, ASTM D 123 – 03. **Standard Terminology Relating to Textiles**. West Conshohocken, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL – ABIT. Informativos 2008. Disponível em: <www.abit.org.br>. Acesso em: 10 nov. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 105 – B02 – Têxteis – Ensaio de solidez da cor à luz. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 105 – C06 – Têxteis – Ensaio de solidez da cor – Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 105 – E04 – Têxteis – Ensaio de solidez da cor – Parte E04: solidez da cor ao suor. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10588 – Tecidos Planos – Determinação da densidade de fios. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10589 – Materiais têxteis – Determinação da largura de tecidos. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10591 – Materiais têxteis – Determinação da gramatura de superfícies têxteis. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 11912 – Materiais têxteis – Determinação da resistência à tração e alongamento de tecidos. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12005 – Materiais têxteis – Determinação de comprimento de tecidos. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12546 – Materiais têxteis – ligamentos fundamentais de tecidos planos. 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12960 – Tecido de malha – Determinação da elasticidade e alongamento. 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13371 – Materiais Têxteis – Determinação de espessura. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 105-X12 – Têxteis – Ensaio de solidez da cor – Parte X12: Solidez à fricção. 2007.

BELLEN, Hans Michael Van. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Ambiente & Sociedade**. v. VII, n. 1, jan./jun. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v7n1/23537.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2011.

G. Birtwistle; C M Moore, Fashion clothing—where does it all end up? **International Journal of Retail & Distribution Management**, Edimburgo, 2007.

BRASIL. **Resolução n. 2, de 6 de maio de 2008.** Dispõe sobre a aprovação do Regulamento Técnico Mercosul Sobre Etiquetagem de Produtos Têxteis.

CENTRE FOR SUSTAINABLE FASHION, Centre for Sustainable Fashion of London College of Fashion. Disponível em: < <http://www.sustainable-fashion.com/fashioning-the-future/>>. Acesso em: 11 nov. 2012.

CENTRO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA A INDÚSTRIA DE LANIFÍCIOS (CILAN). Disponível em: <www.cilan.pt>. Acesso em: 30 nov. 2011.

CHATAIGNIER, Gilda. **Fio a fio: tecidos, moda e linguagem.** São Paulo: Estação das Letras, 2006.

CHAVAN, RB. Eco.fibres and eco.friendly Textiles. XXI CONGRESSO NACIONAL DE TÉCNICOS TÊXTEIS – II SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA TÊXTIL, 2004. Natal. Brasil. Anais 2004. 1CD.

COBRA, Marcos. **Marketing e moda.** São Paulo: Editora SENAC, 2007.

CONMETRO - CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Serviço Público Federal. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000213.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2011.

DAS, S. **Properties of bamboo fiber.** [S.l.: s.n.]. 2007. Disponível em: <www.fibre2fashion.com>. Acesso em: 30 nov. 2011.

DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental na empresa.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999. ECO-DESENVOLVIMENTO. Informativo. Disponível em: <www.ecodesenvolvimento.org.br>. Acesso em: 30 nov. 2011.

EEOB. Department of Ecology, Evolution, and Organismal Biology. Distribuição geográfica dos bambus lenhosos no mundo Disponível em: <<http://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/maps/world-total-woody.gif>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

E-FABRICS. Site institucional. Disponível em: <www.e-fabrics.com.br>. 2009. Acesso em: 30 nov. 2011.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. São Paulo: Livros da Terra Editora, 1996.

EMBACHER Airton. **Moda e identidade: construção de um estilo próprio**. São Paulo: Editora Anhembi Morumbi, 1999.

ERHARDT Theodor. **Curso técnico têxtil: física e química aplicada, fibras têxteis, tecnologia**. São Paulo: EPU, 1976.

ESMOD. Esmod Berlin – International University of Art for Fashion - MA "Sustainability in Fashion". Disponível em: < <http://www.esmod.de/en/berlin/study-courses/ma-sustainability-fashion/>>. Acesso em: 11 nov. 2012.

FAJARDO Elias. **Fios e fibras**. Rio de Janeiro: Editora SENAC Nacional, 2002.

FALCETTA, E. J. Nova geração de fios sintéticos. **Revista Textília** nº 48, p. 14-22, mai/jun 2003.

FARRELLY, David. **The Book of Bamboo**, São Francisco: Thames and Hudson, 1996.

FEGHALI, Marta Kasznar. **As engrenagens da moda**. Rio de Janeiro: Editora SENAC, 2004.

FEENBERG, Andrew. **Questioning Technology**. New York: Routledge 1999.

FILGUEIRAS Araguacy *et al.* A Importância das fibras e fios no design de têxteis destinados à prática desportiva. 15.1 **Rev. da Associação Estudos em Design**. PUC-Rio, Rio de Janeiro - Brasil, 2008.

FLETCHER, Kate. **Sustainable Fashion & Textiles**. London: Earthscan, 2008

FORUMTEXTIL. Microscopia das fibras têxteis. Disponível em: <www.forumtextil.com.br/fibramicroscop.htm>. Acesso em: 30 nov. 2011.

FREUND, John. E. **Estatística aplicada economicamente**. Bookman, 2006.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. As empresas são grandes coleções de processos. **RAE - Revista de Administração de Empresas de Empresas**. jan./mar. 2000. São Paulo, v. 40, n. 1, p. 6-19. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=155118213001>>. Acesso em: 5 out. 2011.

GUIMARÃES, Bárbara Maria Gama *et al.* SANCHES, Regina Aparecida; BARUQUE-RAMOS, Julia. (Orient.). A busca pelo conforto e o estudo das fibras biodegradáveis. Artigo *on-line*. V CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN BRASIL out-nov. 2009. Disponível em: <<http://www.faac.unesp.br/ciped2009/anais/Design,%20Moda%20e%20tecnologia%20textil/A%20Busca%20Pelo%20Conforto%20e%20o%20Estudo.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2011.

HAWLEY, J. **Economic impact of textile and clothing recycling**. in: HETHORN, J & ULASEWICZ, C (Eds.), *Sustainable fashion: Why now?*. New York, NY: Fairchild Books, 2008.

HOLME, Lan. "**Biofibres by Eco-Friendly Technology**." Impact, 2009

HORROCKS, A. R; MIRAFITAB, M. **Ecotextiles**. woodhead Publishing Limited, 2007. "About Bamboo." Bamboosa. <www.bamboosa.com>. Acesso em: 6 out. 2012.

IBD. - Associação de Certificação Instituto Biodinâmico. Disponível em: <<http://www.ibd.com.br/pt/Default.aspx>>. Acesso em: 11 nov. 2012.

IEMI. Instituto de Estudos e Marketing Industrial, Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira. São Paulo: Brasil Têxtil, 2001-2008. Disponível em: <www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/Set2905.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2011.

ICSID- International Council of Societies of Industrial Design. Acesso em 8 nov. 2012 em: <http://www.icsid.org/about/articles31.htm>.

INSTITUTO AKATU. **Responsabilidade social das empresas – percepção do consumidor brasileiro (Pesquisa 2006 e 2007)**. Disponível em: <http://www.akatu.org.br/akatu_acao/publicacoes/perfil-do-consumidor>. Acesso em: 30 nov. 2011.

INSTITUTO ETHOS. **O que é responsabilidade social empresarial**. Disponível em: <http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/pt/29/o_que_e_rse/o_que_e_rse.aspx>. Acesso em: 12 nov. 2011.

ITIKAWA, Xênia; TEIXEIRA, Joselena de Almeida. **O design de mobiliário aliado a segurança**. 1º Simpósio Brasileiro em design sustentável. Curitiba. UFPR. 2007.

IYER, C. et al., Máquinas circulares: teoria y práctica de la tecnología del punto. Meisenbach, Bamberg, 1997.

KHATRI, Zeeshan. "Environmental Friendly Textiles." *Knol*. 2008. Disponível em: <<http://knol.google.com/k/environmental-friendly-textiles-a-road-to-sustainability.html>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

KEENEY, D.R. Sustainable agriculture: definition and concepts. **Journal of Production Agriculture**, Braunschweig. 1990.

KIDD, C.V. The evolution of sustainability: **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, Vol 5, 1992.

KNITEPEDIA, Disponível em: <www.knitepedia.co.uk/browse/knit_tech/Clothing_tech/Seam_pucker/Thread_tension_pucker_causes_and_prevention.htm> Acesso em: 5 out. 2011.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin Lane. **Administração de marketing**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LACKMAN, M. **Bamboo: facts behind the fiber**. [S.l.: s.n.]. 2007. Disponível em: <http://organicclothing.blogs.com/my_weblog/2007/09/bamboo-facts-be.html>. Acesso em: 30 nov. 2011.

LAVER, James. **A roupa e a moda: uma história concisa**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

LEE, S., Preez, W.D., JONES, N.T., **Fashioning the Future: Tomorrow's Wardrobe**, São Francisco: Thames & Hudson, UK, 2005,

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LEHMAN, H., ANN CLARK, E., WEISE, S.F., **Clarifying the definition of sustainable agriculture**: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, Vol 6, no 2, 1993.

LI-FEI. Bamboo fiber. 2007. Disponível em: <www.li-fei.com/bamboo.htm>. Acesso em: 5 out. 2011.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. **Construções de concreto**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda. 1977.

MANNING, Johneen. "Bamboo Eco-Fashion." *Suite101.com*. April 12, 2008. <http://womensfashion.suite101.com/article.cfm/bamboo_eco_fashion>. Acesso em 5 mai. 2012.

MANZINI, Ezio; Carlo VEZZOLI. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis** - os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002.

MELO, Tristana Veras de. Têxteis orgânicos – nova moda. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Têxtil. Área de Especialização Design e Marketing. Universidade do Minho. Escola de Engenharia) 2009. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10747/1/T%C3%AAxteis%20org%C3%A2nicos%20-%20nova%20moda.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2011.

MOREIRA, Leandro. A Moda e o meio ambiente. 2009. Disponível em: <<http://moda.culturamix.com/tendencias/a-moda-e-o-meio-ambiente>>. Acesso em: 4 mai. 2012.

MÜLLER, Cláudio José *et al.* Gerenciamento de Processos e Indicadores em Educação a Distância. in: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ouro Preto, MG, 21 a 24 de out de 2003, ENEGEP 2003. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0107_1744.pdf>. Acesso em: 5 out. 2011.

NATURALLY. SPINNERET. 20 nov. 2009. Disponível em: <www.naturallyadvanced.wordpress.com>. Acesso em: 11 nov. 2012b.

NERY, Marie Luise. **A evolução da indumentária: subsídios para criação de figurino**. 3. Reimpr. Rio de Janeiro: SENAC Nacional, 2009.

NOVAES, W. (Coord.); RIBAS, O.; NOVAES, P. da C. **Agenda 21 Brasileira** - Bases para discussão. Brasília: MMA/PNUD, 2000.

NUNES, Antônio Ricardo Sampaio. **Construindo com a natureza bambu**: uma alternativa de ecodesenvolvimento. 2005 (Dissertação de Mestrado). Núcleo de Pós-

Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg2/Monografia%20Fernanda%20de%20Meio%20Nogueira.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2011.

PEREIRA, Marco Antônio dos Reis. **Bambu: características e aplicações**. Bauru: Editora da UNESP, 2001.

PEREIRA, Marco Antônio dos Reis; BERALDO Antonio L. **Bambu de corpo e alma**. Canal 6 Editora, 2008.

PET. INVESTNEWS. 2004. Disponível em: <<http://www.investnews.com.br>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

PEZZOLO, Dinah Bueno. **Tecido: história, tramas, tipos de usos**. São Paulo: Editora SENAC, 2007

PITA, P. **Fibras Têxteis**. v. 1 (341 p.) e v. 2 (293 p.), Rio de Janeiro: SENAI, 1996.

PLANFOR. Disponível em: <www.planfor.fr>. Acesso em: 30 nov. 2011.

PORTUGAL TÊXTIL. Disponível em: <<http://www.portugaltêxtil.com>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

PRAKASH, NELLİYAT. "**Industrial growth and environmental degradation**." PhD Thesis, Tiruppur, India. 2007

RECH, Sandra. R. **Cadeia produtiva da moda: um modelo conceitual de análise da competitividade no elo confecção**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

REGIS, Frederico Menezes. **Pontecialidade do bambu**. Salvador: 2004.

REIJNTJES, C., HAVERKORT, B., WATERS-BAYER, A. **Farming for the future: an introduction to low-external input and sustainable agriculture**, London: The Macmillan Press, 1992.

RIBEIRO, Luiz Gonzaga. **Introdução à tecnologia Têxtil**. Rio de Janeiro: Editora SENAI/CETIQT, 1984.

SACHS, Ignacy. Desenvolvimento sustentável: desafio do século XXI. **Revista Ambiente e Sociedade**, jul-dez. 2004, v. 7, n. 2, p. 214-216. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414753X2004000200016&script=sci_arttext>. Acesso em: 5 nov. 2011.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para do século XXI – desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel – Fundação para o Desenvolvimento Administrativo, 1993.

SALEM, Vidal. **Tingimento têxtil: fibras, conceitos e tecnologias**. São Paulo: Blucher: Golden Tecnologia, 2010.

SANCHES, Regina A. Procedimento para o desenvolvimento de tecidos de malha a partir do planejamento de experimentos. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. Tese de Doutorado.

SENAI. - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – Informativos. Disponível em: <www.design.senai.br>. Acesso em: 10 out. 2011.

SHARMA, Y.M.L. “Production and Utilisation of Bamboos and Related Species in S. Asian Region in the Rural Sector: Bamboo Special II,” Indian Forester. 1988

SILVA-FILHO, Julio Cesar Gomes da *et al.* Aplicação da produção mais limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Revista Produção**. v. 17, n.1. 2007. p. 109-128.

SOUZA, Maria C. M. Algodão orgânico: o papel das organizações na coordenação e diferenciação do sistema agroindustrial do algodão. 1998. 187 p. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: USP/FEA,

THRUPP, L.A., Political ecology of sustainable rural development: dynamics of social and natural resource degradation, in: **Food for the Future: Conditions and Contradictions of Sustainability**, Edited by Allen, P., John Wiley & Sons, New York. 1993.

TNS MARKET RESEARCH, 2008. Our Green world. Open Access, Disponível em <http://www.tnsglobal.com/_assets/files>. Acesso em: 30 nov. 2011.

TORRINHAS, Francisco. Dicionário Latino-Português. 3. Ed. Porto: Edições Marânus, 1945.

TRANBERG, K. **Helping or hindering?** Controversies around the international second-hand clothing trade. *Anthropology Today*, 2004

TREPTOW, Doris. **Inventando moda: planejamento de coleção**. Brusque: D. Treptow, 2007.

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Bambucreto. 2002. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2002/Bambu/processo_construtivos.htm> Acesso em: 11 nov. 2012.

UNCTAD. United Nations Conference on Trade and Development. Disponível em: <<http://archive.unctad.org/Templates/Webflyer.asp?docID=12616&intlItemID=5267&lang=1>>. Acesso em: 11 nov. 2012.

VALLE, M. C. G.; FREITAS, T. O.; GUEDES, R. C.; SILVA, I. P. Uma nova geração de fibras: um estudo sobre a busca pelo conforto e redução dos impactos ambientais. **Revista Universidade Rural**, v. 26, n. 1-2, jan./dez. 2004. p. 60-66.

VEAK, Tyler. 2005. "Sustainability as a Meta-Norm for Democratizing Technology." *Digitalcommons.hberty.edu/lib_fac_pubs/19*, Acesso em: 30 de out. 2012

VILHENA, A.T. **A coleta seletiva de lixo: uma proposta de gestão integrada**. 1996. Dissertação (Mestrado na COOPE/UFRJ). Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 16-18.

WIKIPEDIA. Bamboo Textiles. 21 out. 2012. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo_textiles>. Acesso em: 11 nov. 2012a.

WIKIPEDIAb. Bambu. 1 set. 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Bambu>>. Acesso em: 11 nov. 2012b.