

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES CIÊNCIAS E HUMANIDADES

Adriana Pacheco Martins

Estudo sobre utilização de fibras de coco verde em
estruturas têxteis

São Paulo
2013



Escola de Artes, Ciências e Humanidades
da Universidade de São Paulo

Adriana Pacheco Martins

Estudo sobre utilização de fibras de coco verde em
estruturas têxteis

São Paulo
2013

Adriana Pacheco Martins

Estudo sobre utilização de fibras de coco verde em estruturas têxteis

Dissertação apresentada à Escola de Artes
Ciências e Humanidades da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Têxtil e Moda.

Linha de Pesquisa: Materiais e Processos
Têxteis.

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

São Paulo
2013

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
Biblioteca
Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de
São Paulo

Martins, Adriana Pacheco

Estudo sobre utilização de fibras de coco verde em estruturas têxteis / Adriana Pacheco Martins ; orientadora, Regina Aparecida Sanches. – São Paulo, 2013.

146 f. : il.

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

Versão corrigida.

1. Fibras têxteis. 2. Fibras naturais – Análise físico-química. 3. Fibras têxteis - Produção. 4. Sustentabilidade. 5. Indústria têxtil. I. Sanches, Regina Aparecida, orient. II. Título.

CDD 22.ed. – 677.02832

Nome: MARTINS, Adriana Pacheco

Título: Estudo sobre utilização de fibras de coco verde em estruturas têxteis

Dissertação apresentada à Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda.

Aprovada em:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dra. Regina Aparecida Sanches

Instituição: Escola de Artes Ciências e Humanidades /USP – São Paulo/SP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Prof. Dra. Cláudia Regina Garcia Vicentini

Instituição: Escola de Artes Ciências e Humanidades /USP – São Paulo/SP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Prof. Dra. Rivana Basso Fabbri Marino

Instituição: Centro Universitário da FEI /FEI - São Bernardo do Campo/SP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

São Paulo. 20 de junho de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço pelo amor, pelo apoio afetivo e financeiro de minha querida mãe, minha irmã e de meus familiares naturais e os de determinação divida.

À Instituição CAPES pelo recurso financeiro, às instituições Universidade de São Paulo, Centro Universitário da FEI e a empresa Pós-coco.

A orientadora desse projeto, Professora Dr^a. Regina Sanches, pela dedicação, apoio, fé, esforço, delicadeza, exemplo, humildade, sabedoria entre outros auxílios a mim confiados.

Aos professores Dr^a. Júlia Baruque, Maria Silvia Barros de Held, Silgia Aparecida da Costa, Cláudia Regina Vicentini, Rivana Basso Marino, Antônio Takao, João Paulo Marcicano e Maurício de Campos Araújo.

Também aos professores Toshiko Watanabe, Camila Boreli, Pedro Luiz Rodrigues da Silva e ao Sr. Sérgio Luiz Pereira pela colaboração na produção dos tecidos, do beneficiamento e da realização dos ensaios físicos.

Aos profissionais envolvidos Dr^a. Fátine Chamom, Sr^a Tioko Tomikawa, aos funcionários da secretaria de Pós-Graduação da USP, aos autores utilizados na bibliografia deste trabalho e àqueles que, mesmo indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

E por fim, a todos os meus colegas e amigos, pela paciência e carinho.

RESUMO

MARTINS, A. P. **Estudo sobre utilização de fibras de coco verde em estruturas têxteis**. 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Artes Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2013.

A fibra do coco verde é uma fibra lignocelulósica, abundante em território nacional devido à alta produção e consumo do coco verde no país. Entretanto, o volume deixado após a extração da água e da polpa pode variar em cerca de 80 a 85% do peso bruto da fruta, o qual resulta em excessivas toneladas de resíduo sólido orgânico que são diretamente despejadas em vazadouros e aterros sanitários, causando inúmeros problemas para a saúde urbana e atmosférica. Ancorado no ideal de contribuição para o desenvolvimento sustentável, este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da construção de um novo material têxtil utilizando a fibra de coco verde. Após estudo bibliográfico sobre as fibras vegetais e a metodologia de fabricação de artigos de tecelagem plana, foram investigadas a composição e as propriedades das fibras de coco verde, além de ter sido feita análise sobre a utilização comercial e a atual situação desta matéria-prima em território nacional. A partir de uma amostra, as fibras foram classificadas em finas, médias e grossas, sendo que apenas as fibras finas foram usadas na fabricação do tecido. Para melhorar o processo de fiação e obter vantagem na qualidade do produto final, foram realizados a purga e o amaciamento nas fibras selecionadas. As fibras foram climatizadas e em seguida determinadas as densidades lineares e realizado o ensaio de tração. Foi feita uma comparação de duas médias, em que se verificou que os valores médios obtidos nos ensaios de tração das fibras antes e depois do tratamento (beneficiamento têxtil) são estatisticamente iguais. As fibras beneficiadas foram transformadas em fios e depois em tecido. Para melhorar as características do produto final, foram executados uma nova purga e um novo amaciamento, o que comprovou que a utilização de fibras de coco verde em estruturas de tecelagem plana é viável para algumas aplicações na área têxtil.

Palavras-chave: Fibras de coco. Estruturas têxteis. Sustentabilidade. Moda. Design

ABSTRACT

MARTINS, A. P. **Study about green coconut fiber used for textile structures.** 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Artes Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2013.

The coconut fiber is a lignocellulosic fiber which is abundantly found in Brazil due to high production and consumption of coconut fruit in this country. However, after extraction of water and pulp each fruit generates around 80 to 85% of residue regarding of the gross weight of the fruit, which results in a lot of tons of solid organic waste poured directly on dumps and landfills, causing numerous urban health problems and also atmospheric ones. In order to contribute to sustainable development, this work aims to determine the feasibility to design a new textile material using green coconut fiber. After theoretical studies regarding the plant fibers and the surface fabrics manufacture, the composition and properties of green coconut fibers were investigated. In addition were also researched the current availability and the commercial use of this raw material in Brazil. A sample of fibers was classified as thin, medium and thick, whereas only thin ones were used. In order to improve the spinning and the quality of the final product, purging and softening were carried out. The fibers were air conditioned and then determined the linear densities (tex) and performed tensile test. The statistical assessment presented that the physical proprieties of the fibers before and after treatment (purging and softening) are equal. The benefited fibers were transformed into yarn, woven and then purging and softening were once again carried out on the surface fabric. The total work proved that it is feasible to use green coconut fibers for weaving textile structures to use into some applications in the textile field.

Keywords: Coconut fibers. Textile structures. Sustainability. Fashion. Design

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- a) Torção do fio Singelo no sentido Z e S respectivamente b) Fio singelo, fio retorcido a dois cabos, fio retorcido a dois e novamente retorcido a dois cabos	39
Figura 2 – Principais estruturas têxteis. Tecido plano, malha e não tecido.....	43
Figura 3 - Posição transversal de ligamentos têxteis planos.	45
Figura 4 - Processo de fabricação de tecido plano.....	46
Figura 5 - Elementos de um tear	47
Figura 6 - Fio sem goma e fio engomado respectivamente.....	49
Figura 7 - Coqueiro gigante e coqueiro anão respectivamente	58
Figura 8 - Corte longitudinal do coco, com suas partes.	60
Figura 9 - Partes do fruto do coqueiro.....	61
Figura 10 - Fotomicrografia da seção transversal de fibras de coco.	63
Figura 11 - Fotomicrografia (MEV) de fibras de coco verde	65
Figura 12 - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de fibras de coco verde.....	65
Figura 13 - Conjunto de máquinas desfibradoras de coco	70
Figura 14 - a) Recebimento de matéria-prima; b) Matéria-prima sendo encaminhada pelo alimentador (casca de fibra de coco verde)	71
Figura 15 – a) Aspecto da matéria-prima após esmagamento; b) Calha encaminhando o LCV para a rede de esgoto	72
Figura 16 – a) Pó resultante; b) Fibra resultante ao final das operações	72
Figura 17 - Fluxograma simplificado de usina de beneficiamento da casca do coco verde.	73
Figura 18 - Fiação manual de fibras de coco na Índia	76
Figura 19 – a) Saco contendo fibra de coco; b) Cone de fio de algodão	98
Figura 20 - Variação dimensional em fibra de coco verde, sendo: fina, médias e grossa.....	100
Figura 21 - Amostra de fibras de coco em saco de filamentos de poliéster	101
Figura 22 - Centrífuga laboratorial capacidade para 3 litros (Suggar)	104
Figura 23 - Rama laboratorial LTF-8-2293 Mathis Ltda	104

Figura 24 - Climatizadora Mesdan	105
Figura 25 - Balança analítica Sartorius ED124S e bandeja de fibras de coco finas	106
Figura 26 - Dinamômetro da marca Instron série 5940	107
Figura 27 - a) Roca a motor; b) Estiragem e torção manual de fio de fibra de coco verde.....	114
Figura 28 – a) Roca a motor em ação na confecção de fio de fibra de coco; b) Novelos de fio de fibra de coco	114
Figura 29 – a) Urdideira artesanal; b)Tear com o fio de urdume	116
Figura 30 – a) Fio de fibra de coco tratada; b) Passagem do fio de trama em tear; c) Tecidos de fibra de coco no tear	117
Figura 31 - Mechas de fibras de coco finas tratadas e sem tratamento.....	126
Figura 32 - Efluente de purga com pré-alveijamento simultâneo e purga sem alveijamento em fibras de coco verde, respectivamente.....	126
Figura 33 - Fios de fibra de coco, sendo: a) fio de fibras finas tratadas; b) fio de fibras finas sem tratamento; c) fio de fibras médias sem tratamento; e d) fio de fibras grossas sem tratamento	127
Figura 34 - Tecido de fibra de coco (CKCO) tratado e tecido de fibra de coco (CKCO) sem tratamento, respectivamente.....	129

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Principais segmentos de produtos dos resíduos da casca de coco	87
Gráfico 2 - Mudanças ocorridas no manejo de RSU em 20 anos.....	93
Gráfico 3 - Regiões que ainda utilizavam vazadouros em 2008.....	94
Gráfico 4 - Representação gráfica da distribuição normal para testar a hipótese H_0	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fibras têxteis comerciais	32
Tabela 2 - Demanda Mundial por fibras têxteis no ano de 2008	33
Tabela 3 - Composição de fibras vegetais.	36
Tabela 4 - Rota da introdução do coqueiro gigante no Brasil até 1983	56
Tabela 5 - Rota da introdução do coqueiro anão no Brasil até 1983	57
Tabela 6 - Tipos de coqueiro mais cultivados no Brasil e suas propriedades	59
Tabela 7 - Composição química das fibras de coco	61
Tabela 8 - Principais constituintes das fibras de coco maduro e verde em relação a outras fibras vegetais.	62
Tabela 9 - Propriedade físicas de fibras lignocelulósicas	62
Tabela 10 - Valores das principais propriedades físicas das fibras de coco.....	63
Tabela 11 - Características físico-químicas das fibras de coco verde	64
Tabela 12-Composição química de fibras de coco verde e maduros em porcentagem	66
Tabela 13- Componentes de fibras de coco verde (IPT, 2010)	67
Tabela 14- Aproveitamento total do coco verde	853
Tabela 15- Principais regiões produtoras de coco de 1985 a 2001	88
Tabela 16- Geração de resíduos na agroindústria do coco-da-baía, ano-base 2009	96
Tabela 17- Comprimento, peso e título de fibras de coco verde de finuras variadas.....	118
Tabela 18 - Comprimento, peso e título de fibras de coco verde finas	119
Tabela 19- Propriedades físicas de fibras de coco.....	120
Tabela 20- Resultados dos ensaios de determinação de densidade linear (tex) – ISO 1973-1995 (amostra 1)	121
Tabela 21- Resultados dos ensaios de determinação de densidade linear (tex) – ISO 1973-1995 (amostra 2)	121
Tabela 22- Resultados dos ensaios de determinação da tenacidade (cN/tex) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 1).....	122

Tabela 23- Resultados dos ensaios de determinação da tenacidade (cN/tex) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 2).....	123
Tabela 24- Resultados dos ensaios de determinação de alongamento (%) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 1).....	124
Tabela 25- Resultados dos ensaios de determinação de alongamento (%) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 2).....	124

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMC	Aterro Metropolitano Centro
ASTM	American Society for Testing and Materials
CCRI	Coir Central Research Institute
CDRAI	Caderno de Diagnóstico: Resíduos Agrosilvopastoris I
CETESB	Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
CSIR	Council for Scientific Industrial Research
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMSURB	Empresa Municipal de Serviços Urbanos
FAO	Food and Agriculture Organization
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Standardization Organization
LIMPURB	Empresa de Limpeza Urbana de Salvador
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária
UNCSD	United Nations Conference on Sustainable Development
UniverCidade	Centro Universitário da Cidade
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. Objetivo	21
1.2 Justificativa	21
1.3. Metodologia.....	22
1.4. Organização do trabalho	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1. Sustentabilidade	23
2.1.1. Histórico	23
2.1.2. Sustentabilidade na prática.....	27
2.2. Fibras têxteis.....	28
2.2.1. Histórico	28
2.2.2. Fibras têxteis comerciais	30
2.2.3. Fibras lignocelulósicas	34
2.3. Princípios de fiação	37
2.3.1. Tecnologia da fiação.....	38
2.3.2. Fiação artesanal.....	39
2.3.3. Fiação industrial de fibras naturais	39
2.3.4. Título dos fios	41
2.4. Cordoaria em fibras naturais	42
2.5. Estruturas têxteis.....	43
2.5.1. Tecnologia da tecelagem.....	46
2.5.2. Urdimento	47
2.5.3. Engomagem	49
2.5.4. Tecelagem artesanal.....	50

2.5.5. Pré-tratamentos e acabamentos (beneficiamentos têxteis)	52
2.5.6. Enzimas utilizadas na indústria têxtil	53
2.6. O coco	54
2.6.1. Características da fruta	59
2.6.2. Fibras de coco	61
2.6.3. Obtenção da fibra	67
2.6.4. Método de extração das fibras	67
2.6.4.1. Características das fibras adquiridas pós-processamentos	74
2.6.5. Fiação da fibra de coco	75
2.6.5.1. Fiação manual da fibra de coco	75
2.6.5.2. Fiação motorizada e automática de fibras de coco	77
2.6.5.3. Determinação de finura de fios de fibras de coco	77
2.6.5.4. Especificações de fios de fibras de coco	78
2.6.6. Beneficiamentos realizados em fibras de coco	78
2.6.6.1. Amaciamento	78
2.6.6.2. O branqueamento de fibras de coco	80
2.6.7. Têxteis a partir de fibras de coco	81
2.6.8. O mercado da fibra de coco	82
2.6.9. O crescimento do consumo de água de coco	87
2.6.10. Principais impactos ambientais causados pelos rejeitos da casca de coco verde	90
3. MATERIAIS E MÉTODOS	98
3.1. Materiais	98
3.2. Métodos	98
3.2.1. Método de seleção de fibras	99
3.2.2. Tratamento – 1ª etapa: Purga simultânea ao pré-alveamento	100

3.2.3. Tratamento – 2ª etapa: Amaciamento	102
3.2.4. Centrifugação	103
3.2.5. Secagem	104
3.2.6. Climatização das amostras	105
3.2.7. Determinação de comprimento	105
3.2.8. Determinação de densidade linear (título)	106
3.2.9. Ensaio de tração	106
3.2.10. Estudo estatístico	107
3.2.10.1. Planejamento Totalmente Aleatorizado	108
3.2.10.2. Análise das médias pelo teste de hipóteses	110
3.2.10.3. Definição do intervalo de confiança para médias de populações	111
3.2.10.4. Cálculo do nível de significância	112
3.2.11. Fiação	113
3.2.12. Tecelagem	115
3.2.13. Beneficiamento do tecido	117
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	118
4.1. Método de seleção de fibras	118
4.2. Análise dos valores de comprimento e densidade linear	118
4.3. Análise dos ensaios de tração	119
4.4. Estudo estatístico	120
4.4.1. Sobre os valores de densidade linear (título)	121
4.4.2. Sobre os valores de tenacidade	122
4.4.3. Sobre os valores de alongamento	123
4.5. O tratamento — purga com pré-alveamento simultâneo seguido de amaciamento	125
4.6. Método de fiação	127

4.7. Método de tecelagem e tratamento no tecido	128
5. CONCLUSÃO	130
BIBLIOGRAFIA	132
ANEXOS	142
ANEXO A – Especificações de variedades de fios de fibras de coco da Índia	142
APÊNDICES	143
APÊNDICE A – Fluxograma de aproveitamento da casca do coco verde	143
APÊNDICE B - Produção Agrícola do Coco-da-Bahia –Brasil- decênio 2003 - 2012 e estimativa 2013(*)	144
GLOSSÁRIO	145

1. INTRODUÇÃO

A fibra do coco verde é uma fibra lignocelulósica, abundante em território nacional devido à alta produção e consumo da fruta coco no país. Nos últimos anos, observou-se o avanço das tecnologias empregadas no desenvolvimento de novos produtos alimentícios derivados do coco, como o óleo de coco, devido às inúmeras propriedades nutritivas e ao auxílio em dietas de emagrecimento. Ao mesmo tempo, ampla diversidade de água de coco envasada chega até as prateleiras dos supermercados, tanto para o consumo como bebida saudável como para ser adicionada na preparação de coquetéis e aperitivos.

O fruto do coqueiro *Cocos Nucifera* é típico de regiões tropicais; entretanto, seu cultivo pode ser observado em praticamente todos os continentes. Em menos de dez anos, o Brasil passou de décimo a quarto maior produtor mundial de coco, com uma produção em torno de 2,8 milhões de toneladas, perdendo apenas para as Filipinas, a Índia e a Indonésia. Esta última é a maior produtora mundial, com a marca de 19,5 milhões de toneladas, segundo dados do ano de 2008. Na América do Sul, o Brasil ocupa a posição de liderança, principalmente devido ao avanço tecnológico nos sistemas de cultivo e ao desenvolvimento genético de novas variedades que possibilitaram o crescimento da produtividade. A comercialização da fruta ocorre durante todo o ano, principalmente entre os meses de outubro a março (MARTINS; JUNIOR, 2011).

A produção do coco ocorre em todas as regiões do país, sendo que a maior parte concentra-se no Nordeste e a menor no Sul. Com o crescimento da demanda por água de coco nos últimos anos, observou-se uma conseqüente expansão no plantio da variedade Anã, mais apropriada para esta finalidade. Os principais destinos são os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, que, devido à proximidade geográfica com o Nordeste, se privilegiam de preços melhores, e, assim como São Paulo, concentram indústrias processadoras (CUENCA, 2007).

O coqueiro, em algumas culturas, é conhecido como “Árvore da vida”, devido às

múltiplas utilidades possíveis de utilização de suas partes. O presente trabalho se dedica a explorar as possibilidades oriundas do rejeito fibroso da fruta pós-consumo para o aproveitamento como matéria-prima na fabricação de produtos têxteis. Segundo Rosa et al. (2002), quando se trata da fruta verde ou imatura, o volume deixado após a extração da água (albúmen líquido) varia entre 80 e 85% do peso bruto.

O uso de fibras vegetais tem crescido radicalmente nos últimos anos. Assim como a indústria, pesquisadores em todo o mundo têm dedicado especial atenção ao tema devido à crise energética e a outras vantagens, como abundância na Natureza, baixo custo, processamento simples, fonte renovável e praticamente ilimitada, além dos problemas ocasionados com o uso de matérias-primas de origem fóssil, comprovando o potencial das fibras vegetais como preciosa alternativa às fibras sintéticas (SANTOS, 2006). É notório que a prática de um sistema fabril que incorpore o critério de resíduo final mínimo deve ser aplicada quando possível (PASSOS, 2005).

Muitos estudos e desenvolvimentos industriais já foram realizados em torno do aproveitamento de fibras do coco maduro. Entretanto, o mesmo não acontece no caso das fibras do coco verde (PENA, 2006). Duas observações principais serviram para verificar uma oportunidade na utilização do substrato do coco verde.

Primeiramente pode-se considerar o fato de o Brasil ser produtor agroindustrial e comercializador da fruta coco em território nacional. Outro fator importante é que tanto durante o processo de industrialização quanto no comércio e consumo *in natura* essa fruta acaba por gerar alto volume ou rejeito sólido (ou subproduto) ainda sem destinação correta oficialmente determinada, o qual acaba sendo direcionado aos aterros sanitários ou vazadouros.

As atividades antrópicas têm sido uma preocupação tanto para a sociedade quanto para os estudiosos com relação à sustentabilidade (PASSOS, 2005). Os problemas relacionados ao descarte de rejeitos do coco verde em grandes cidades se referem principalmente ao volume desse material, o qual resulta na ocupação de amplas

extensões de espaço nos aterros sanitários em meio a todo o Resíduo Sólido Urbano (RSU). Há também as consequências ambientais do acúmulo deste tipo de matéria orgânica exposta ao ambiente ou em condições anaeróbicas, bem como do consumo de energia e recursos econômicos empregados no deslocamento do material, distribuído pela cidade, até as zonas de descarte. Considerando esta situação, acredita-se que o aproveitamento da massa residual do coco verde possa contribuir para a gestão sanitária urbana.

Mesmo após o decreto da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2012, ainda não se tem registro do funcionamento de uma metodologia oficial de gestão integrada para orientar a comercialização e o consumo desse alimento de maneira sustentável em perímetro urbano. No Rio de Janeiro, projetos de iniciativa privada estão em plena atividade e têm como objetivo coletar as cascas de cocos verdes consumidas na orla das praias da capital para transformação em produtos do setor de construção civil e jardinagem.

A fibra de coco pode ser aplicada em uma infinidade de produtos vislumbrando um mercado promissor, tanto por ser originada de fonte renovável quanto pela sua importância para a Economia do Nordeste brasileiro (DANTAS et al., 2005). Vale considerar que somente uma pequena parcela em relação ao total desse rejeito produzido é aproveitada pela indústria, no geral na fabricação de produtos que atendem a diversos setores e com bastante representatividade no setor de jardinagem, além da própria casca inteira, que pode ser utilizada como combustível para caldeiras ou retornando ao ciclo, no próprio plantio do coqueiro.

A sustentabilidade ambiental apresenta-se como um desafio complexo diante do atual sistema capitalista industrial, no qual quanto mais se vendem produtos mais se acumulam riquezas e, assim, mais se extrai matéria-prima da Natureza. Atualmente existe uma grande preocupação com a criação de soluções inovadoras para amenizar os danos ambientais provocados durante mais de dois séculos de industrialização.

Uma delas é a proposta do consumo consciente, que, além orientar os consumidores sobre as origens das matérias-primas e as formas de fabricação dos produtos, incentiva os consumidores a adquirirem somente aquilo de que realmente necessitam ou a reduzirem seu próprio consumo. A utilização de rejeito de biomassa agrícola pretende atender às necessidades da sociedade e contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta.

1.1. Objetivo

Verificar a possibilidade de desenvolvimento de uma estrutura têxtil a partir de fonte que seja natural, renovável, cujo cultivo não seja nem predatório ao solo e nem exclusivo para a finalidade têxtil.

1.2 Justificativa

Valorizar o caráter sustentável atribuído à utilização de um insumo cujo cultivo não é exclusivo para a finalidade têxtil, ou seja, o aproveitamento de um material/matéria-prima cuja obtenção está diretamente integrada a outras cadeias produtivas, considerando a responsabilidade dos processos empregados durante a produção e o ciclo de vida como alicerces primordiais para a configuração do produto final. Para além da construção de um novo artigo têxtil, pretende-se também incentivar a indústria à exploração de novas fibras naturais e buscar alternativas mais ecológicas em comparação com os artigos têxteis convencionais. A realização desse projeto também pode contribuir para a gestão da engenharia sanitária urbana, promover o crescimento econômico com a abertura de novos postos de trabalho, gerar desenvolvimento tecnológico, promover a conscientização ambiental da população e do desenvolvimento da sociedade por meio de novas metodologias de geração de riquezas. Também se vislumbra inspirar a possibilidade de um reposicionamento da indústria têxtil como provedora de oportunidades, oferecendo a chance de se restabelecer no planeta como fonte restauradora de recursos da Natureza.

1.3. Metodologia

Foram utilizadas fibras de coco verde doadas pela empresa Pós-coco e realizadas análises físicas. Parte das fibras recebeu tratamento químico para limpeza e amaciamento. Foram realizados ensaios de tração nas fibras sem tratamento e com tratamento para verificar se houve modificação nas características analisadas. Foram fabricados fios e tecidos, usando-se como matéria-prima as fibras tratadas.

1.4. Organização do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco partes.

Primeiramente, a introdução, apresenta de maneira geral, os demais temas tratados nos capítulos subsequentes.

O capítulo 2 é dedicado à revisão da literatura. Inicia-se com uma abordagem histórica sobre a questão da sustentabilidade, o conceito e a prática. Expõem também as etapas de fabricação de estruturas têxteis convencionais, além de um panorama do mercado da fibra de coco verde a partir de dois cenários principais, o Brasil e da Índia.

O capítulo 3 expõe os materiais e os métodos utilizados na fabricação de um tecido plano utilizando fibras de coco verde. A metodologia prática e o planejamento estatístico auxiliar.

O capítulo 4 apresenta os resultados dos experimentos laboratoriais mencionados no capítulo anterior e as análises dos mesmos.

O quinto e último capítulo, apresenta as conclusões e considerações finais sobre a relevância do trabalho e propostas futuras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sustentabilidade

2.1.1. Histórico

Durante a época feudal, praticamente do século V ao século XV, a realeza, a nobreza e os senhores feudais detinham a prática da exploração do campesinato, não somente para a manutenção da corte, mas sim com verdadeira compulsão por acumular mais da própria riqueza, utilizando abusivamente a mão de obra humana. Com o surgimento do capitalismo, entre os séculos XV e XIX, o indivíduo comum da sociedade passou a ter a oportunidade da geração de renda por meio do trabalho realizado na produção e venda de artigos de valor, ou os chamados bens de consumo (WALLERSTEIN, 2001).

O advento do sistema capitalista, viabilizado pela Revolução Industrial, iniciada no final do século XVIII, estabeleceu um divisor de águas na sociedade e na Economia, proporcionando um cenário ininterrupto de extração de carvão mineral e de outros recursos naturais, transformação de matérias-primas e fabricação de um volume de produtos que ultrapassava a necessidade da população, uma vez que, inicialmente, o principal objetivo das corporações não era atender à sociedade e sim proporcionar riqueza financeira aos seus detentores. Pouco a pouco, a Natureza, fonte das matérias-primas, dava sinais de esgotamento, caracterizando o atual quadro ambiental provocado pela irresponsabilidade da produção industrial.

Se a condição primordial de sobrevivência das comunidades que vivem sob o regime do sistema capitalista é a posse de capital para manutenção de suas necessidades vitais e extraordinárias, pode-se considerar que essa condição passou a ser determinante desde o momento em que se estabeleceu a moeda como simbologia do poder. O dinheiro em espécie democratizou as hierarquias, assim como o capitalismo

representou para o indivíduo um passaporte para o êxito de suas aspirações materiais (WALLERSTEIN, 2001; LE GOFF, 2007).

A mudança de comportamento da sociedade e a passividade em aceitar o novo modelo de vida imposto pela Economia da revolução industrial são interpretadas, por alguns autores, como formas grosseiras de afirmação do pioneirismo britânico sobre a Economia mundial. Ao longo da História, não foi encontrado um personagem chave capaz de conscientizar a sociedade acerca de um paradigma ético de valorização humana que alertasse os indivíduos quanto ao discernimento diante das inconsequentes atividades industriais e a negativa influência psicológica decorrente da mentalidade industrial. Acredita-se que tais ocorrências influenciaram diretamente nas atitudes, nos costumes e na construção dos valores da sociedade (JACOB, 1997).

Pode-se interpretar a própria Revolução Industrial como uma revolução agroindustrial. Analisando o caso do algodão, por exemplo, a utilização excessiva de têxteis originários dessa planta também contribuiu para a disseminação de uma série de outros produtos derivados dessa mesma matéria-prima, como sabões e cosméticos feitos do óleo, opções de cordoaria, ração animal fabricada a partir dos resíduos das cascas dos caroços etc., até o esgotamento de possibilidades de aproveitamento dessa matéria-prima (SENHORAS, 2004).

Não é de se estranhar a cobrança observada, nos dias de hoje, por parte da sociedade, acerca dos princípios éticos na manufatura, principalmente de artigos têxteis e de moda, se analisarmos o fato de o berço da Revolução Industrial ter se desenvolvido na própria indústria têxtil na Inglaterra em meados do século XIX e desde então não mais ter cessado.

Os primeiros indícios de preocupações ambientais vieram das manifestações artísticas: escritores românticos do século XIX exaltavam a beleza e o retorno à simplicidade da vida regrada pelos valores da Natureza. Após a Segunda Guerra Mundial, a ameaça de radiação e o alerta sobre pesticidas sintéticos utilizados na agricultura reforçaram os

movimentos ambientalistas e a consciência mundial para a coletividade (ONU, 2012). Datam também dessa década os primeiros estudos que vieram a resultar mais tarde na Análise de Ciclo de Vida de Produto.

O desenvolvimento dos direitos humanos alcançaram proeminência na metade do século, como duas ideias forças destinadas a exorcizar os ideais da grande depressão e dos horrores da segunda guerra mundial, fornecer os fundamentos para o sistema das Nações Unidas e impulsionar os processos de descolonização (SACHS, 2007, p. 47). A onda de conscientização ambiental pode ser atribuída ao choque produzido pelo lançamento da bomba de Hiroshima e a descoberta de que a humanidade havia alcançado suficiente poder técnico para destruir eventualmente toda a vida no nosso planeta (SACHS, 2007, p. 48).

Foi na década de 1970 que o movimento tomou força como fenômeno global. Estocolmo (Suécia) sediou a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, convocada pela Organização das Nações Unidas (ONU). Na ocasião, duas linhas de pensamento convergiam. De um dos lados, a dos que pregavam a abundância e acreditavam que preocupações ambientais atrasariam o crescimento e o processo de industrialização dos países em desenvolvimento; de outro, a dos pessimistas, que alarmavam o fim do mundo caso o crescimento demográfico, econômico e do consumo não fossem vetados. Dessas duas correntes opostas e descartadas surgiu, na conferência, uma alternativa intermediária que conciliaria o crescimento econômico, receptivo ao meio social e favorável ambientalmente. O conceito de equilíbrio para o desenvolvimento sustentável ali iniciado se manteve até as décadas seguintes. O relatório fruto da convenção levou o título “What Now” (ONU, 2012; Sachs, 2007).

Os anos 1980 foram marcados pela publicação do inovador relatório “Nosso Futuro Comum”. Inspirado nos preceitos definidos durante a Conferência de Johannesburgo, fora desenvolvido pela comissão da Dr^a Bruntland, na ocasião, presidente da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O texto estabeleceu o conceito de Desenvolvimento Sustentável como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias

necessidades”. A publicação serviu de referência à conferência Rio 92, realizada no Rio de Janeiro. A comissão responsável pelo evento foi denominada “Cúpula da Terra”, cujo relatório produzido, a “Agenda 21”, abordou também questões como pobreza, Economia internacional, papel da mulher, povos indígenas, comunidade científica, entre outros (ONU, 2012; CMMAD, 1991).

Cinco anos depois (1997) a Assembleia Geral da ONU reuniu-se para avaliar as implementações estabelecidas na Agenda 21. Dessa vez, metas de redução de gases de efeito estufa tomaram dimensões judiciais diante das corporações. No ano seguinte, a criação do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC) passou a ser uma das principais fontes de informação científica sobre o assunto. Entre as principais ações catalisadoras promovidas pela Assembleia Geral com o objetivo de fomentar a mobilização positiva para o desenvolvimento sustentável em nível mundial, pode-se destacar o estabelecimento da Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005 – 2015), as Metas do Milênio, que pretende erradicar oito dos maiores problemas mundiais com o apoio do voluntariado até 2015, além do Ano Internacional das Fibras Naturais em 2009, e, em 2013, o Ano Internacional de Cooperação pela Água (ONU, 2012; OBJETIVOS DO MILÊNIO, 2012).

De forma geral, muitos compromissos estabelecidos em Johannesburgo, sobretudo pelo caráter de harmonização entre as questões de âmbito social, ambiental e econômico, se reforçam até hoje. A última Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável aconteceu no Rio de Janeiro em 2012 e foi palco de diversas manifestações em cobrança às promessas dos anos anteriores. No relatório gerado nessa edição, “O futuro que queremos”, é lembrado que “para alcançar o desenvolvimento sustentável mundial é indispensável efetuar mudanças fundamentais na maneira com a qual a sociedade consome e produz” (SACHS, 2007; UNCSD, 2012).

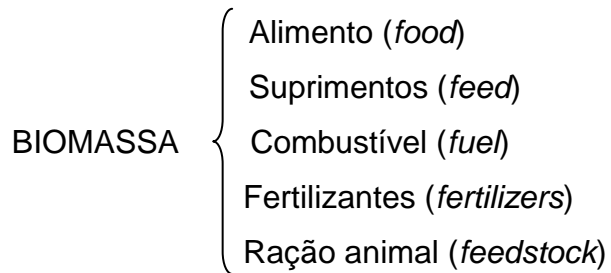
2.1.2. Sustentabilidade na prática

Atualmente a palavra sustentabilidade tem sido mencionada principalmente como uma solução aos problemas ambientais e para assegurar a sobrevivência da espécie humana no planeta Terra. Com relação às práticas industriais, metodologias sustentáveis prometem não só a plena execução de suas atividades sem impactar o meio ambiente como também a promoção da qualidade de vida das pessoas envolvidas e a garantia de um futuro sadio e próspero a um custo economicamente viável.

A conscientização da sociedade acerca das consequências ambientais provocadas pelas atividades industriais sugere mudanças que visam minimizar a poluição gerada durante as atividades produtivas, com o uso de tecnologias limpas e a intervenção desde a concepção dos produtos (limpos) até a reorientação de novos comportamentos sociais favoráveis a uma necessidade e demanda pelo consumo consciente (MANZINI; VEZZOLI, 2008).

Para Sachs (2002), uma estratégia de desenvolvimento sustentável deve incorporar sistemas de produção adequados às condições locais, integrando a agricultura familiar aos grandes sistemas comerciais, considerando o conhecimento das etnociências para o aperfeiçoamento da tecnologia e da sociedade a favor do progresso da humanidade. Não seria uma questão de voltar a Era Pré-histórica, e sim de potencializar os recursos renováveis de forma diversificada, ancorados na consciência de que todas as atividades econômicas encontram-se enraizadas em um ambiente natural.

O conceito de biomassa atribuído ao diagrama dos “5F” desenvolvido pelo professor Jyoti Parikh dissemina o potencial de aproveitamento inteligente dos recursos naturais para suprir todas as principais necessidades humanas. O esquema 1 apresenta os elementos de total aproveitamento da biomassa (SACHS, 2007).



Esquema 1 – Total aproveitamento da biomassa (SACHS, 2007)

[...] e ao praticarem o aproveitamento racional da natureza os países tropicais estarão contribuindo para um gerenciamento global inteligente da biosfera. Como foi exposto em um relatório recente, o Brasil e outros países tropicais têm todas as condições de se tornarem exportadores de sustentabilidade, transformando o desafio ambiental em uma oportunidade (SACHS, 2002, p. 42).

Sachs (2007) acredita que o Brasil possui o privilégio de incorporar recursos naturais suficientes, economicamente viáveis, para atender a critérios de proeminência social e ética ambiental, o que o habilita a se transformar em uma moderna civilização de biomassa.

2.2. Fibras têxteis

2.2.1. Histórico

Segundo GUILLÉN (1991), uma fibra pode ser definida como um corpo sólido flexível, visualmente homogêneo, que possui um grande comprimento em relação a uma pequena seção transversal.

Desde a pré-história observa-se a utilização das fibras têxteis no cotidiano do homem. Inicialmente, o material era obtido de plantas e de vegetais, e o aproveitamento se dava em estado natural bruto, sem qualquer tipo de tratamento mais aprimorado, conferindo aspecto rústico aos utensílios empregados, como cordas, redes de pesca e cestas. Não

se sabe ao certo quando ocorreram os primeiros aprimoramentos das técnicas de entrelaçamento e tecelagem (SANCHES, 2011).

Segundo Natural Fibers (2009), a tradição da seda chinesa se iniciou no século XVII A.C.; a lã já era utilizada na Sibéria desde o ano 500 a.C. e vestígios de peças de algodão foram achados no México e no Paquistão, datando do ano 5000 a.C. Até mesmo fibras mais rústicas como a juta e a fibra de coco apresentam sinais de já terem sido cultivadas desde a antiguidade.

No caso de fibras vegetais, a casca da amoreira e da figueira, por exemplo, serviram para produzir superfícies a partir de uma técnica similar à técnica de fabricação de papiro para a escrita egípcia, em que se mergulhavam as cascas em água; em seguida montavam-se três camadas uma sob as outras transversalmente, depois o material era sovado com um malho para conferir o ajuntamento das fibras e, por fim, dava-se uma pintura com óleo para garantir maior durabilidade (LAVÉR, 1989).

Restos de tecidos de linho foram encontrados em sítios arqueológicos pré-históricos. O tecido também era usado para envolver múmias egípcias de 4500 anos. A comercialização do linho na Europa se deu durante a segunda metade da Idade Média, mas foi o algodão, que também confere fibras longas e até hoje é o mais utilizado, o responsável pelo declínio do linho, substituindo-o a partir do século XIX (GUILLÉN, 1991).

No Período Neolítico a lã era extraída de animais como a lhama, a alpaca e a vicunha. Além das técnicas rudimentares de tecelagem, outros métodos primitivos de agrupamento de fibras já eram praticados por ancestrais mongóis da Ásia Central. Eles desenvolveram a técnica da feltragem com lã e pelos, a partir do processo que consistia em pentear e colocar o material molhado sob uma esteira, o qual seria enrolado sob pressão, sovado e em seguida exposto ao calor, o que fazia com que fosse compactado, formando assim camadas feltradas passíveis de serem utilizadas como vestuário, tapetes e tendas, inclusive costuradas (LAVÉR, 1989).

Apreciada mundialmente pela sua nobreza, a fibra de seda foi muito utilizada nos trajes reais asiáticos. O incremento da fibra se deu por conta do interesse de uma imperatriz chinesa pelo bicho da seda, por volta dos anos 2640 a.C.. Desde então, a China monopolizou os mercados, assim como guardou segredo sobre o cultivo da fibra por três mil anos, chegando ao ponto de comercializar apenas artigos manufaturados. Foi somente no século IV que o desenvolvimento da fibra se expandiu, tanto para os vizinhos da Coreia, Japão e Índia, como para a Europa (GUILLÉN, 1991).

2.2.2. Fibras têxteis comerciais

A maioria das fibras naturais se encontram na forma de fibras descontínuas, ou seja, possuem um comprimento variando entre 2 e 50 cm e seção transversal entre 10 a 40 μm (MATHER; HARDMAN, 2011). Fibras naturais vegetais retiradas de caules podem apresentar longos comprimentos que variam em torno de 150 cm; nestas hipóteses recebem a nomenclatura de feixes de fibras, como é o caso da juta, do linho e do sisal. Essas fibras são encontradas na Natureza em forma de agregado de fibras que necessitam passar por processos mecânicos ou aquosos para serem liberadas uma das outras. Quando uma fibra atinge comprimento a partir de mil metros, recebe o nome de filamento. Na Natureza esse caso só ocorre na seda (MALUF; KOLBE, 2003).

A necessidade de se encontrar material para suprir a alta demanda por fibras para a finalidade têxtil fez com que o homem buscasse outras fontes de obtenção de matéria-prima para a fabricação de artigos têxteis. Os primeiros estudos de fibras manufaturadas surgiram na Inglaterra, durante o século XVII¹ (SPENCER, 2001, apud SANCHES, 2011, p. 26).

Por muitos anos a indústria têxtil manteve-se segmentada apenas no uso de fibras naturais, basicamente algodão, lã e seda. A lã dominou o mercado inglês até o início do

¹ SPENCER, D. J., *Knitting technology: a comprehensive handbook and practical guide*. 3rd. Ed Cambridge, Pennsylvania, 2001.

século XVIII, quando o algodão começou a ser importado. Somente por volta do final do século XIX é que as fibras feitas pelo homem começaram a ser comercializadas, como a viscose, extraída de fonte celulósica, e, finalmente, partir de 1930, o desenvolvimento tecnológico permitiu a expansão e a comercialização de fibras de polímeros sintéticos (de origem fóssil) (MATHER; HARDMAN, 2011).

As fibras não naturais também são conhecidas como fibras químicas, e podem ser fabricadas a partir da manipulação de agentes químicos. São classificadas como fibras artificiais, quando obtidas a partir da transformação de substâncias poliméricas naturais, ou como fibras sintéticas, quando são originárias de síntese química. As fibras artificiais regeneradas são extraídas da celulose de diversas madeiras, entre as quais as mais conhecidas são a viscose, o modal e a fibra de bambu. No geral, possuem propriedades químicas muito próximas das do algodão, e encontram aplicabilidade nos segmentos de vestuário e de decoração. As fibras sintéticas originárias de polímeros químicos mais comuns são o poliéster, a poliamida e o polipropileno (GUILLÉN, 1991).

Segundo Aquino (2012), o algodão é a fibra mais importante da cadeia têxtil do país, representando um dos principais setores da indústria de transformação e da Economia. Em 2011 o Brasil produziu o volume de 1.959,8 mil toneladas de algodão e aproximadamente 1.868,1 mil toneladas em 2012; esses valores são considerados os maiores de todos os tempos.

A concepção do público comum sobre têxteis geralmente está associada aos artigos da vida cotidiana, como vestuário, artigos de decoração ou de banho. Porém, atualmente, uma gama ampla de fibras têxteis está disponível comercialmente, cuja composição química e características físicas possibilitam uma rica variedade de aplicações. No segmento de têxteis técnicos, a escolha da fibra adequada é um dos principais critérios capazes de proporcionar a estes artigos, geralmente de uso industrial, características específicas ou diretamente relacionadas à performance do produto final, como proteção, filtração, sustentação ou efeito antichamas (MATHER; HARDMAN, 2011). A

tabela 1 mostra a origem, a classificação e exemplos das fibras mais representativas comercialmente.

Tabela 1 - Fibras têxteis comerciais (MALUF; KOLBE, 2003)

Naturais	Vegetais / Celulósicas	cementes	algodão	CO
		caule	cânhamo	CH
		talo	juta	CJ
		caule	linho	CL
		caule	rami	CR
		folha	sisal	CS
		frutos	coco	CK
	Animal	secreção	seda	S
		ovelha	lã	WO
		cabra mohair	pelo	WM
		coelho angorá	pelo	WA
		caxemira	pelo	WS
		alpaca	pelo	
		camelo	pelo	
Mineral	rocha	amianto	A	
Manufaturadas	Artificiais	celulose	viscose	CV
		celulose	acetato	CA
	Sintéticas	petróleo	poliéster	PES
		petróleo	poliamida	PA
		petróleo	elastano	PUE

Não só o aumento populacional, mas também a elevação dos padrões de vida é responsável pelo crescimento mundial da demanda por fibras. Até os anos 1980, aproximadamente, a produção de fibras sintéticas e naturais era praticamente a mesma. Atualmente a produção de fibras sintéticas já ocupa uma parcela muito maior em comparação com os anos anteriores, principalmente por conta da vasta utilização do poliéster. Em dez anos o consumo mundial de têxteis passou de 7,5 para 9,7 kg por pessoa, até o ano de 2007. Nos últimos cinco anos, a recessão mundial acarretou a redução da fabricação de produtos do setor automobilístico, moveleiro e de artigos de

decoração; em todos os casos há utilização de têxteis, e este fato refletiu na consequente redução de 6,7% na demanda por fibras (MATHER; HARDMAN, 2011). A tabela 2 mostra a demanda total por fibras no ano de 2008, expressa em 1000 toneladas.

Tabela 2 - Demanda Mundial por fibras têxteis no ano de 2008 (MATHER; HARDMAN, 2011)

Fibras	em 1000 toneladas
Poliéster	30.650
Algodão	24.442
Polipropileno	5.939
Poliamida	3.511
Juta	3.250
Viscose	2.545
Acrílico	1.913
Lã	1.209
Coco	954
Linho	772
Elastano	612
Rami	250
Lyocel	150
Seda	148
Aramida	69
Cânhamo	68
Fibra de carbono	38

Mather e Hardman (2011) apuraram dados que mostraram que em 2008 a demanda mundial por fibras têxteis foi de 76,5 milhões de toneladas, considerando as principais fibras comerciais naturais, artificiais e sintéticas. A demanda total por fibras sintéticas foi de 42.732; por fibras naturais, de 31.093, e artificiais, de 2.695 (valores em mil toneladas).

2.2.3. Fibras lignocelulósicas

As fibras estão presentes em todas as plantas da natureza, têm a função de fortalecer as hastes e a raiz, nas folhas, elas garantem a maleabilidade e às sementes conferem proteção e acolhimento (KADOLPF, 2007). A classe de fibras lignocelulósicas é reconhecida principalmente por apresentar, além de celulose em sua composição, uma porcentagem considerável de lignina, caracterizando estas como fibras duras.

As fibras lignocelulósicas são compostas basicamente de três substâncias principais: a celulose, a hemicelulose e a lignina. A unidade de construção da celulose é a molécula de glicose, formada pela polimerização de unidades de glicose e ligações de hidrogênio, portanto, trata-se de um polímero linear de alto peso molecular. A celulose é a substância orgânica mais presente na natureza sendo o principal componente da parede celular dos vegetais, correspondendo a cerca de 40 a 50% de todas as plantas. Estima-se que anualmente são produzidos aproximadamente 50 bilhões de toneladas dessa substância (KLOCK, 2005, MATHAI, 2005).

A hemicelulose é formada por cinco cadeias de açúcar, conforme definição de Klok et al. (2005, p. 25): “Estão em estreita associação com a celulose na parede celular. Cinco açúcares neutros, as hexoses: glucoses, manose e galactose; e as pentoses: xilose e arabinose”.

[...] Durante a formação das fibras lignocelulósicas, os grupos de celulose, antes de misturarem-se entre si, são embebidos por lignina, a qual os cimenta umas nas outras, produzindo uma estrutura que pode ser comparada com um material compósito ou cimento reforçado, das quais as cadeias de celulose e hemicelulose são partes integrantes (MATHAI, 2005, p. 275, tradução nossa).

A lignina é a segunda substância polimérica orgânica mais presente nos corpos vegetais. Esse componente sustenta e fortalece as plantas, e está distribuído na parede celular e em outras partes da planta de maneira irregular. A lignina é o componente típico dos tecidos vasculares responsável pelo transporte de líquidos e nutrientes e

metabólitos, além de ser responsável pela resistência mecânica e proteção dos tecidos ou fibras vegetais contra o ataque de micro-organismos. Sua concentração varia em cada organismo, correspondendo a cerca de 20 a 40% em diferentes classes de madeiras. Na fabricação de papel a partir polpa de celulose extraída da madeira, a lignina é obrigatoriamente removida durante o processo de polpação e branqueamento por diversos métodos, principalmente químicos (FENGEL; WEGENER, 1989). A lignina é uma substância amorfa, sendo o último componente da parede celular (KLOCK et al., 2005).

A lignina é um polímero de composição complexa. Até o momento não se tem total afirmação com relação à estrutura das ligninas, em especial pelo fato de diferenciar-se consideravelmente de acordo com a espécie vegetal ou entre suas variantes. A constituição das ligninas de madeira de eucalipto cultivadas no Brasil e na Europa, por exemplo, apresenta diferenças originárias das condições edafoclimáticas e do isolamento das paredes celulares² (MORAIS 1987, 1992, apud SALIBA et al., 2001, p. 921).

Outro componente comum em fibras lignocelulósicas é a pectina, a qual pode estar ligada à celulose e à hemicelulose na forma de ligações de hidrogênio com outros componentes; ela possui propriedade hidrofóbica (ARAUJO; FANGUEIRO; HONG, 2000). É formada por diferentes compostos de ácido pectínico localizado na parede celular, podendo estar interligada a outros polisacarídeos e proteínas, formando a protopectina insolúvel (PIMENTEL, 2010). A massa molecular das substâncias pecticas é muito variada por se tratar de um polisacarídeo, podendo conter moléculas de L-

² MORAIS, S.A.L. **Contribuição ao estudo químico de Ligninas de *Eucalyptus grandis***. Belo Horizonte, 1987. 175p. Dissertação (Mestrado em Química) – UFMG/ICEx, 1987.

MORAIS, S.A.L. **Contribuição ao estudo químico e espectroscópico da lignina de madeira moída do *Eucalyptus grandis*: Isolamento, quantificação e análise estrutural**. Belo Horizonte, 1992. 260 p. Tese (Doutorado em Química) – UFMG/ICEx, 1992.

amnose, arabinose, galactose e xilose como correntes laterais³ (UENOJO; PASTORE, 2007, apud PIMENTEL, 2010, p. 32).

SANTOS (2006) observou que as propriedades físicas das fibras dependem da composição química delas, que configuram um aspecto morfológico possível de ser observado com o auxílio do microscópio. No caso de fibras vegetais, a aparência geral apresenta-se muito heterogênea em função das condições orgânicas da origem de obtenção, como solo, clima, fertilizantes e colheita, entre outros. A variação de porcentagens dos principais componentes das fibras vegetais é verificada na tabela 3.

Tabela 3 - Composição de fibras vegetais. Adaptada de Maluf; Kolbe (2003) e Corradini et al. (2006)

Fibras		Hemicelulose	Celulose	Lignina	Cinzas
LIGNOCELULÓSICAS	JUTA	12	64,4	11,8	0,8
	SISAL	12	65,8	9,9	1,2
	LINHO	15,4 - 17,1	56,5 - 62,8	2,5 - 2,8	-
	COCO	0,15 - 0,25	36 - 43	41 - 45	-
CELULÓSICAS	ALGODÃO		82,0 - 94,0	-	0,6 - 1,5
	RAMI		69,4	-	5,9

São exemplos de fibras lignocelulósicas a juta, o linho, o sisal e a fibra de coco. Por possuírem composição química similar, essas fibras apresentaram propriedades físicas e mecânicas também parecidas, podendo ser substituídas e testadas para uma mesma finalidade específica. Já o algodão e o rami são exemplos de fibras exclusivamente celulósicas.

³ UENOJO M.; PASTORE G. M. Pectinases: aplicações industriais e perspectivas. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 388-394, 2007.

2.3. Princípios de fiação

Um fio têxtil é caracterizado por uma mecha contínua de fibras ou filamentos agrupados adequadamente para serem usados na fabricação de artigos têxteis por meio de entrelaçamento. Um fio composto de fibras descontínuas é chamado de fio fiado, e sua construção se dá a partir do processo de agrupamento por torção (MALUF; KOLBE, 2008).

Algumas fibras possuem propriedades que possibilitam sua transformação em fios adequados à construção de estruturas têxteis (MATHER; HARDMAN, 2011). Entretanto, nem todas as fibras possuem características favoráveis ao processamento industrial; fatores como o comprimento, textura, resistência e elasticidade determinam a fiabilidade e a tecnologia mais adequada a ser empregada no processo de fiação (ARAUJO; FANGUEIRO; HONG, 2000). Kadolph (2007) resume o processo de fiação em três etapas básicas, a saber:

- a) primeira etapa: limpeza e paralelização de fibras descontínuas;
- b) segunda etapa: estiragem de uma mecha de fibras;
- c) terceira etapa: torção para manter as fibras coesas e aumentar a resistência do fio.

Para uma boa fiação é fundamental que as fibras possuam certa ondulação natural, como na fibra do algodão e da lã, ou artificial (provocada por meios industriais em fibras químicas). Essa característica facilita a fricção entre as fibras, melhora a consistência e a coesão do fio, aumenta a resiliência, a resistência à abrasão, a elasticidade e o volume, além de ampliar a capacidade de absorção e a conservação térmica (GUILLÉN, 1991).

A qualidade final de um artigo têxtil será o resultado do tipo de fibra e da estrutura do fio do qual ele é composto. A força de um fio torcido depende da coesão entre as fibras e dos pontos de contato decorrentes da torção. Já a tensão de ruptura da fibra, em si, neste caso, não é muito relevante. Os pontos de contato das fibras e a fricção de umas sobre as outras são responsáveis pela maior resistência ao deslizamento delas dentro do fio. Quanto mais crespas ou onduladas forem as fibras maior será o número de pontos de contato. Portanto, fibras lisas e regulares terão menos atrito que as fibras ásperas ou com superfície irregular (KADOLPF, 2007).

2.3.1. Tecnologia da fiação

A indústria têxtil convencional dispõe de uma série de equipamentos de alta tecnologia para a produção de fios de fibras, como a lã, a seda e o algodão. As fibras artificiais e químicas propositalmente tentam assemelhar suas características físicas às das fibras naturais mais comuns.

A torção trata de proporcionar ao fio determinado número de voltas em torno do seu próprio eixo por unidade de comprimento (GARCIA, 1995). O objetivo da torção é promover a resistência e a elasticidade para que o fio suporte as ações dos processos de tecelagem ou malharia. Ela também pode influenciar na maciez, no brilho, na rigidez e na afinidade com os corantes, além de poder ser combinada com a diagonal de um tecido de sarja, provocando, assim, mais destaque visual nesses artigos. A torção pode ser feita no sentido diagonal da letra “S”, sentido horário, em fios compostos de vários cabos, ou no sentido diagonal da letra “Z”, sentido anti-horário, para fios de apenas um cabo (AMENÒS,1994). A figura 1 ilustra o sentido de torção Z e S de um fio singelo, e as possibilidades de fios retorcidos.

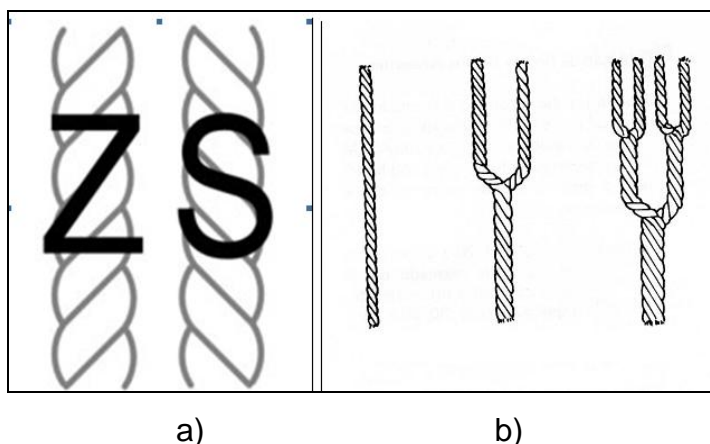


Figura 1- a) Torção do fio Singelo no sentido Z e S respectivamente; b) Fio singelo, fio retorcido a dois cabos, fio retorcido a dois e novamente retorcido a dois cabos (PEREIRA, 2009)

2.3.2. Fiação artesanal

O desenvolvimento da técnica de fiação ocorreu por meio artesanal, esta é considerada uma das mais antigas e importantes descobertas da humanidade. Seu princípio básico consiste no alongamento (estiragem) de fibras através de torções ao longo de uma vara, chamada fuso, para formar o fio. Somente no século XIV, na Índia, a roca foi inventada e posteriormente introduzida na Europa. A evolução desse equipamento se deu três séculos depois, com a invenção de um equipamento que girava várias rocas ao mesmo tempo. Contudo, a automação desse processo só ocorreu no período da Revolução Industrial. A partir daí, cada etapa da fiação passou a ser realizada em máquinas separadamente, assim como nos dias atuais (KADOLPF, 2007).

2.3.3. Fiação industrial de fibras naturais

O processo de fiação industrial de fibras naturais compreende uma série de beneficiamentos do material fibroso em três estados, sendo eles, matéria-prima bruta, massa fibrosa regular e massa fibrosa linear (ARAUJO; FANGUEIRO; HONG, 2000).

As principais etapas da fiação de fibras naturais são apresentadas a seguir, adaptadas da literatura de Kadolph (2007) e Pereira (2009).

- a) Limpeza e Abertura – Devido às características orgânicas das matérias naturais, os fardos de material bruto chegam até a planta industrial contendo impurezas (restos de folhas, sementes, terra etc.). Nesta fase o material é aberto, solto, limpo e misturado.
- b) Cardagem – A massa fibrosa superficialmente limpa e desorientada precisa ser regularizada. Por meio da estiragem o material é homogeneizado em termos de massa por comprimento, passando por cilindros rotativos com pequeníssimas cerdas metálicas para remoção da sujeira ainda presente e emaranhados de fibras (neps), alinhando e paralelizando as fibras parcialmente até formar uma leve manta.
- c) Estiragem – Consiste na passagem da manta por cilindros giratórios que, por estiragem, transformam a manta em fita de carda. Na sequência, a fita passa por outro par de cilindros com velocidade seis vezes maior e produz uma fita seis vezes mais fina e mais longa.
- d) Uniformização – Consiste em misturar diferentes fitas de carda em um equipamento chamado passador para obtenção de uma fita mista, homogênea e com fibras mais paralelizadas.
- e) Penteagem – Com o auxílio de pentes assistidos, escovas, cilindros e facas, as fibras curtas são separadas e, conseqüentemente, forma-se uma fita penteada mais limpa e paralelizada.
- f) Maçaroqueira – Por meio de estiragem e leve torção, a fita regularizada é transformada em um fio grosso, também chamado de pavio (opcional, dependendo do tipo de fiação).

- g) Fiação – Afinamento do pavio por meio de estiragem e torção. Adequada para confeccionar um fio singelo fino.
- h) Enrolamento – É a transferência do fio para bobinas.
- i) Retorção – União por torção de dois ou mais fios singelos para formação de um único fio retorcido mais resistente.

Bastian et al. (2009) definem os principais processos da fiação de fibras naturais de acordo com o maquinário utilizado. São eles: a carda, a passadeira, a reunideira, a penteadeira, a maçaroqueira, o filatório, a conicaleira, a retorcedeira e o vaporizador, que auxilia a fixação do fio por meio de calor.

2.3.4. Título dos fios

Em nomenclatura têxtil, entende-se por título a relação entre o comprimento e o peso de um corpo, seja a densidade linear da fibra ou fio. Para determinar o título de um fio, pode-se utilizar o sistema tex, que calcula o peso em gramas de mil metros de material têxtil (GARCIA, 1995).

Para a fiação de fibras de algodão, os principais sistemas de fiação têxtil são o filatório de anel, que é ideal para fiação de cerca de 40 fibras penteadas por seção transversal e 80 fibras cardadas, e o filatório do tipo *open-end*, que processa em torno de 100 fibras por seção transversal. O limite de fiabilidade para essas fibras no filatório *open-end* é de 2,8 tex a 42 tex, considerando fibras que possuem comprimento de 18 a 40 mm. O limite de fiabilidade pode ser calculado pelas equação 1 ou equação 2 (GARCIA, 1995).

Eq. 1 –

$$N_f = \frac{T_{\text{tex do fio}}}{T_{\text{tex da fibra}}}$$

Eq. 2 –

$$T \text{ tex fio} = N_f \times T \text{ tex fibra}$$

Onde:

N_f = quantidade de fibras

$T \text{ tex fio}$ = título tex do fio

$T \text{ tex fibra}$ = título tex da fibra

2.4. Cordoaria em fibras naturais

A técnica de cordoaria consiste na construção de estruturas têxteis lineares, contínuas, de pequeno diâmetro, utilizada para diversas aplicabilidades como tapeçaria, encadernação, pesca, equipamentos de segurança, construção civil, etc. As fibras naturais mais utilizadas são o algodão, o sisal ou a juta, mas também é comum o uso de fibras sintéticas e até de metais. Podem ser configuradas a partir de torção, retorção de dois ou mais cabos, entrançamento ou por recobrimento de uma parte central (fio alma). Quando fabricadas a partir de um único fio singelo ou fita torcida, são chamadas de cordéis ou barbantes e geralmente não levam acabamentos especiais. Quando possuem pequenos comprimentos e são equipadas com ganchos ou acessórios nas extremidades para funcionalidades específicas são chamadas de cabos. Quando possuem diâmetro superior a 10 milímetros, denominam-se cordas, as quais podem ser revestidas ou levar polimento (ARAUJO; FANGUEIRO; HONG, 2000).

A metodologia de torção segue o padrão “S” ou “Z”, entretanto, propriedades mecânicas são influenciadas pela intensidade da torção. Uma torção padrão resulta em cordas de boa resistência, flexibilidade e elasticidade; uma torção fraca proporciona o aumento da flexibilidade, ao passo que declina a resistência à rotura, perdendo a elasticidade. Já uma corda de alta torção confere boa elasticidade e baixa flexibilidade e resistência. Em uma corda de múltiplos cabos, quanto maior a superfície de contato e

maior o peso maior também será a resistência à ruptura (ARAUJO; FANGUEIRO; HONG, 2000).

2.5. Estruturas têxteis

O verbo *texere*, em latim, significa construir, tecer, e deu origem à palavra “têxtil” (SANCHES, 2011). Uma superfície têxtil pode ser constituída por fibras, fios ou filamentos interligados entre si a partir de três orientações principais capazes de formar tecidos planos, malhas ou não tecidos. Os tecidos planos são constituídos a partir de entrelaçamentos perpendiculares entre os fios de urdume e trama. As estruturas de malha se formam a partir de laçadas unidirecionais dos fios de trama ou de urdume, e os não tecidos são superfícies compostas da aglomeração de fibras ordenadas e compactadas. A figura 2 apresenta a diferenciação entre as principais superfícies têxteis.

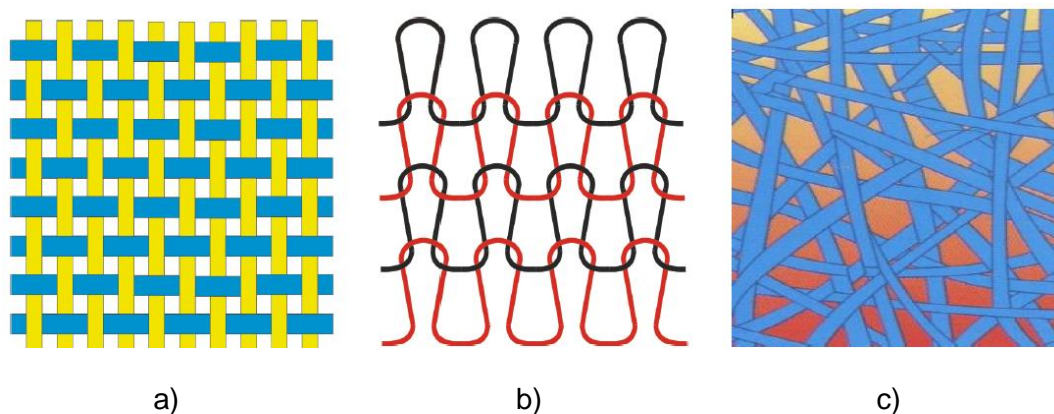


Figura 2 – Principais estruturas têxteis a) Tecido plano; b) Malha; c) Não tecido (PEREIRA, 2009)

A principal diferença entre os tecidos planos e as estruturas têxteis de malha é a propriedade de resiliência desta última, resultante da evolução dos fios entre si. Segundo Sanches (2011), a malha é formada por sucessivas laçadas dos fios, umas por dentro das outras, permitindo o deslizamento dos pontos de ligação quando o tecido é tensionado.

As estruturas têxteis chamadas de não tecidos são fabricadas a partir de métodos menos complexos que os das malhas e dos tecidos planos; conseqüentemente, também se destacam pelo baixo custo e eficiência específica. A construção de um não tecido inicia-se com o depósito ordenado das fibras sobre uma superfície, formando uma manta que posteriormente é consolidada por meios mecânicos, como a agulhagem, meios químicos, como a pulverização de resinas sobre o material, por meios térmicos, em que a manta sofre a ação da passagem por calandras ou pela combinação dessas etapas. Também é comum a adição de outros materiais têxteis ou não têxteis como folhas metálicas, espuma ou fios de reforço (ARAUJO; FANGUEIRO; HONG, 2000).

A norma NBR – 13370 define os não tecidos como estruturas planas, flexíveis e porosas, constituídas por um véu ou manta de fibras, ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) ou pela combinação destes.

Um tecido plano é configurado a partir do entrelaçamento de fios perpendicularmente (MALUF; KOLBE, 2003). Esses tecidos são feitos em um equipamento chamado tear, responsável por conceber o entrelaçamento de fios de urdume e de trama a partir de três ligamentos fundamentais, quais sejam, o ligamento do tipo tafetá ou tela, o ligamento sarja e o cetim. É comum chamar os fios de urdume somente de “fio”, diferenciando-se automaticamente, dos fios de trama.

De acordo com a Norma ABNT/BT-392 o tecido plano é uma estrutura produzida pelo cruzamento de um conjunto de fios de urdume (sentido longitudinal) e o conjunto de fios de trama (sentido transversal), formando um ângulo de (ou próximo a) 90°. Os pontos de ligação são rígidos, não permitindo que os fios deslizem uns sobre os outros quando o tecido é tensionado (SANCHES, 2011, p. 63).

O ligamento tela ou tafetá é o mais simples de todos, e se caracteriza por uma disposição em que cada fio de trama passa alternadamente por cada fio de urdume, repetidamente. Mais de 70% dos tecidos utilizam este método de entrelaçamento (PEZZOLO, 2007). Tecnicamente os tecidos construídos a partir do ligamento tafetá são idênticos em ambos os lados. Vale considerar que comercialmente é comum os tecidos receberem acabamentos especiais em uma das faces.

Evolução é o nome dado ao caminho percorrido pelos fios ou tramas durante o entrelaçamento. O ligamento sarja confere uma evolução em que o fio de trama deve passar por baixo de pelo menos 2 fios de urdume e por cima de 1, formando assim o módulo mais simples de repetição do ligamento sarja. A aparência final dos têxteis compostos desse ligamento são as linhas diagonais marcadas na face direita do tecido (RIBEIRO, 1984).

No ligamento cetim, quando regular, o módulo mínimo de repetição deve ser de 5 urdumes para 5 tramas, onde para cada urdume só existe um ponto de ligação. A variação do módulo de repetição é de até 12 fios. São chamados de cetim leve quando os fios de trama estão mais expostos na face direita dos tecidos e pesados quando o urdume fica mais aparente (MALUF e KOLBE, 2003). A figura 3 ilustra a posição transversal das três principais ligações de um tecido plano.

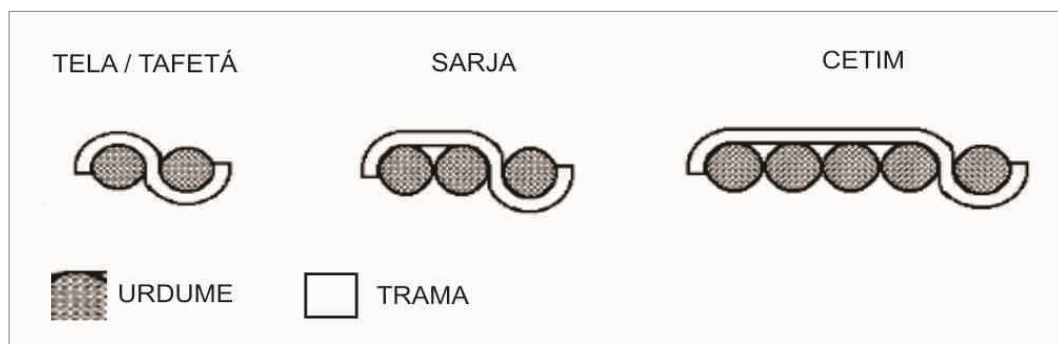


Figura 3 - Posição transversal de ligamentos têxteis planos. Adaptado de Alfieri (2011)

2.5.1. Tecnologia da tecelagem

A fabricação de um tecido de fibras naturais vegetais envolve uma série de etapas preliminares até que a matéria-prima transformada se torne própria para uso e comercialização. Cada tipo de fibra exigirá tratamentos diferenciados, porém, algumas etapas podem ser consideradas essenciais na manufatura de tecidos planos, conforme ilustra a figura 4.

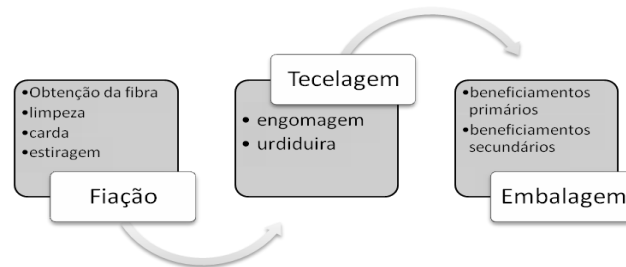


Figura 4 - Processo de fabricação de tecido plano (Fonte: O AUTOR, 2013)

Os tecidos planos são formados pelo entrelaçamento ortogonal de fios de urdume, localizados na direção do comprimento do tecido, com os fios de trama, localizados na direção da trama em um equipamento chamado tear. Os primeiros eram totalmente manuais. Com o aprimoramento da tecnologia, foram adaptados pedais até chegarem aos maquinários totalmente automatizados. Contudo, os princípios de funcionamento se mantiveram, os quais são relatados a seguir, de acordo com Araújo, Fangueiro e Hong (2000).

- a) O trabalho se inicia com a disposição dos fios de urdume verticalmente e devidamente tensionados em dois rolos.
- b) Um rolo acomoda os fios de urdume e outro o tecido que é feito.
- c) Os fios de urdume devem ser separados em duas camadas, e cada camada é conectada a um liço.

- d) O levantamento alternado de cada liço suspende uma camada de urdume, formando uma abertura chamada cala.
- e) A trama é inserida na cala na largura do tecido.
- f) O pente empurra a trama passada, formando o tecido, que é sequencialmente acomodado no outro rolo.

O sistema de tecelagem automatizado depende do controle do desenrolamento do urdume em velocidade e tensão constantes coordenadamente com o enrolamento do tecido. A classificação do tear é feita pelo tipo de elemento ou acessório no qual é realizada a inserção da trama, podendo ser por meio de lançadeira, projétil, pinça ou jato de ar ou água. A figura 5 ilustra os principais elementos de um tear.

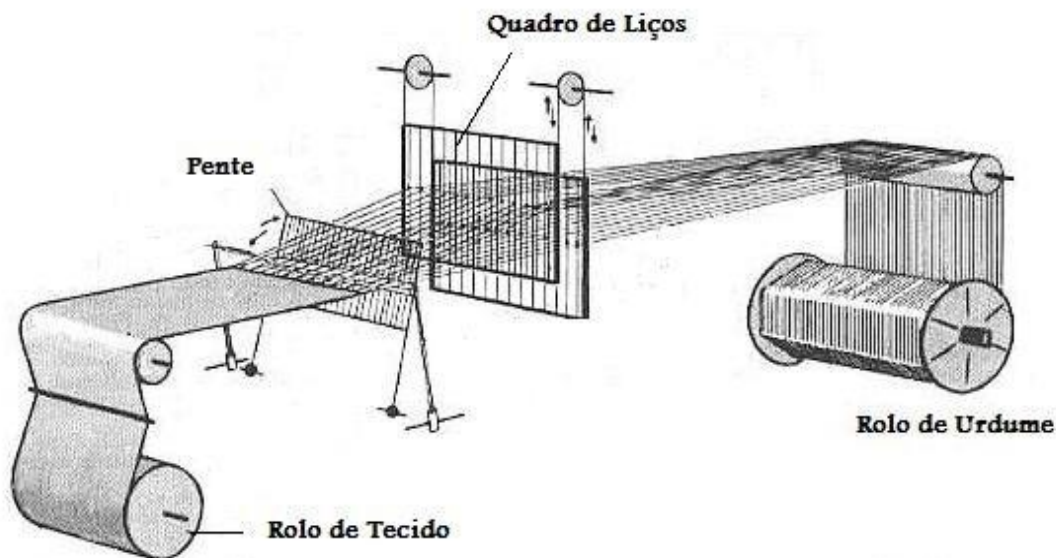


Figura 5 - Elementos de um tear (PEREIRA, 2009)

2.5.2. Urdimento

Os fios de urdume são mais resistentes que os fios de trama para suportar as ações condicionadas durante o processamento têxtil. A força adequada para esses fios é dada de acordo com o número de torções (RIBEIRO, 1984). Deve-se levar em conta que todo processo de tecelagem exige uma preparação que envolve sucintamente duas operações essenciais, sendo elas o urdimento e a engomagem. Elas serão definidas a seguir, de acordo com Pereira (2009).

O urdimento é a operação que consiste em transferir os fios dos cones ou bobinas para um rolo único a ser instalado no tear. Para isso é necessário definir a quantidade de fios de urdume de que o tecido será composto. Esse número será igual ao número de bobinas necessárias para alimentar o rolo de urdume. Para realizar a transferência, as bobinas devem estar distribuídas em gaiolas para que os fios possam ser direcionados ao rolo conjuntamente e com a mesma tensão. Essa etapa geralmente é realizada fracionada, separando, assim, determinada quantidade de fios de urdume por “fitas” dispostas lado a lado até completar a largura do rolo de urdume.

- a) As bobinas são acomodadas em gaiolas.
- b) Os fios saem das bobinas e passam por tensores de discos metálicos.
- c) Os fios passam pelo pente em cruz para serem separados em fios pares e fios ímpares.
- d) Os fios passam pelo pente de distribuição para serem ajustados à densidade (fios / cm) ideal exigida pela largura da urdidura do tecido.
- e) Os fios são agrupados lado a lado em um tambor intermediário.
- f) Os fios são transferidos para o rolo de urdume primário, na largura ideal para serem encaminhados à engomagem.

2.5.3. Engomagem

A engomagem é o processo ao qual os fios de urdume são submetidos com o objetivo de promover maior resistência durante a tecelagem, tornando-os aptos a suportar a tensão e o atrito sem ruptura. Nesta operação os fios são revestidos por uma camada de goma (natural ou sintética), que auxilia na aderência das fibras torcidas no fio singelo. A figura 6 mostra a aparência do fio sem goma e engomado respectivamente.

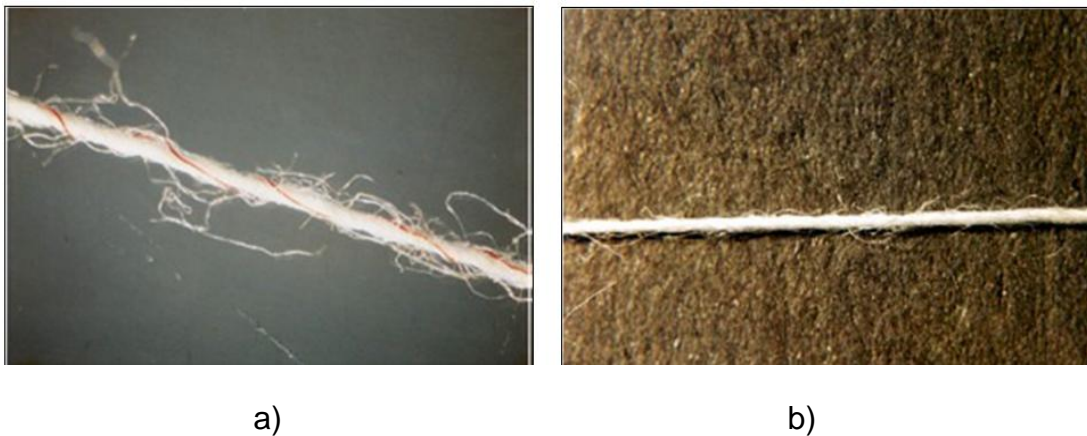


Figura 6 – a) Fio sem goma; b) Fio engomado. Retirado de Guia de Defeitos Industriais Têxteis (2000) in: Pereira (2009)

O processo de engomagem é realizado em um conjunto de etapas, conforme definições de Pereira, 2009.

- a) Desenrolamento: Os rolos primários de urdume (12 unidades) são alocados em uma seção em que são desenrolados individual ou coletivamente na tensão ideal e enrolados em um guia.

- b) Caixa de goma: O rolo guia é mergulhado na caixa contendo a solução engomante a quente e em seguida os fios são passados por cilindros espremedores para eliminar o excesso e fazer com que a solução penetre no fio.

- c) Zona de secagem: Os fios são separados em camadas e secos pela passagem por cilindros aquecidos revestidos com teflon.
- d) Enceragem e separação: os fios sofrem uma enceragem superficial, a quente ou a frio, para conferir lubrificação e permitir a fácil separação das camadas de fio. Realizada especialmente em fios rústicos, auxilia na redução de fibrilas na tecelagem.
- e) Enrolamento: As camadas de fio separadas passam fio a fio pela pua do pente extensível, ajustando a largura e a densidade (fios / cm) e são enroladas no rolo de urdume definitivo.

2.5.4. Tecelagem artesanal

Os primeiros teares eram pesados e difíceis de carregar. Eles serviam para tecer fibras de lã em pequenas comunidades durante o Período Neolítico (LAVÉ, 1989). A evolução dos teares passou por teares manuais verticais, manuais horizontais e teares horizontais a pedal, até chegar aos teares automatizados industriais. Segundo Ribeiro (1984), atualmente os teares manuais são utilizados em artesanato ou para o desenvolvimento de uma amostra têxtil antes de determinado artigo entrar em linha de produção. De acordo com a literatura de Macedo (2003), o tear horizontal com pedais é originário do Oriente e chegou até a Europa no início da Idade Média durante a penetração de povos árabes pela Península Ibérica. No Brasil, essa tecnologia se difundiu no século XI em Minas Gerais para a fabricação de tecidos de algodão, e recebeu o nome de “Tear de pano”.

Os teares de pedal podem ser classificados de acordo com o ligamento têxtil produzido, a saber: tear de 2 liços, destinado à tecelagem de artigos de ligamento tafetá, ou tear de 4 liços, destinado à construção de outros ligamentos. Ambos são feitos em madeira (ALMEIDA; de BRITO; MELO, 2007).

Assim como na tecelagem industrial, a urdidura engloba uma sequência de operações preliminares para garantir que cada fio de urdume, usado em uma partida de tecelagem, apresente o mesmo comprimento e a mesma tensão de enrolamento. Na tecelagem artesanal, utiliza-se um acessório que consiste em uma armação de três hastes de madeira de aproximadamente 1,10m de largura equipada com cavilhas de separação por onde um único fio percorre um mesmo número idas e retornos pelas cavilhas, de acordo com um comprimento e largura desejados (DUARTE, 2009). O método de tecelagem descrito a seguir é baseado na obra de Duarte (2009) e Macedo (2003).

- a) Os fios devem ser divididos em duas camadas (no mínimo) paralelas e alternadas.
- b) As camadas de urdume devem passar entre os dentes (espaços) e os furos do sistema de pente liço alternadamente.
- c) Em seguida, cada um dos fios introduzido no liço deve passar entre os dentes de um pente batedor na mesma ordem estabelecida.
- d) Os fios devem ser tensionados em outro rolo, que receberá o rolo de tecido.
- e) O operador aciona um dos pedais para permitir o levantamento de uma das camadas de urdume (conectada ao liço). A abertura da cala.
- f) Por meio de uma lançadeira, o fio da trama atravessa a cala, entrelaçando-se com os fios de urdume.
- g) O pente batedor é puxado para reunir a trama à parte já tecida.
- h) Pressiona-se o outro pedal para permitir o levantamento da outra camada de urdume.

i) Com a abertura da cala, a lançadeira é novamente arremessada no sentido oposto.

j) O pente batedor é puxado para reunir a trama à parte já tecida.

A sequência de “e” a “j” é repetida até completar todo o comprimento do urdume, formando o tecido. A lançadeira é um acessório da tecelagem que comporta uma bobina carregada com o fio da trama. Possui um orifício que libera o fio com o movimento da lançadeira.

2.5.5. Pré-tratamentos e acabamentos (beneficiamentos têxteis)

As fibras naturais chegam até a planta industrial com uma porcentagem considerável de impurezas naturais que podem dificultar o processamento fabril. Para amenizar esse e outros obstáculos na fabricação dos tecidos, além das etapas mecânicas, alguns procedimentos químicos podem ser realizados nos fios ou nos tecidos para garantir melhor desempenho específico.

Os beneficiamentos primários ou pré-tratamentos comportam uma série de processamentos básicos aplicados aos substratos até que atinjam qualidade adequada ao uso e comercialização, como a desengomagem, a purga e a mercerização. Os beneficiamentos secundários têm como função promover características ou propriedades específicas aos artigos, como o tingimento, a estampagem ou a aplicação de produtos para provocar efeito de amaciamento, impermeabilidade, repelência, antichamas e antiestático, entre outros (MALUF e KOLBE, 2003).

De acordo com Maluf e Kolbe (2003), alguns dos principais beneficiamentos primários podem ser citados:

A purga tem como finalidade degradar sujidades contidas no material, como piolhos (partículas de cascas dos caroços de algodão), componentes residuais da engomagem

e a hemicelulose de fibras celulósicas. Também proporciona hidrofiliidade para facilitação dos processos subsequentes, como tingimento e alvejamento. Pode ser realizado em meio alcalino ou em solução enzimática. O processo, conseqüentemente, promove certo clareamento no material.

O alvejamento é um processo a úmido executado para propiciar a alvura do substrato têxtil. Pode ser realizado com cloreto de sódio, hipoclorito de sódio ou peróxido de hidrogênio, que confere vantagens e eficiência técnica, além de não ser nocivo ao meio ambiente. O tratamento também finaliza as ações das etapas anteriores.

2.5.6. Enzimas utilizadas na indústria têxtil

A busca por produtos e processos industriais menos agressivos ao meio ambiente tem sido um desafio de alta demanda nos últimos anos. É durante a fase de processamento têxtil que se concentra o maior volume de produção de resíduos e efluentes industriais. As enzimas têm sido utilizadas no mercado têxtil como uma opção de beneficiamento ecológico.

Enzimas são proteínas com poderes catalíticos em reações biológicas. Industrialmente, a maioria das enzimas é extraída de microrganismos como fungos, bactérias e bolores coletados a partir do cultivo em ambientes biológicos como amostras de solo, madeira, água e frutas em decomposição, entre outros. As enzimas agem como biocatalisadores de excelente eficiência, sendo utilizadas em diversos segmentos industriais. Dos processos em que são empregados catalisadores enzimáticos resulta uma quantidade mínima de efluentes se comparados com os produtos químicos convencionais, além de conferirem fácil biodegradação (BOM, Elba P. S. et al., 2008).

As enzimas mais utilizadas na cadeia têxtil são a amilase na desengomagem, a pectinase na purga, a oxidase no alvejamento, a catalase no tratamento residual pós-alvejamento com peróxido de oxigênio. Em outras etapas, também é comum o uso da

fenol oxidase, a peroxidase, azoredutase, além das celulase, protease e lacase no acabamento (BOM, Elba P. S. et al., 2008).

2.6. O coco

Pesquisas comprovaram que o cultivo do coqueiro é praticado desde o ano 300 a.C. no Sri-Lanka, e há três mil anos na Índia. Contudo, sabe-se que a cultura dessa árvore está presente desde a Era Pré-histórica, e que é originária das Ilhas Filipinas. Seus frutos são ricas fontes oleaginosas, e sua casca, de onde é extraída a fibra, possui grande valor como matéria-prima de produtos. Atualmente, o estado do Kerala, na Índia, é o maior produtor e fornecedor mundial de fibra de coco, e por isso é conhecido como a Terra do Coqueiro (MATHAI, 2005).

Segundo Van Dam (2002), o coqueiro possui valor de grande importância na Economia de diversos países asiáticos. As maiores áreas de produção estão localizadas em zonas costeiras e úmidas, especialmente dos países como as Filipinas, Índia, Sri Lanka, Malásia e a Indonésia, essa última lidera no *rankings* mundial de produção da fruta. A espécie *cocos nucifera*, da família das palmeiras, é típica de países tropicais, e seu cultivo se dá principalmente para extração de um óleo amplamente utilizado na fabricação de margarinas e sopas, além de produtos de outros setores.

O coqueiro é conhecido como árvore da vida em muitos países, devido à possibilidade de aproveitamento de todas as suas partes. Em Kerala, os nativos utilizam as flores do coqueiro no preparo de um alimento utilizado em situações pós-parto ou dores lombares, além de um suco com propriedades isotônicas. As folhas são empregadas como telhado ou material para cestaria em diversas culturas. No Havaí o tronco é transformado em recipientes ou pequenas canoas. A raiz também confere boa aplicação para adubagem, e a água pode ser uma alternativa em situações de transfusão sanguínea de emergência, devido à esterilidade enquanto dentro do fruto e por possuir composição similar à do soro fisiológico (BONTEMPO, 2008).

De acordo com a classificação botânica, o coqueiro em questão pertence à divisão Espermatófita, classe Angiosperma e sub-classe Monocotiledônea, de ordem *Principes* (= *Arecales*), família *Palmae* (= *Arecaceae*), tribo *Cocoidae*, gênero *Cocos*, espécie *Cocos nucifera*. As principais variedades cultivadas no Brasil do gênero *Cocos* são a variedade *typica* Nar, também conhecida como coqueiro gigante, e a variedade *nana* Griff, chamada de coqueiro anão. Além delas, também foi introduzido na produção nacional o coqueiro híbrido, resultante da combinação entre as duas variedades (SIQUEIRA et al., 2002).

A origem do coqueiro apresenta contradições, alguns autores acreditam que a fruta seja originária do sudoeste do Pacífico e da Ásia; esta tem sido considerada a hipótese mais provável. De lá a fruta teria sido trazida por navegantes europeus ou pelas correntes marítimas às Américas, devido à propriedade de flutuação por vários dias sem alterar o embrião. Por isso, também é tipicamente encontrado em diversas praias do globo (SIQUEIRA et al., 2002).

No Brasil, data de 1587 o “Tratado descritivo do Brasil”, que relata que “As palmeiras que dão os cocos se dão bem na Bahia, melhor que na Índia, porque, metendo um coco debaixo da terra, a palmeira que dele nasce dá coco em cinco a seis anos, e na Índia não dão, estas plantas, frutos em vinte anos”, o que leva à conclusão de que não haviam coqueiros no Brasil antes da chegada dos Portugueses⁴ (BONDAR, 1955, apud SIQUEIRA et al., 2002) .

O coqueiro gigante caracteriza-se principalmente por ser uma palmeira extremamente alta, comumente encontrada nas paisagens das praias do Nordeste brasileiro. Segundo Siqueira et al. (2002), as medidas do coqueiro gigante variam em torno de 18 a 30 metros de altura, 84 centímetros de estipe (caule) e as folhas em torno de 5,5 metros de comprimento. Após o plantio, o florescimento ocorre entre seis e oito anos e segue continuamente. O coqueiro gigante é adaptável a diversos tipos de solo, porém, quando em condições adequadas, chega a ter cerca de 60 anos de vida útil frutífera.

⁴ BONDAR, G. **A Cultura do Coqueiro no Brasil**. Salvador, BA: Tipografia Naval. Salvador, 1955. 75 p.

O coqueiro gigante chega a produzir em torno de 80 frutos por planta ao ano. O plantio dessa variedade é muito comum entre pequenos produtores, e seus frutos variam de tamanhos considerados médios ou grandes, mais utilizados na alimentação para o preparo de doces e produtos oleaginosos que se utilizam da copra (endoesperma sólido), também chamada de polpa ou coco seco, como matéria-prima (ARAGÃO, 2007).

Uma pesquisa realizada pela Embrapa (2002) expôs dados sobre a introdução do coqueiro no Brasil, em que a variedade gigante realizou-se em cinco fases, e a variedade anã, em seis. Todas eram de origens diferentes e chegaram em épocas também bastante variadas. A tabela 4 apresenta a rotas de introdução do coqueiro gigante no Brasil, e a tabela 5, do coqueiro anão.

Tabela 4 - Rota da introdução do coqueiro gigante no Brasil até 1983 (SIQUEIRA et al., 2002)

Ano	Ecotipo	Origem	Procedência	Importador	Local de plantio
1553	Gigante	Índia ou Sri Lanka	Ilhas de Cabo Verde	Portugueses	Bahia
1939	Caboclo	Kuala Lampur	Malásia	Paulo Burle e Carlos Browne	Cabo Frio- Rio de Janeiro
1978	GOA	Sudoeste Asiático	Costa do Marfim	CEPLAC	Bahia
1981	GOA	Sudoeste Asiático	Costa do Marfim	Sococo	Pará
1983	GOA	Malásia, Tai	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	GM	Malásia, Tai	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	GP	Taiti	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	GR	Salomão	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	GRa	Fiji	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	GT	Tonga	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	GV	Vanuatu (ex Novas Hébridias)	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQ	Sergipe

Tabela 5 - Rota da introdução do coqueiro anão no Brasil até 1983 (SIQUEIRA et al., 2002)

Ano	Variedade	Origem	Procedência	Importador	Local de plantio
1925	AV	desconhecida	Índia	Mapa	RJ, BA, PE
1938	AA	Malásia	Malásia	Paulo Burle e Carlos Browne	Araruama e Cabo Frio (RJ)
1939	AVm	Malásia	Malásia	Paulo Burle e Carlos Browne	Araruama e Cabo Frio (RJ)
	AV	desconhecida	Malásia	Paulo Burle e Carlos Browne	Araruama e Cabo Frio (RJ)
1978	AA	Malásia	Costa do Marfim	CEPLAC	Bahia
1981	AA	Malásia	Costa do Marfim	Sococo	Pará
1982	AA	Malásia	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	AVm	Malásia	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe
	AVm	Camarões	Costa do Marfim	EMBRAPA- CNPQo	Sergipe

O coqueiro anão é uma variedade promissora na comercialização da fruta no Brasil; sua maior utilização é para o consumo da fruta *in natura* ou na agroindústria de água de coco, apesar de também poder ser utilizado na preparação de alimentos ou outro produtos derivados da polpa, com potencialidade para dominar o agronegócio do coco gigante seco (polpa), atendendo à demanda do mercado que o coco gigante e o híbrido não conseguem superar. Outro fator avaliado como vantagem mercadológica é o teor de gordura da polpa ser consideravelmente mais baixo, qualificando seus produtos finais proeminentes no segmento de alimentos de baixos teores calóricos (ARAGÃO, 2007).

O termo híbrido é usado para denominar os indivíduos (animais ou plantas) resultantes do cruzamento de genes ou espécies diferentes, em que os pais são escolhidos de acordo com as características que se espera obter nos frutos. Devido à falta de conhecimento com relação ao plantio, no Brasil a partir de 1930, ocorreu o cruzamento espontâneo entre variantes o que provocou dificuldade de se encontrar, atualmente, frutos originais do coqueiro gigante e empobrecimento do material genético. Desde a década de 1980 a Embrapa vem mantendo um programa de melhoramento da espécie híbrida em várias regiões brasileiras, a partir do cruzamento de duas das principais

variedades de coqueiros, com o objetivo de se obter uma fruta com as melhores características de cada variante (SIQUEIRA et al., 2002).

Também chamado de intervarietal, esta cultivar mista apresenta vantagens comerciais por ser adequada para extração de polpa, de água e de fibras. Estima-se que a produção nacional esteja segmentada, sendo que 70% corresponde à variedade gigante, 20% à variedade anã e 10% à cultivar híbrida. A expansão do plantio do coqueiro híbrido encontra dificuldades devido à escassez das sementes no mercado, mas possui outras vantagens, como a capacidade de manter maior estabilidade produtiva diante de distintas condições ambientais e melhor sabor da água (ARAGÃO, 2007), entre outras, diretamente relacionadas à produtividade, as quais são apresentadas na tabela 6. A figura 7 apresenta as características do coqueiro gigante e do coqueiro anão respectivamente.



a)



b)

Figura 7 – a) Coqueiro gigante (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2010); b) Coqueiro anão (MF RURAL, 2013)

Tabela 6 - Tipos de coqueiro mais cultivados no Brasil e suas propriedades (ARAGÃO, 2007)

Variedade	Anão	Híbrido	Gigante
Altura	Até 12 metros	Até 20 metros	De 20 a 30 metros
Produtividade	De 150 a 200 frutos/planta/ano	De 120 a 150 frutos/plantas/ano	De 60 a 80 frutos/planta/ano
Finalidade	consumo de água	consumo de água e poupa	consumo da poupa

Em média, 85% da produção nacional de cocos se destinam ao uso culinário, em que são utilizados frutos maduros, sendo a metade correspondente à comercialização da polpa e a outra metade a outros produtos como leite, sabão, óleo etc. Os outros 15% da produção são destinados à comercialização da água, os quais são consumidos ainda verdes (SENHORAS, 2007). Cerca de 85% da produção nacional de cocos está localizada no Nordeste (ARAGÃO et al., 2005).

2.6.1. Características da fruta

O fruto originado do coqueiro, no Brasil, é também chamado de coco-da-baía, por ter sido o estado da Bahia onde se desenvolveram os primeiros cultivos da frutífera. Até hoje é o local de maior produção da fruta em área plantada no país.

Em botânica, o fruto é classificado como uma drupa fibrosa, ou seja, se mantém fechado durante toda a sua vida, possui uma camada fibrosa (mesocarpo), uma camada lenhosa (endocarpo), com três poros de germinação localizados externamente no epicarpo e internamente no albúmen sólido (copra) (HERBÁRIO DIGITAL, 2009). A figura 8 mostra as principais partes da fruta de coqueiro.

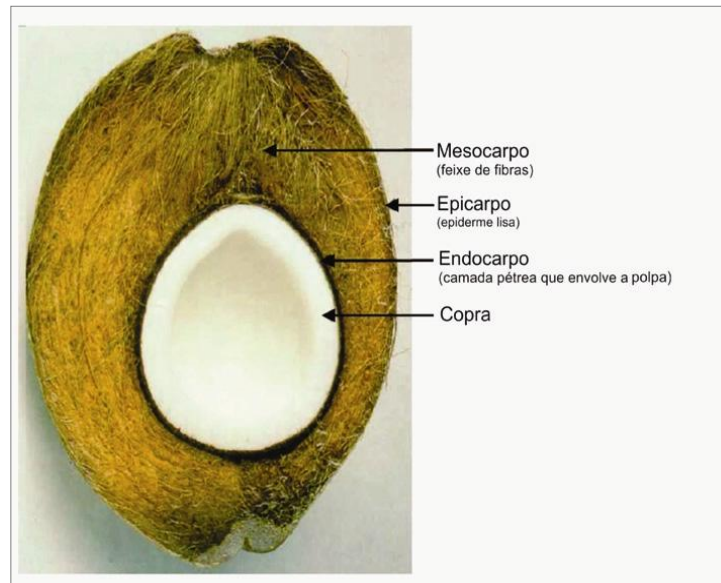


Figura 8 - Corte longitudinal do coco, com suas partes. Modificada de Ferreira et al. (1998)

O nome científico *Nucifera* vem do latim, e significa “castanha peluda”, porém, a etimologia da palavra coco considera histórias da cultura popular portuguesa que levam a supor que esta seja a sua origem. Uma delas é a de que Vasco da Gama, em uma viagem à Índia, havia associado a aparência da fruta à face de um monstro do folclore português de nome “coco”, devido aos três pontos de germinação no exterior da fruta. Outra associação é com a palavra de origem latina “concha”, que significa “concha, cunca ou conco”, estas usadas para designar uma tigela de madeira. E, por fim, a comparação do aspecto do fruto com a face de um macaco: a palavra “coco” é sinônima de “cara de macaco”, na língua espanhola (BONTEMPO, 2008). A imagem 9 possibilita a visualização das partes relatadas.

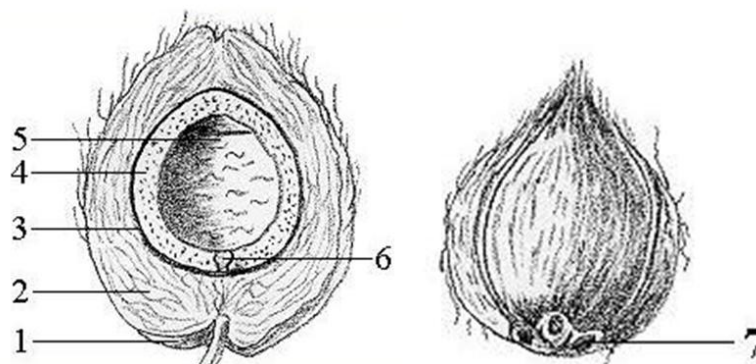


Figura 9 - Partes do fruto do coqueiro. 9.1. Exocarpo, 9.2. Mesocarpo, 9.3. Endocarpo, 9.4. Endosperma sólido, 9.5. Endosperma líquido, 9.6. Embrião e 9.7. Poros de germinação (SANTOS, 2006)

2.6.2. Fibras de coco

A fibra de coco possui aspecto rústico, é lignificada e tem coloração marrom amarelada, entretanto, possui valor comercial para finalidades específicas. Possui cerca de 15 cm de comprimento e a finura varia entre 14-24 μm (CRAWSHAW, 2002). A Tabela 7 apresenta a composição química das fibras de coco.

Tabela 7 - Composição química das fibras de coco (MATHAI, 2005)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FIBRAS DE COCO	%
Água solúvel	5,25
Pectina e componentes relacionados	3,00
Hemicelulose	0,25
Lignina	45,84
Celulose	43,44
Cinzas	2,22

As fibras de coco possuem boa elasticidade e tensão à ruptura. A alta porcentagem de lignina apresenta-se superior em comparação com a porcentagem de celulose, o que proporciona uma característica especial, que é a resistência à ação microbiana e à água salgada (VAN DAM, 2002). A tabela 8 apresenta os valores dos principais

componentes da fibra de coco em comparação com outras fibras vegetais. É possível observar também a pequena diferença entre os valores apontados para as fibras do coco maduro e as fibras do coco verde.

Tabela 8 - Principais constituintes das fibras de coco maduro e verde em relação a outras fibras vegetais. Adaptada de VAN DAM (2002)

FIBRA	CELULOSE	HEMICELULOSE	PECTINA	LIGNINA	EXTRATIVOS	GORDURAS
	% peso seco					
algodão	91,8	6,3			1,1	0,7
linho	71,2	18,5	2,0	2,2	4,3	1,6
juta	71,5	13,3	0,2	13,1	1,2	0,6
coco maduro	35,6	15,4	5,1	32,7	3,0	
coco verde	36,7	15,2	4,7	32,5	3,1	
sisal	73,1	13,3	0,9	11,0	1,3	0,3
abaca	70,2	21,7	0,6	5,6	1,6	0,2

Mathai (2005) comparou algumas características físicas de três importantes fibras lignocelulósicas. Os valores são mostrados na tabela 9.

Tabela 9 - Propriedade físicas de fibras lignocelulósicas (MATHAI, 2005)

	unidade	JUTA	SISAL	FIBRA DE COCO
Densidade	g/cm ³	1,3	1,45	1,4
Celulose / Lignina	%	61/12	67/12	43/45
Alongamento	%	1 a 1,2	3 a 7	15 a 40

A seção transversal da fibra de coco apresenta pequenas cavidades aeradas localizadas próxima do centro, essa característica é responsável pelo aumento da resiliência e da porosidade proporcionando maior capacidade de flutuação em água devido a um maior tempo necessário para que a mesma penetre em seu interior. Em imersão as fibras de coco sofrem inchaço apenas lateralmente e após 24 horas o aumento é menor em comparação com outras fibras lignocelulósicas. Conseqüentemente, as fibras de coco são menos afetadas sob essa condição

(MATHAI, 2005). As cavidades ocas do interior das fibras são visualizadas através da fotomicrografia da seção transversal apresentada na figura 10.

A resistência às bactérias e à água salina também são particularidades típicas das fibras de coco. Quanto à coloração, pode ser amarelada ou marrom escura, dependendo do método de extração (MATHAI, 2005). Os valores das principais propriedades físicas das fibras de coco são apresentados na tabela 10.

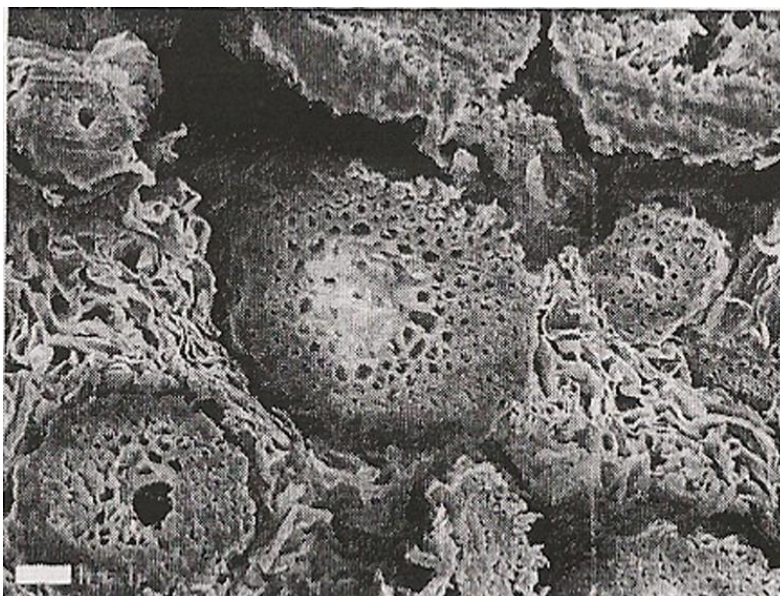


Figura 10 - Fotomicrografia da seção transversal de fibras de coco. Adaptada de De Montfort University (2004) e Mathai (2005)

Tabela 10 - Valores das principais propriedades físicas das fibras de coco (MATHAI, 2005)

propriedades	unidade	valor
TÍTULO (tex)	tex	40,00
CARGA DE RUPTURA	kg	0,45
TENACIDADE	g/tex	10,00
EXTENSÃO DE RUPTURA	%	29,13
DENSIDADE	g/cm ³	1,40
POROSIDADE	%	40,00
CRESCIMENTO TRANSVERSAL EM ÁGUA	%	5,00

A composição química das fibras pode ser alterada dependendo da variedade cultivada e do ponto de maturação colhido (CORRADINI et al., 2009). O coco verde é colhido com 7 a 8 meses de idade. Desse fruto são extraídas fibras classificadas como brancas e longas. Já o coco maduro está pronto para colheita entre 11 e 12 meses de idade, e dele se obtêm fibras classificadas como marrom longa e marrom curta. Entre as fibras também se encontra um pó (medula) que preenche a maior parte do mesocarpo (ARAGÃO et al., 2005).

Um estudo de ARAGÃO et al. (2005) objetivando avaliar o potencial de produção de fibras foi realizado nos tabuleiros costeiros do norte de Sergipe, utilizando as três principais cultivares (anã, gigante e híbrida). Foram considerados dois tempos de maturação: 7 e 12 meses. Os autores concluíram que as fibras brancas e longas apresentam os valores de propriedades físico-químicas mostrados na tabela 11. A maior produção média encontrada foi de 1500 g de fibra, obtida a partir de coqueiros híbridos com frutas colhidas aos 7 meses de maturidade:

Tabela 11 - Características físico-químicas das fibras de coco verde (ARAGÃO et al., 2005)

Propriedade e Composição	Unidade	Valor
pH		5,4
densidade	g/L	70
porosidade	%	95,60
retenção de água	mL/L	538
Lignina	%	35 a 45
Celulose	%	23 a 43
Hemicelulose	%	3 a 12

O coqueiro gigante é capaz de dar frutos que fornecem fibras compostas de 33 a 40% de celulose, de 41 a 46% de lignina, de 0,15 a 0,25% de hemicelulose e de 2,75 a 4,0% de pectinas. O peso médio de frutos secos do coqueiro gigante em média é de 1,6 kg, em que aproximadamente 30 a 40% são de fibra longa e 60 a 70% correspondem a fibra curta e pó (ARAGÃO et al., 2005).

Carvalho et al. (2010) analisaram a morfologia da superfície de fibras de coco verde obtidas de fruto comercializado no estado de São Paulo a partir da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Foi possível observar a superfície da fibra coberta por uma camada de substâncias oleosas, ceras e substâncias extrativas naturais da composição das fibras lignocelulósicas. A imagem projetada pelo aparelho é mostrada na figura 11.

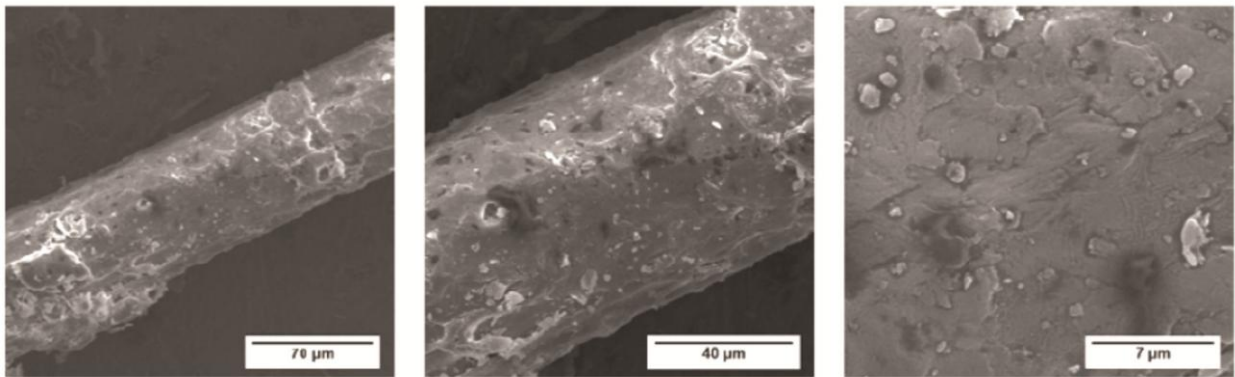


Figura 11 - Fotomicrografia (MEV) de fibras de coco verde (CARVALHO et al., 2010)

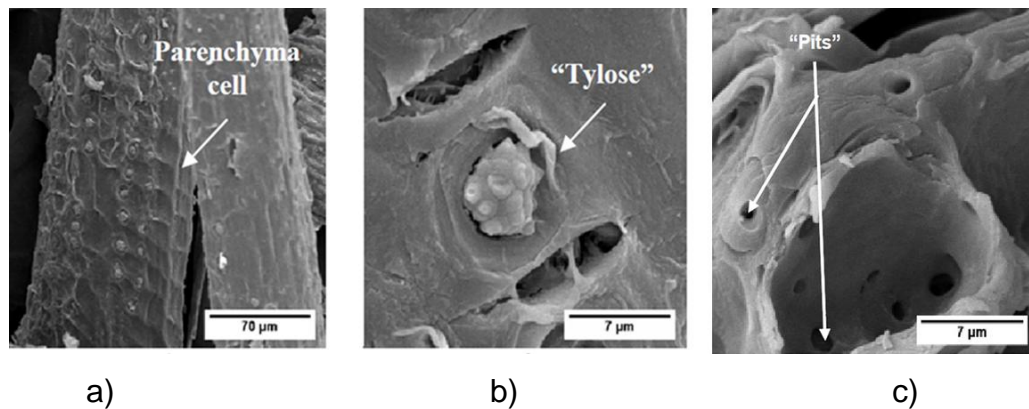


Figura 12 - Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) em fibras de coco verde, em que a) Células de parênquima; b) Tiloses; c) Vasos (CARVALHO et al., 2010)

As fibras (100 g) também foram observadas após sofrerem tratamento em 1L de solução alcalina (NaOH 10% m/v) sob agitação em temperatura ambiente, e resultaram na remoção parcial dos constituintes amorfos das fibras (ceras, óleos, extrativos, lignina e hemicelulose), possibilitando a visualização das células parênquimas, das tiloses e da

presença de vasos medindo 1μ de diâmetro, observados na figura 12. As fibras também apresentaram maior aspereza após o tratamento (CARVALHO et al., 2010).

De acordo com os constituintes químicos verificados na literatura e a morfologia observada através da MEV, pode-se concluir que as fibras de coco apresentam composição similar à da madeira.

[...] As madeiras são classificadas como *softwoods* e *hardwoods*. As denominadas como *softwoods*, correspondem a madeiras de coníferas e as *hardwoods* correspondem à de angiosperma (magnolida e eudicotiledôneas lenhosas). O lenho das coníferas, mais simples que o da angiosperma, é constituído por traqueídes e células parenquimáticas, podendo conter sinais resiníferos. O lenho das angiospermas pode conter uma combinação de tipos celulares diferentes: vasos, traqueídeos, vários tipos de fibras e células parenquimáticas (RAVEN et al, 2001, p. 646).

Na tabela 12 foi feita uma comparação entre os valores dos principais componentes químicos das fibras de coco verde e maduros ⁵ (JARMAN, 1998 apud MATHAI, 2005)

Tabela 12-Composição química de fibras de coco verde e maduros em porcentagem (JARMAN, 1998 apud MATHAI, 2005)

FRUTOS	ÁGUA SOLÚVEL	PECTINA	HEMICELULOSE	LIGNINA	CELULOSE
Verdes	16	2,7	0,15	40,5	32,9
Maduros	0,2	3	0,25	45,8	43,3

Análises em fibras de coco verde realizadas recentemente pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), cujos resultados foram gentilmente cedidos pela Dr^a. Fátine Chamom, apresentaram valores médios de componentes conforme apresentados na tabela 13. A porcentagem de holocelulose representa os valores de celulose e hemicelulose juntos.

⁵ JARMAN, C. Plant Fiber Processing, Intermediate Technology Publications, Rugby, UK, 1998.

Tabela 13- Componentes de fibras de coco verde (IPT, 2010)

% em fibras de coco verde				
Holocelulose	Lignina (insolúvel em ácido)	Lignina (solúvel em ácido)*1	Cinzas*2	Extrativos*3
68	30,98	0,074	2,34	0,19

*1. A 205 nm%

*2. A 525°C

*3. Totais em diclorometado

A fibra de coco é uma matéria-prima de fonte renovável em abundância no Brasil. Possui excelentes características físico-químicas como, acima de 85% porosidade, entre 10 e 30% de capacidade de aeração e de 20 a 30% de água facilmente assimilável. Essas qualidades refletem nas fibras alta durabilidade, não reagentes com nutrientes de adubação e boa conservação das características físicas por longo tempo, tanto nas fibras brancas quanto nas marrons (ARAGÃO et al., 2005). Essas descrições sugerem a possível razão do êxito das mesmas no setor de agricultura e jardinagem. Tais características também podem ser relevantes para o uso de fibras de coco na fabricação de geotêxteis.

2.6.3. Obtenção da fibra

As fibras de coco são extraídas de mesocarpo fibroso da fruta antes ou após a retirada do albúmen. No caso do coco verde comercializado *in natura*, a extração acontece somente após o consumo da água.

2.6.4. Método de extração das fibras

O Sri-Lanka e a Índia são os países que mais desenvolveram a cultura e a manufatura de artefatos em fibra de coco respectivamente. Nestes locais utiliza-se um método aquoso chamado maceração para extração das fibras. Neste método as cascas são retiradas das castanhas e esmagadas. Em seguida, são acomodadas em uma imensa rede, a qual é mantida imersa em água por de 6 a 9 meses para dissolver e degradar parcialmente a medula (pó) ao redor das fibras. Completo esse tempo, as fibras são soltas umas das outras manualmente ou por meio de métodos semi-mecânicos. Ao final, o material é seco ao sol e penteado com pentes de ferro (CRAWSHAW, 2002).

O processo de maceração deve ser iniciado logo após a retirada das cascas. Quando já estão ressecadas ou foram expostas ao sol, as fibras ficam quebradiças e os compostos extraíveis por água, como o tanino, tornam-se insolúveis, comprometendo a qualidade do material final (MATHAI, 2005).

No Brasil, até a década de 1980 a extração das fibras do mesocarpo era feita a partir de métodos rústicos nos próprios coqueirais. Apenas a castanha ou epicarpo, contendo a polpa e água, era direcionada à indústria alimentícia (SAVASTANO JUNIOR, 1986). Também foram feitos registros da maceração biológica realizada em escala artesanal e industrial, porém, esse método tem sido extinto ou substituído por processos mecânicos.

O método de desfibramento do coco descrito a seguir foi dividido em cinco etapas, de acordo com o processo realizado em uma fábrica de capachos de fibra de coco, da cidade de Igarassu, em Pernambuco. O rendimento da etapa de desfibramento foi de 25% de fibras multidimensionais aproveitáveis e 75% de resíduos, estes últimos, ocasião não eram comercializados, apenas se tinha uma estimativa com relação aos seus potenciais de adubagem agrícola. Observou-se que as fibras liberadas durante a etapa de seleção, também chamadas de buchas, eram destinadas à indústria de estofamento (SAVASTANO JUNIOR, 1986).

- a) Recebimento – As cascas chegam ao local em tamanhos variados.
- b) Desfibramento – As cascas são depositadas em equipamento cilíndrico equipado com um eixo longitudinal com martelos localizados perpendicularmente. Nele, as cascas são maceradas com o auxílio de injeção de água ao longo do cilindro para promover a lavagem das fibras aproveitáveis e separação dos resíduos.
- c) Secagem – As fibras são expostas ao ar livre em pátios e adquirem coloração castanho-escura.
- d) Penteamento e seleção – As fibras são penteadas por um rolo equipado com pregos dispostos ao longo da superfície externa do equipamento, que se encarrega de pentear as fibras e, simultaneamente, liberar as fibras de comprimento inferior a 8 cm.
- e) Fiação – Mechas de fibras penteadas são transformadas em fios por meio de máquinas rotativas, formando carretéis que são direcionados aos teares para confecção de capachos.

Atualmente, encontra-se em expansão um sistema de extração de fibras que apresenta diversas vantagens em relação aos métodos anteriores, principalmente por se tratar de um circuito de etapas essencialmente mecânicas capaz de fornecer fibra e pó, além de possibilitar a extração do líquido da casca do coco verde, que contribui para o processo de secagem do material.

Técnicos da Embrapa, em parceria com a metalúrgica Fortalmag, desenvolveram um maquinário em que o benefício do processo está na eficiência: o sistema é capaz de realizar todas as operações até o enfardamento em até quatro horas, sendo superior ao processo convencional que leva de três a quatro dias, segundo cálculos (SILVEIRA, 2008). O conjunto de equipamentos é mostrado na figura 13. O processo de

funcionamento desse sistema para extração das fibras é apresentado a seguir, conforme citado por Silveira (2008):



Figura 13 - Conjunto de máquinas desfibradoras de coco (FORTALMAG, 2012)

- a) Coleta – Feita diariamente para garantir o intervalo máximo de 24 horas entre a extração da água e o processamento para evitar a desidratação da casca, que, caso ocorra, pode prejudicar tanto a qualidade dos produtos finais como as etapas subsequentes.
- b) Recebimento – O material é despejado em uma baia em que são selecionados manualmente e direcionados ao alimentador. A figura 14 mostra o recebimento do material e o encaminhamento para a etapa subsequente.
- c) Trituração – As cascas são cortadas em fatias (por meio de facas rotativas em disco) e em seguida são esmagadas por marteletes fixos.
- d) Prensagem – A massa obtida é prensada para retirada da umidade natural, e o líquido retirado é conduzido por meio de calha. A figura 15 mostra o estado do

material pós-esmagamento e a calha conduzindo o líquido da casca do coco verde para a rede de esgotamento sanitário para tratamento.

- e) Classificação – O material prensado é então separado em fibra e pó por uma máquina classificadora equipada com um rolo de facas fixas e uma chapa perfurada.
- f) Peneiramento – O volume de fibra passa então por uma peneira para eliminar as mínimas partes de endocarpo existentes e é direcionado à secagem por duas horas (ao sol, ao vento ou utilizando-se ar quente).
- g) Enfardamento – Ao final, a massa seca de fibras está pronta para ser prensada em blocos de 40x40x40 cm. O volume de pó e de fibra obtido após o processo é mostrado na figura 16.



a)

b)

Figura 14 - a) Recebimento de matéria-prima; b) Matéria-prima sendo encaminhada pelo alimentador (casca de fibra de coco verde) (SILVEIRA, 2008)



a)

b)

Figura 15 – a) Aspecto da matéria-prima após esmagamento; b) Calha encaminhando o LCV para a rede de esgoto (SILVEIRA, 2008)



a)

b)

Figura 16 – a) Pó resultante; b) Fibra resultante ao final das operações (SILVEIRA, 2008)

Uma unidade deste porte tem capacidade para beneficiar mais de 5.500 toneladas de cascas de coco por ano, produzindo 250 toneladas de fibra e 485 toneladas de pó. O processo completo rende cerca de 15% de pó e 7,5% de fibras. Uma usina de

beneficiamento de casca de coco verde pode ser instalada em um galpão fabril de 200m², dispondo de mais uma área de mesma dimensão destinada ao armazenamento. O total do investimento seria da ordem de R\$ 240.000,00 se fosse implantada em um local onde a área construída fosse de 350,00 m², incluindo o custo dos equipamentos, que ficam em torno de R\$ 50.000,00. Estima-se o retorno do investimento em aproximadamente um ano (ROSA, ____).

A figura 17 mostra o fluxograma do processo produtivo de obtenção da fibra de coco verde.

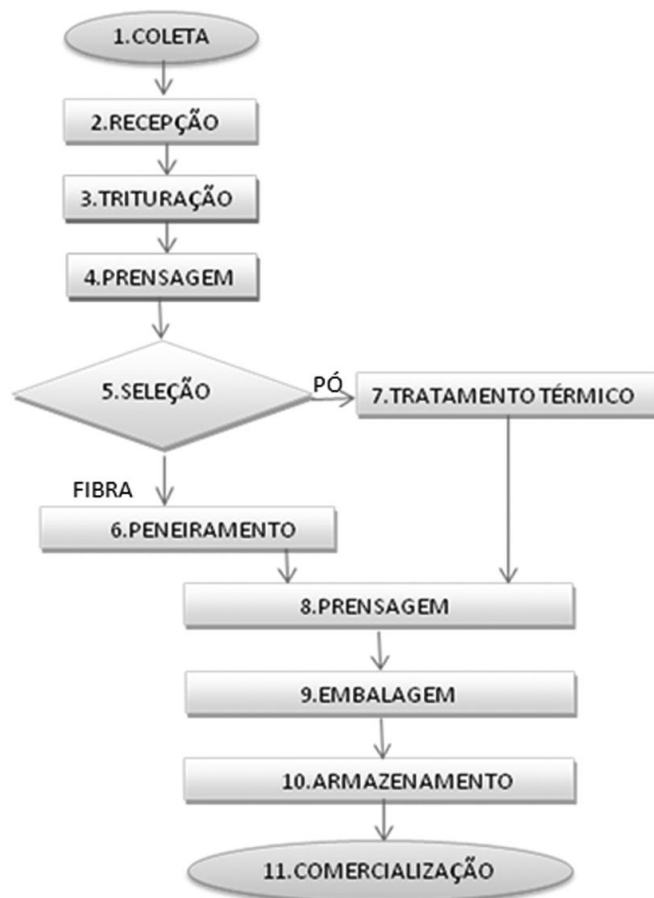


Figura 17 - Fluxograma simplificado de usina de beneficiamento da casca do coco verde. Adaptado de Silveira (2008)

2.6.4.1. Características das fibras adquiridas pós-processamentos

Dependendo das condições em que foram realizadas a maceração biológica, comumente praticada na Índia, as fibras apresentam alterações nas características de coloração, extensão, tenacidade e elasticidade. Tais resultados são devidos à variação do tempo de imersão, à adição de agentes catalisadores ou da utilização de recursos mecânicos auxiliares, estes últimos também provocam maiores danos às fibras em função da maior força mecânica empregada sobre as mesmas (MATHAI, 2005).

As fibras retiradas do coco verde pós-maceração revelam coloração clara favorável ao tingimento. Para a obtenção de fios mais escuros e rústicos, ideais para aplicação em geotêxteis, pode ser cumprida a maceração por períodos curtos (VAN DAM, 2002).

Segundo dados do Council for Scientific Industrial Research (CSIR), (1960), durante o verão a ação da maceração pode acontecer em tempo reduzido, entretanto, resulta fibras de coloração escura. Quando as fibras são obtidas da maceração salobra ou salinificada apresentam-se mais fortes e amareladas. A maceração em água potável e pura é considerada ineficiente pelo fato de manter as mesmas quantidades de medulas presas à superfície das fibras. Quando maceradas em águas paradas apresentam-se mais fracas (SATYANARAYANA, KULKARNI e ROHATGI, 1981).

Pode-se concluir que o método realizado na década de 1980 pela empresa pernambucana, citada por Savastano Junior (1986), no subcapítulo anterior era capaz de produzir fibras multidimensionais classificadas apenas por comprimento, sendo eles: maior de 8 cm, inferior a 8 cm e inferiores a 1 cm.

Segundo dados do IPT, a fibra de coco deve ser classificada de acordo com a coloração, a rigidez e o comprimento apresentados. Quanto à utilização, as fibras mais finas e longas são adequadas ao processo de fiação, as fibras mais grossas e curtas são destinadas à fabricação de escovas e as fibras ainda mais curtas são utilizadas como acolchoamento (SAVASTANO JUNIOR, 1986).

O método totalmente mecânico desenvolvido pela Embrapa e a Fortalmag fornece fibras multidimensionais mescladas entre si nos fardos e separadamente o pó. As fibras utilizadas nos ensaios laboratoriais deste trabalho são originadas deste processo (SILVEIRA, 2008).

2.6.5. Fiação da fibra de coco

A fiação das fibras de coco já era praticada na Índia vários séculos atrás. Somente por volta de 1859 iniciou-se a produção industrializada, com a abertura da fábrica Darrah Smail & Co no distrito de Alleppey, em Kerala. Nos 20 anos seguintes a cidade já comportava diversas fábricas deste segmento; a maioria pertencia a empresários europeus, e o mercado estava estabelecido. Com a Independência da Índia em 1947, muitas fábricas fecharam ou foram entregues ao governo, e, aos poucos, pequenas fábricas se reestabeleceram nos arredores de Alleppey, as quais forneciam produtos semiacabados para exportação. Atualmente a cidade dispõe de fábricas com alta capacidade produtiva, oferecendo produtos que resgatam a qualidade e o requinte dos produtos de fibra de coco indiana (MATHAI, 2005).

As fibras de coco possuem características semelhantes às das fibras de sisal, podendo conferir também as mesmas aplicabilidades em produtos. Contudo, esta última é um feixe de fibra muito longo em comparação com a fibra de coco, fato que inviabiliza a reprodução do mesmo método de fiação para ambos os materiais (CRAWSHAW, 2002).

2.6.5.1. Fiação manual da fibra de coco

Na Índia, técnicas de fiação manual para produção de fios para fabricação de tapetes são realizadas até os dias atuais. Em uma das técnicas, a fiandeira (geralmente são mulheres) fica em pé e carrega nos braços um maço de fibras soltas. Ela trabalha com

o auxílio de um maquinário composto de uma a três hastes vazadas nas extremidades (que faz a operação de um fuso) e uma roda à manivela. A fiandeira amarra um pedaço de fio fiado manualmente em uma haste do fuso que é conectado à borda de uma roda giratória à manivela (ou a motor) acionada por outra operadora, que fica sentada. As rotações da roda fazem a haste girar rapidamente, torcendo o fio, ao mesmo tempo em que a fiandeira alimenta a ponta do fio com mais fibras soltas produzindo o fio (CRAWSHAW, 2002).



Figura 18 - Fiação manual de fibras de coco na Índia (VAN DAM, 2002)

Durante o processo, a fiandeira (operadora de fiação manual) caminha lentamente para longe do maquinário e nivela a grossura do fio. Quando uma quantidade de fio, determinado pelo espaço de locomoção da fiandeira (geralmente 10 metros), fica pronto, o material é retirado e um novo ciclo recomeça. Após a confecção de dois fios, ambos são retorcidos entre si com o auxílio de um utensílio de madeira específico, e então é produzida uma corda de dois cabos (CRAWSHAW, 2002).

Variações deste método foram adaptadas para a fabricação de fios com dois ou três cabos, adicionando-se mais um ou dois operadores. A qualidade final da corda é definida pela regularidade da torção do primeiro cabo e da quantidade de fibra distribuída em cada fio (MATHAI, 2005). A figura 18 ilustra a fiação de fibras de coco realizada por três operadoras, uma para girar a roda e duas para alimentar a torção do fio.

2.6.5.2. Fiação motorizada e automática de fibras de coco

A etapa de rotação deste processo pode ser motorizada, proporcionando maior produtividade e melhor qualidade do fio. Contudo, a alimentação das fibras para formação do fio ainda se mantém manual, dependente da habilidade e das limitações produtivas do operador. A heterogeneidade das fibras entre si e a não formação de fitas estiráveis são os fatores que mais dificultam o desenvolvimento de um maquinário mais eficiente para a fiação de fibra de coco. Um método de fiação automático foi criado pelo Coir Board da Índia, o qual ainda está em desenvolvimento. Esse método é baseado nos princípios da fiação DREF 3, em que a fibra de coco é torcida envolta em um fio alma, geralmente de algodão ou poliamida. Estima-se que apenas 10% da fiação de fibra de coco sejam mecanizados (MATHAI, 2005).

2.6.5.3. Determinação de finura de fios de fibras de coco

Para determinar a finura de um fio de fibra de coco são utilizadas duas nomenclaturas. O termo *runnage* é mais utilizado comercialmente e determina o comprimento em metros a cada 1 quilograma de fio, expresso por m/kg. O termo *scorage* representa a quantidade de fios que podem ser paralelizados em um espaço de 1,8 polegadas ou 4,57 cm (MATHAI, 2005).

2.6.5.4. Especificações de fios de fibras de coco

Na Índia, a determinação da variedade de um fio de fibra de coco é dada a partir do nome da cidade onde ele foi originalmente fiado. Outras especificações como o método de extração de fibras, sendo macerado ou não macerado, a coloração da fibra, a intensidade da torção e se ela foi manual ou mecanizada também são dados considerados. Para que determinado tipo de fio seja reconhecido é necessário que seja aprovado pelo *Bureau of Indian Standards*. Esse órgão possui cerca de 26 variedades de fios aprovados; a maioria é resultante de extração por maceração. Contudo, apenas aproximadamente dez variedades são as mais utilizadas. Fios de torção forte são mais adequados à fabricação de tapetes, e fios de torção suave são mais adequados para fabricação capachos (MATHAI, 2005). O anexo A apresenta as qualidades e usos dos diferentes tipos de fios de coco na Índia.

2.6.6. Beneficiamentos realizados em fibras de coco

2.6.6.1. Amaciamento

Os carpetes fabricados com fibras duras e grosseiras como a fibra de coco tendem a apresentar um toque áspero, devido às pontas sobressalientes, tanto nos fios como nos tecidos. Para corrigir esse aspecto e causar maior impacto no consumidor, podem ser aplicados métodos utilizados na produção de fio e artigos de sisal, como a aparagem. Outro tratamento que vem sendo estudado para melhorar essa condição é o uso de agentes amaciantes no preparo dos produtos, muito comuns na indústria têxtil. Contudo, o agente ideal ainda está por ser descoberto, uma vez que, o método mais barato é o tratamento alcalino, porém, ele interfere na resistência da fibra; já o tratamento à base de silicone deixa as fibras escorregadias (VAN DAM, 2002).

O pré-tratamento amaciante, de fato, age como amaciante e lubrificador, orientando as fibras paralelamente, ao mesmo tempo em que facilita o agrupamento de umas nas outras e suaviza o toque. Conseqüentemente, melhora o processo de fiação e confere

vantagens na qualidade final dos produtos e na quantidade produzida, pelo fato de evitar perdas de material ocasionadas na fiação das fibras em estado natural.

A hipótese de se aplicar o amaciamento nas fibras de coco antes da fiação manual poderia contribuir com a redução da irregularidade nos fios, deixando-os menos rústicos e com mais qualidade. Na indústria do sisal, é comum o a utilização de óleos lubrificantes para facilitar a fiação. Um estudo sobre um tratamento com óleo de mamona apresentou resultados satisfatórios na fiação de fibra de coco, com um acréscimo de 500 kg na produtividade, além de melhora na tenacidade e na textura devido à redução de pilosidade. O potencial de absorção dos fios tratados com este óleo não apresentou alterações significativas em comparação com as fibras sem tratamento. Recomenda-se o uso do óleo em sistemas de produção totalmente mecanizados (VAN DAM, 2002).

Após a maceração, a juta sofre tratamento de emulsão de óleo em água, o qual amolece a fibra pela remoção da lignina. O óleo atua como lubrificante, formando uma fina camada protetora ao redor da fibra, capaz de reduzir a quebra em vários estágios do processamento e evitar a rápida evaporação da água⁶ (ROY; SAHA 2010, apud RAHMAN; FERROZ 2011).

Até o ano de 2002 o *Coir Central Research Institute* (CCRI), da Índia, mantinha pesquisas em andamento com o objetivo de descobrir as enzimas mais adequadas para ação na superfície da parede celular das fibras de coco. O intuito da investigação era desenvolver métodos alternativos, enzimáticos, para serem aplicados nas etapas de amaciamento, branqueamento e acabamento. Os pesquisadores acreditam que o amaciamento de fibras de coco sem interferência na resistência das mesmas será um desafio para o futuro (VAN DAM, 2002).

⁶ ROY, G; SAHA, S.C. Development of digital moisture meter for jute fiber and its products, *Indian Journal of Fiber and Textile Research*, **36**, pp. 178-182. 2010.

2.6.6.2. O branqueamento de fibras de coco

Com o objetivo de aumentar a variedade de produtos fabricados a partir da fibra de coco no segmento de tapeçaria, a indústria aplica às fibras beneficiamentos como o branqueamento, o tingimento e a estampagem. O branqueamento da fibra de coco é realizado para amenizar a coloração marrom escura das fibras. Nos processos tradicionais é possível atingir diversas tonalidades de amarelo claro, permitindo que o material se encontre mais adequado para o tingimento ou estampagem futuramente.

Em geral o branqueamento é realizado no material em estado de fio ou fibra, devido à natureza dura e escura da fibra de coco. Vários reagentes podem ser utilizados, como peróxido de hidrogênio, silicato de sódio, soda cáustica, alumínio, fosfato trissódico e lisapol D, entre outros. Industrialmente, o principal reagente utilizado é o peróxido de hidrogênio em processos a frio ou a quente; este último garante maior eficiência e menor quantidade de produtos químicos (MATHAI, 2005). Uma receita de branqueamento de fibra de coco desenvolvida pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) é preparada com 8 g/L de peróxido de hidrogênio e 5 g/L de silicato de sódio, aquecido à temperaturas de 80 a 90°C por uma hora, pode se considerar a Relação de Banho de 1:20 para tratamentos de fibras soltas ou 1:12 para tratamento de fios. Em seguida o material é enxaguado e seco à sombra (VAM DAN, 2002).

Uma das vantagens do peróxido de hidrogênio como agente de branqueamento é o custo. No entanto, a solução pode causar irritação nos olhos e vias respiratórias, necessitando-se de adoção de medidas de segurança para os trabalhadores durante o processamento. Outros tratamentos aplicáveis no branqueamento de outras matérias-primas lignocelulósicas, como a polpa celulósica para fabricação de papel, precisam ser testados em fibras de coco (VAN DAM, 2002). A coloração escura das fibras de coco também é um índice da presença de lignina na superfície da fibra.

Após a etapa de branqueamento o material sofre perda de aproximadamente 10% do peso, esse percentual é devido aos resíduos orgânicos que são extraídos e então adicionados ao efluente, o qual na maioria das situações é despejado das indústrias diretamente no ambiente sem qualquer tratamento. Considera-se necessário o desenvolvimento de métodos analíticos a fim de estabelecer medidas de controle de qualidade dos efluentes decorrentes desse processo, assim como, o reaproveitamento dessas soluções no próprio processo (VAN DAM, 2002).

O alveijamento enzimático é considerado eficaz como pré-branqueamento, o que também proporciona maior brilho. As enzimas mais utilizadas são a xilanase e a celulase, capazes de promover a remoção da lignina da parede celular (VAN DAM, 2002).

2.6.7. Têxteis a partir de fibras de coco

Segundo Mathai (2005) o mercado indiano oferece diversos tipos de estruturas têxteis fabricadas a partir métodos bastante variados, desde tapetes ou esteira fabricados em teares manuais, a pedal ou totalmente automatizado, carpetes de tecimento a nó, capachos de porta com fibrilas no sentido vertical, não tecidos, geotêxteis de ligamento em rede, entre outros. Na Europa a utilização das fibras de coco, em grande parte, de origem indiana, é destinada à fabricação de artigos de maior sofisticação tecnológica como compósitos termorrígidos de matrizes poliméricas ou termoflexíveis acrescidos elastômeros, esse último utilizado para enchimentos de colchões ou assento automobilístico além de geotêxteis.

Tapetes fabricados em tear manual com fibras dispostas no sentido vertical, mais conhecidos como capachos, são feitos a partir de um método o qual pequenas mechas de fibra são inseridas entre os fios de uma camada de urdume paralelizados. A cada camada completa um pente aperta as mechas, preparando-as para a camada seguinte. Ao final de determinado comprimento, é passada uma trama, que finaliza o tecido e fixa

as mechas. Fora do tear, estas são aparadas a um comprimento uniforme (MATHAI, 2005). Variações desse tipo de tapete podem ser feitas em molduras de tamanho determinado, com a utilização de agulhas manuais, além de opções que são acrescidas de látex natural ou elastômero sintético na base.

Esteiras são mais finas e feitas em tear manual ou automático, podendo combinar diferentes cores de trama e urdume. Os ligamentos mais comuns são a sarja ou a tela, possibilitando o uso em ambas as faces. São produzidas em diversos tamanhos ou em rolos de 0,30 a 5 m de largura e de 25 a 50 m de comprimento. Quando feitos em tear manual, os fios devem ser previamente selecionados, retorcidos em fios de dois cabos, para serem enrolados em bobinados, urdidos e paralelizados (MATHAI, 2005).

2.6.8. O mercado da fibra de coco

No Sri-Lanka, o uso mais comum da fibra de coco é na fabricação de capachos, tapetes, carpetes e escovas, devido às propriedades de dureza, resistência à abrasão, resistência à água, inclusive a salina, e à exposição no tempo. Os tecidos produzidos com esta fibra são compostos de fios grossos e duros que configuram um aspecto final rústico, cujos ligamentos ficam bastante visíveis e podem ser adequados em diferentes estilos de decoração (KADOLPF, 2007).

No Brasil a utilização dos subprodutos do coco, como as fibras, a entrecasca e o pó se dá como consequência da utilização mais nobre (alimentação: água e poupa). Na Ásia e nas outras regiões produtoras, a utilização principal é a produção de óleo, mercado ainda recente no país.

Na década de 1940 a fibra de coco já era utilizada em estofamentos de automóveis na Europa. Apenas três décadas depois foi introduzida no Brasil, mas, nos anos 1990, a fibra perdeu lugar para o poliuretano (polímero de origem fóssil, matéria-prima da espuma), que apresentava preços 30% inferiores aos dos da fibra. No ano 2000, a

empresa paraense Poematec desenvolveu um projeto para modernizar a produção de fibras de coco, e, com isso, conseguiu reduzir o preço do material em 5% em relação ao poliuretano. Na linha de produtos estão estofamentos de carros e encostos de cabeça de caminhões do grupo Daimler Chrysler, além de colchões e produtos de jardinagem (SANTOS, 2006).

Estima-se que no Brasil a fibra de coco maduro tem sido mais utilizada do que a fibra de coco verde na fabricação de produtos, devido à facilidade logística de obtenção do material *in loco*, diretamente da indústria alimentícia antes da extração do albúmen sólido e líquido. Boa parte do coco verde é consumido *in natura*, fato que dificulta a recuperação do material residual após a comercialização. Com o crescimento da comercialização da água envasada originária do fruto verde colhido de 6 a 7 meses de maturação, essa realidade vem sendo modificada. Segundo Aragão et al. (2005), o interesse mundial por produtos de baixo impacto ambiental sinaliza uma tendência mercadológica em que a fibra passará a ser o principal produto de extração do coco.

As propriedades da fibra de coco verde podem ser potencialmente aproveitáveis como matéria-prima para uma gama extremamente variada de produtos de relevante utilidade, tanto no cotidiano da sociedade como no setor de construção civil ou como combustível industrial. Contudo, uma série de implementações processuais deve ser considerada para alcançar êxito na implementação da cadeia agroindustrial do coco verde de modo a promover a intensificação da utilização de todos os seus recursos produtivos, como mudanças na própria estrutura produtiva, redirecionamento do fluxograma de produção, adoção de tecnologias para o beneficiamento das cascas do fruto e maior investimento em pesquisa e desenvolvimento para inovação de produtos utilizando essa matéria-prima (SENHORAS, 2004).

Do ponto de vista da sustentabilidade, a utilização comercial de fibras de coco, como no caso da indústria paraense citada, se traduz em uma atividade que atende aos parâmetros socioeconômicos com a geração de aproximadamente quatro mil novos empregos relacionados à produção de fibra, considerando produtores agrícolas e

cooperativas comunitárias rurais de oito distritos do Pará, mais cerca de 400 empregados na planta industrial (SANTOS, 2006), além de evitar que toneladas de material orgânico ocupem espaço em aterros sanitários, conferindo, assim, benefícios socioambientais.

A utilização de fibras vegetais em produtos comerciais contribui para gerar riquezas e reduzir o impacto ambiental causado pela produção e descarte de bens de consumo já que são materiais abundantes, de fonte renovável e contribuem para o melhor aproveitamento do potencial agrícola brasileiro (SANTOS, 2006).

Exigências por uma produção ambientalmente viável passaram a ser cobradas também pelos consumidores amparados pela legislação fiscal, tal como a Política Nacional de Resíduos Sólidos e as certificações como a ISO 14000 (*International Organization for Standardization*), aquecendo um promissor mercado para as empresas rurais que se dediquem à destinação correta e lucrativa de seus rejeitos agroindustriais.

Alguns fatos relevantes da história da industrialização servem como exemplos de ciclos produtivos aproveitados na totalidade, como o caso ocorrido na década de 1970, em São Paulo, quando a expansão canavieira decorrente da implantação do Proálcool – Programa Nacional do Álcool – proporcionou as seguintes oportunidades para os resíduos agrícolas: do vinhoto produzia-se em fertilizante, retornando para a terra nutrientes fundamentais, o bagaço era transformado em complemento para ração animal e também foi usado para geração de energia; já em 1998, no mesmo estado, as exportações do suco de laranja chegavam a gerar US\$ 1,3 bilhão, e, paralelamente, até US\$ 104 milhões em forma de ração animal fabricada a partir do bagaço da fruta (SENHORAS, 2004).

Considerar os rejeitos da produção do coco verde resíduos descartáveis significa ignorar a importância mercadológica destes materiais para a geração de produtos com alto valor agregado, assim como seu impacto sobre a sociedade (SENHORAS, 2004). Esses casos comprovam a importância e as vantagens do esgotamento das possibilidades de uso das matérias-primas. A tabela 14 apresenta as partes do coco e as possíveis utilizações

industriais de seus subprodutos.

Tabela 14- Aproveitamento total do coco verde

Parte da fruta	Setor de utilização
ALBUMEM LÍQUIDO	alimentação, medicina
ALBUMEM SÓLIDO	alimentação, medicina, cosméticos, produtos de limpeza
ENDOCARPO	decoreação, design de objetos, compósitos, construção civil
(MESOCARPO) FIBRA	paisagismo, jardinagem, agricultura, automobilístico, moveleiro, calçadista, design de objetos, compósitos, tapeçaria, filtros industriais, papelaria, construção civil, fabricação de enzimas, embalagem
(MESOCARPO) PÓ	agricultura, paisagismo, jardinagem

Nos últimos anos o reaproveitamento de resíduos sólidos originados dos diferentes processos industriais tem recebido maior atenção por parte da indústria, que passa a interpretar esses materiais como promissora fonte de matéria-prima em abundantes quantidades disponíveis. Esses materiais podem ser de origem orgânica ou sintética, e são reaproveitados como insumos na fabricação de outros produtos. Atualmente, o desenvolvimento industrial incorpora cada vez mais o segmento de tecnologias limpas, conceito já bem disseminado pelas novas gerações, que já tendem a observar a reutilização de resíduos como uma oportunidade do mercado e uma obrigação pelo respeito ao meio ambiente (SENHORAS, 2004).

A partir da obtenção das cabaças de coco vazias originárias destas duas fontes, pode-se então dar início ao processamento para extração das fibras. O apêndice A apresenta o fluxograma de aproveitamento da casca do coco verde.

A indústria beneficiadora da casca de coco verde produz dois produtos principais: o pó, largamente utilizado como insumo agrícola, e a fibra, que possui diversas aplicabilidades; atualmente o mercado em maior expansão está no setor de jardinagem e paisagismo. Esse fato se deve à sua perfeita aplicabilidade como estrutura para o cultivo de diversas espécies de plantas e por estar ocupando o lugar do xaxim de

samambaiaçu, que se encontra com comercialização proibida devido à ameaça de extinção. Entretanto, a versatilidade das fibras de coco é tão favorável para o setor de paisagismo que hoje se pode encontrar no mercado uma gama de produtos bastante diferenciada para atender à demanda.

Atualmente os subprodutos da casca do coco são utilizados comercialmente em produtos que tomam partido das características naturais desses materiais. A fibra de coco possui dureza, baixa densidade, maleabilidade, retenção de água e biodegradabilidade, entre outras. O endocarpo, a camada dura que protege o albúmen (sólido e líquido) costuma ser aproveitado para a confecção de artesanato, no *design* de utensílios para o lar, como revestimentos decorativos arquitetônicos e na construção civil.

A alta elasticidade e a resistência das fibras de coco verdes possibilitam a utilização nas indústrias de aparelhos de ar-condicionado, instalações acústicas, além da indústria automobilística (estofamento de bancos) e de colchões, onde, em geral, as fibras são impregnadas com látex (ARAGÃO et al., 2005).

A produção de quase 2,8 milhões de toneladas (MARTINS; JUNIOR, 2011) é um dado que serve para apontar as consequências e as oportunidades que respingam ao redor de toda a cadeia envolvida. Tavares (2010) apurou que o mercado de produtos confeccionados com os resíduos do coco estava distribuído em cinco setores principais, como mostra o gráfico 1.

No presente estudo foram encontrados diversos setores industriais e além de pesquisas científicas e projetos governamentais em andamento dedicadas ao reaproveitamento da fibra de coco verde como insumo produtivo no Brasil, entretanto, número de indústrias beneficiadoras e transformadoras das cascas de coco ainda é muito inferior a capacidade produtiva do material.

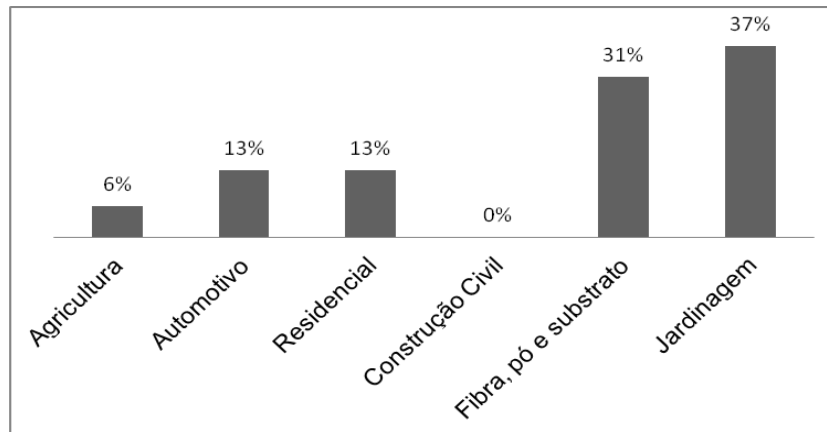


Gráfico 1 - Principais segmentos de produtos dos resíduos da casca de coco (TAVARES, 2010).

A Índia possui tradição de mais de cinco mil anos no beneficiamento fibras de coco e atualmente é o país que mais produz fibra de coco e artefatos desse material. Um documento oficial publicado pelo COIR BOARD (2011), correspondente a um sindicato dos produtores de fibra de coco da Índia, apurou o número de 111 empresas manufadoras de fibra de coco com uso de maquinário registradas por esse órgão no ano de 2010.

2.6.9. O crescimento do consumo de água de coco

O crescimento do cultivo do coqueiro anão foi notado principalmente a partir da década de 1990. Segundo Senhoras (2004), deve-se ao fato da valorização, por parte da população, de produtos saudáveis, como no caso da água de coco, que contém excelentes propriedades nutritivas, como comprovou o Sindicato dos Produtores de Coco: em 1998, 1,4% do mercado de refrigerantes e bebidas, aproximadamente, correspondiam ao consumo de água de coco verde, favorecido pela abertura do mercado brasileiro para importação de coco seco, que incentivou os produtores a investirem no mercado de coco verde (FONTENELE, 2005).

Segundo dados apresentados no IV Encontro dos Produtores de Coco – 2000, a produção de água de coco envasada crescia 20% ao ano desde 1997, quando atingiu a marca de 100 milhões de litros, mesmo não atendendo ao total da demanda. Produtores de refrigerantes também são incentivados a desenvolver tecnologias para competir com a água de coco. O potencial mercadológico internacional da bebida também é comprovado pelos índices de exportação para a Europa. Este quadro apresenta não só uma expansão do mercado como também um desafio para a agroindústria no desenvolvimento de novas tecnologias para a conservação da bebida (FONTENELE, 2005).

Em 2008 o Brasil movimentou em torno de 60 milhões de litros de água de coco, correspondentes a 310 ml / pessoa por ano, valor considerado baixo, o que demonstra o forte potencial de crescimento no mercado interno. Este segmento cresceu a uma taxa superior (14%) ao de bebidas prontas (9%), segundo dados da Associação das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (Abir). Dados da Embrapa apontaram o deslocamento das áreas tradicionais de colheita do coco do Nordeste para as regiões Norte e Sudeste entre os anos de 1985 e 2001. Neste período, a área colhida de coco no país passou de 166 mil hectares em 1985 para 266 mil hectares em 2001, elevando a participação de determinadas regiões no *ranking* de produção nacional, de 5,6% para 28,8%, se somadas às produções destas regiões entre 1985 e 2001 (TAVARES, 2010) como mostra a tabela 15.

Tabela 15- Principais regiões produtoras de coco de 1985 a 2001 (CUENCA, 2007 baseado em IBGE)

REGIÃO	% de Produção		% de área colhida		Rendimento/ha	
	1985	2001	1985	2001	1985	2001
NORDESTE	94,4	71,2	96,2	87,6	3.354	4.070
NORTE	3,8	14,8	2,3	7,7	5.642	9.692
SUDESTE	1,8	14	1,5	4,7	4.207	14.869

Os valores apontados na tabela acima apresentam um significativo aumento no percentual de produção e principalmente no rendimento por hectare das regiões Norte e Sudeste. Esse aumento pode ser atribuído ao cultivo da variedade Anã Verde, que tem como principais características o fato de produzir maior quantidade de frutos por hectare e por conter mais volume de água, sendo, inclusive, mais doce que as outras variedades. Essas particularidades da variedade a tornam mais apropriada para a indústria de água de coco do que as outras variedades (TAVARES, 2010). Também vale considerar o uso nas áreas de medicina, biotecnologia e nutrição, entre outras, totalizando o consumo em torno de 100 a 350 milhões de litros por ano (FONTENELE, 2005).

TAVARES (2010) considera que entre os agentes diretos da cadeia agroindustrial e comercial do coco verde também se pode considerar os fornecedores de insumos agrícolas, os agricultores, a indústria processadora, as distribuidoras, o comércio varejista, o consumidor final e as beneficiadoras dos rejeitos da fruta, comprovando a possibilidade de se ter um ciclo fechado na cadeia sistêmica da agroindústria do coco verde. Outros agentes indiretos representativos seriam as organizações públicas, o governo, os institutos de pesquisa como a Embrapa, o IPT e laboratórios de centros universitários, responsáveis por desenvolver inovações e tecnologia e contribuir com estudos comportamentais e estatísticos, as corporações financeiras e normativas, além dos setores de transporte e logística, o de tecnologia, de saúde, do saneamento, da comunicação, de publicidade e as cooperativas.

Atualmente, no Brasil, o óleo de coco é o mais novo produto promissor da fruta. Diversas pesquisas constataram que ele é capaz de controlar o colesterol e provocar uma boa resposta imunológica ao organismo, fortalecendo contra doenças cardiovasculares. O teor de gordura saturada do óleo também é semelhante ao do leite materno humano, o que favorece a digestão e a geração de energia. Medicinalmente o óleo de coco tem sido usado no auxílio do tratamento de doenças causadas por bactérias ou vírus (BONTEMPO, 2008).

2.6.10. Principais impactos ambientais causados pelos rejeitos da casca de coco verde

Não se sabe ao certo o valor da fração residual da produção nacional de coco verde que é reaproveitada pela agroindústria. Entretanto, sabe-se que uma parte retorna ao cultivo em forma de insumo para o plantio, outra tem a destinação final dispersa após a comercialização (atacado e varejo) e consumo da fruta *in natura* que ocorre nas praias, parques, restaurantes e lanchonetes e nas residências, a qual, em geral, é direcionada à aterros e vazadouros pelas companhias de limpeza urbana, públicas ou privadas e ainda existe uma pequena fração que é reaproveitada na indústria de transformação.

Segundo Rosa et al. (2002), quando se trata da fruta verde ou imatura, o volume deixado após a extração da água varia entre 80 e 85% do peso bruto. De acordo com Passos (2005) pode-se considerar o valor de 2 kg como o peso médio de uma unidade de coco verde e de forma geral, o volume da geração anual de resíduo será de 80 a 85% do volume total de produção aproximadamente, o qual será distribuído pelo país e depois disso terá variados destinos finais. Uma estimativa desses valores pode ser feita a partir dos números da produção da fruta, como mostra o Apêndice B.

Julgando que o consumo do coco verde ocorre essencialmente para extração da água, a geração de resíduos ou rejeitos apresenta-se como uma condição inexorável tanto da agroindústria quanto na comercialização e consumo da fruta *in natura*, fato que comprova que o não aproveitamento desse material pode contribuir para agravar ainda mais a situação da gestão sanitária urbana e rural, além de demandar mais um custo a ser financiado pela sociedade (SENHORAS, 2004).

Nas situações em que as cascas secas do coco têm como destino aterros sanitários, o material é alocado em condições anaeróbicas, o que leva ao processo de decomposição natural, fermentativo, por meio da ação de microrganismos que degradam a matéria orgânica, produzindo também Gases de Efeito Estufa (GEE), como o dióxido de carbono e principalmente o metano. Quando são inadequadamente

deixadas em encostas ou depositadas em vazadouros, a céu aberto, não produzem metano, mas ameaçam a saúde pública por configurarem um cenário favorável ao aparecimento de vetores como insetos e roedores, além de deprimirem a paisagem e ocupar grandes áreas, tornando-as inservíveis (SILVEIRA, 2008), além da contaminação do solo e dos corpos d'água (BITENCOUT, 2008).

Para melhor compreensão sobre o manejo dos resíduos sólidos urbanos orgânicos, a seguir são apresentadas algumas definições, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), publicada em 2000.

Aterro Controlado: Local utilizado para despejo do lixo coletado, em bruto, com o cuidado de, após a jornada de trabalho, cobrir esses resíduos com uma camada de terra diariamente sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais.

Aterro Sanitário: Local utilizado para disposição final do lixo, onde são aplicados critérios de engenharia e normas operacionais específicas para confinar os resíduos com segurança do ponto de vista do controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública.

Vazadouros a céu aberto: Local utilizado para disposição de lixo, em bruto, sobre o terreno sem qualquer cuidado ou técnica especial. Caracteriza-se pela falta de medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.

Vazadouros em áreas alagadas: Local (corpos d'água) utilizado para lançamento do lixo, em bruto⁷ (PNSB-2000, apud Passos, 2005, grifo do autor).

É aconselhável que esses locais estejam localizados em áreas afastadas dos centros urbanos devido aos cuidados de preservação ambiental e prevenção da sociedade. Dados da Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico (Cetesb) informam que a crescente urbanização fez com que a cidade de Salvador tivesse que exportar seus resíduos para municípios vizinhos. Nessa capital, a Empresa de Limpeza

⁷ PNSB Pesquisa Nacional de Saneamento Básico–2000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. V. 1.3.2, de 18 de Mar. 2002.

Urbana do Salvador (Limpurb) encaminha o volume de RSU produzido ao Aterro Metropolitano Centro – AMC, localizado a aproximadamente 20 km do centro de Salvador (SILVEIRA, 2008).

Com relação aos resíduos da comercialização de água de coco, de acordo com dados do Diário do Nordeste, as praias de Fortaleza geram o volume de 150 toneladas de cascas de coco diariamente; esse material chega a representar 70% dos resíduos das praias do Nordeste brasileiro (Oliveira, 2010).

O estado do Sergipe, apesar de ser produtor da fruta coco, também abastece 8% de sua demanda com produções vindas dos estados da Bahia e Pernambuco. A cultura do coqueiro mantém forte representatividade na Economia sergipana: em 2007 a Empresa Municipal de Serviços Urbanos (Emsurb) registrou uma quantidade próxima a 25.665 t / mês de RSU produzidos na capital Aracaju, dos quais 5% eram de cascas de coco, correspondendo a cerca de 1395 t / mês de rejeitos da fruta (BITENCOUT, 2008).

Em estudo realizado entre o período de outubro de 2006 e outubro de 2007, foi apurado o valor de 416.645 unidades de cascas de coco deixadas na orla das praias de Salvador, provenientes da comercialização em barracas e ambulantes, sendo apurada a média diária de 2.798 unidades em alta temporada e de 1.375 unidades em baixa estação (SILVEIRA, 2008).

O Projeto de Lei nº 295.2011 de 23 de abril de 2011 sugere a implantação de um Programa de Reciclagem do coco verde no Estado do Rio de Janeiro. O projeto aponta que a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) do Rio de Janeiro desembolsa 900 milhões de reais ao ano, dos quais 70% são destinados à remoção de detritos das ruas e das areias das praias. A mesma instituição, durante o verão, nos dias de semana, retira o volume diário de entre 60 e 70 toneladas de sujidades das areias das praias, das quais 60% são relativos às cascas de coco; nos fins de semana os números chegam de 100 a 180 toneladas (RIO DE JANEIRO, 2011).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) publicada em 2008 pelo IBGE, em oito anos a maioria dos municípios brasileiros melhorou as condições de destino de RSU gerados pela população. Considera-se que o aterro sanitário é a opção mais adequada para o RSU, ao invés de vazadouros, os quais já chegaram a alocar cerca de 88,2% do total de RSU do produzido país em 1989. O número de vazadouros a céu aberto foi reduzido devido à substituição por aterros sanitários, assim como aumentou o número de municípios que declararam que investem em programas de coleta seletiva, passando de 58 em 1989 para 994 no ano de 2008. As regiões Sul e Sudeste foram as que apresentaram a maior representatividade neste tipo de iniciativa (IBGE, 2008). O gráfico 3 apresenta as mudanças ocorridas nos sistemas de destinação de RSU em municípios brasileiros em 20 anos.

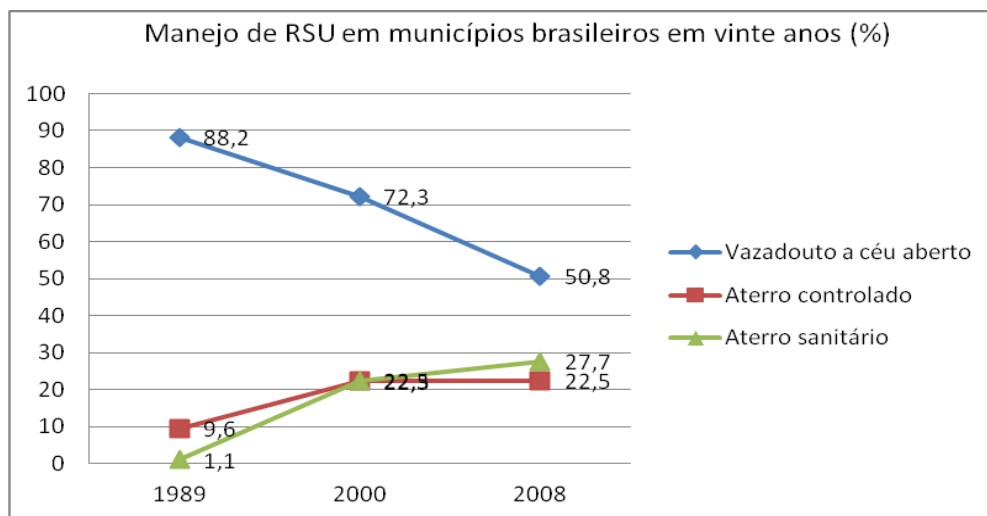


Gráfico 2- Mudanças ocorridas no manejo de RSU em 20 anos (IBGE, 2008)

A pesquisa também apontou que o manejo de RSU pode ser mais grave nas regiões Norte e Nordeste, conforme mostra o gráfico 4, que indica a porcentagem de municípios brasileiros que ainda utilizavam vazadouros a céu aberto em 2008.

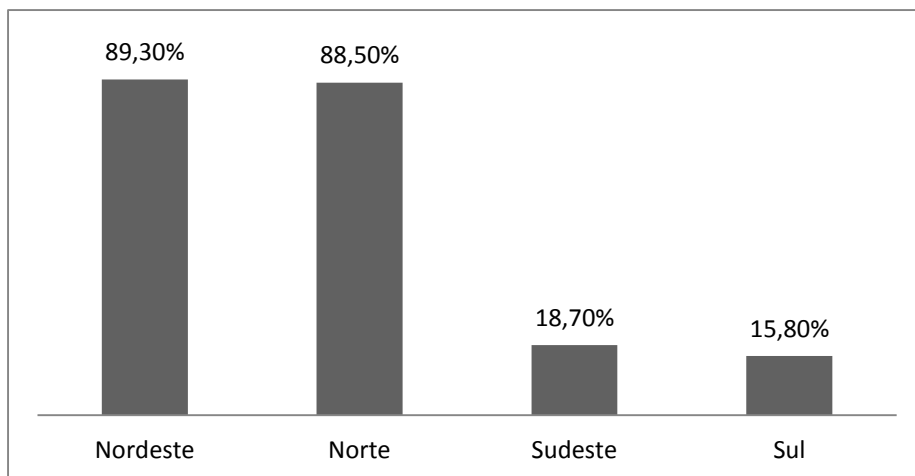


Gráfico 3 - Regiões que ainda utilizavam vazadouros em 2008

Vale ressaltar que, em meio a todo o volume de RSU, os rejeitos do coco fazem parte da parcela de RSU orgânicos. Segundo CARIJÓ et al. (2002), as cascas da fruta possuem lenta decomposição total, que leva acima de oito anos.

De acordo com a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que decreta Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) a responsabilidade compartilhada é um dos termos que distribui o compromisso pela destinação final dos resíduos de consumo gerados para além dos fabricantes ou produtores, mas também aos consumidores. A lei também estabeleceu que os próprios municípios desenvolvessem dentro do prazo de dois anos, após a publicação da Lei 12.305, suas próprias propostas de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos, assim como determinou, entre outras proibições, o lançamento *in natura* a céu aberto de rejeitos ou resíduos sólidos (exceto os de mineração), como destinação ou disposição final (BRASIL, 2010), do que fica subentendida a proibição do uso de vazadouros.

A mudança do sistema de destinação final dos resíduos leva à redução do volume anual a ser aterrado ou disposto de forma inadequada, reduzindo igualmente as áreas requeridas para a implantação de novos aterros sanitários e gerando outros benefícios indiretos como a geração de emprego e renda, evitando ainda a possível supressão de vegetação, mudança no relevo, entre outros. Além disto, reduz consequentemente a

quantidade de lixiviado gerado, evitando a contaminação dos cursos d'água (BRASIL, 2011).

Vale esclarecer, nesta obra, alguns termos definidos de acordo com a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010:

VII – destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VIII – disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

XV – rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI – resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 2).

Informações obtidas a partir da versão preliminar do Caderno de Diagnóstico: Resíduos Algrosilvopastoris I – Resíduos Orgânicos (CDRAI), publicado em 2011, mostram dados aproximados que serviram para analisar a relação entre a quantidade de fruta produzida e o resíduo gerado. Foi considerado a fruta coco-da-baía, englobando as três variedades cultivadas no ano de 2009 (BRASIL, 2011). A tabela 16 apresenta esses dados incluindo as quantidades consumidas *in natura* e industrializada.

Tabela 16- Geração de resíduos na agroindústria do coco-da-baía, ano-base 2009 (BRASIL, 2011)

Produção total colhida (t)	Produção consumida <i>in-natura</i> (t)	Produção industrializada (t)	Fator residual (%)	Resíduos sólidos (t)
964.303	289.291	675.012	60	405.009

Vale ressaltar que o fator residual apurados neste estudo estão relacionados apenas à produção industrializada, excluindo-se, portanto, outros possíveis resíduos do cultivo e resíduos da comercialização e consumo *in natura*, os quais são classificados como RSU (SCHINEIDER et al, 2011).

O metano (CH₄) é o segundo dos principais GEE, depois do dióxido de carbono (CO₂)⁸(IPCC, 1996, apud Passos, 2005). Desde a metade do século XVIII a concentração de metano na atmosfera cresceu em torno de 150%. O metano é gerado a partir de ações da Natureza, mas principalmente devido às atividades antrópicas, que atualmente são responsáveis por cerca de 50% da emissão mundial de CH₄. No Brasil, a maior fonte emissora desse gás é a agropecuária, porém, o setor de tratamento de resíduos (aterros sanitários) é o causador de 5% de toda a emissão do país. Entre os anos de 1990 e 1994, observou-se o crescimento de concentração de metano de 7,% no Brasil. No município do Rio de Janeiro, entre os anos de 1990 a 1998, o crescimento de concentração de metano foi de 52%, fato que pode ser associado à substituição de vazadouros por aterros (PASSOS, 2005).

O baixo número de programas de coleta seletiva nos municípios brasileiros é fator que contribui para a superlotação e redução do tempo de vida dos aterros sanitários. Além do grande volume de matéria orgânica contida no total do RSU, o despejo de toneladas

⁸ IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory*. v. 3: Reference Manual, pp. 1-20, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch6ref1.pdf>>

de unidades de cascas de coco intensifica ainda mais a geração de gás metano a ser lançado diretamente na atmosfera, provocando danos de esfera mundial.

O aumento considerável da concentração de poluentes na atmosfera provocou fenômenos em escala mundial, tais como a maior incidência de raios ultravioleta na Terra, como consequência da depleção da camada de ozônio, e o aumento da temperatura média do planeta, atribuído, por grande parte da comunidade científica, aos denominados gases indutores do efeito estufa, mais comumente conhecidos como gases de efeito estufa (GEE). Tais gases retêm a energia térmica emitida pela Terra fazendo com que a temperatura média do planeta seja maior do que seria se tal fenômeno não ocorresse. Os principais GEE são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) (PASSOS, 2005, p.17-18).

De acordo com Cidades e Soluções (2012, 2013) para cada 1 kg de resíduo orgânico são gerados 400 g de CH_4 . O resíduo orgânico após cerca de seis meses de decomposição inicia o processo de geração de metano.

Considerando que o diâmetro de uma unidade de coco varia em torno de 20 cm, então, 125 unidades da fruta são capazes de ocupar o espaço de 1 metro cúbico em um aterro sanitário.

Com relação aos aterros sanitários da cidade do Rio de Janeiro, considerando o ano da fonte bibliográfica verificou que, a Comlurb dispõe diariamente o volume de 8.840 toneladas de RSU, em que 37% são devidos à remoção de dejetos das ruas, situação que, além de depreciar o ambiente e a beleza da cidade, ameaça a saúde pública, causando caos e alagamentos. Dados de uma pesquisa realizada pelo Departamento de Turismo do Centro Universitário da Cidade (UniverCidade) com 600 turistas, para descobrir qual o principal ponto negativo durante a estadia na capital, evidenciaram que 30% dos entrevistados consideraram a mendicância e 20% a violência. À frente de ambos os tópicos estava a imundice das ruas, confessada por um em cada três turistas (RIO DE JANEIRO, 2011).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

Para a confecção do tecido, foram utilizadas fibras de coco verde retiradas do mesocarpo da fruta por meio de processos mecânicos industriais a seco, totalmente livres de químicos, como mencionado por Silveira (2008). Esse material foi doado pela empresa Pós-Coco, o qual chegou até ao Campus EACH da Universidade de São Paulo em saco plástico medindo 48 cm x 70 cm contendo aproximadamente 1kg de material. Também foi utilizado fio 100% de algodão cru retorcido a 3 cabos de título 12. A figura 19 mostra o saco de fibras de coco e o cone de fio de algodão utilizados respectivamente.



Figura 19 - Saco contendo fibra de coco e cone de fio de algodão (Fonte: O AUTOR)

3.2. Métodos

Primeiramente as fibras foram classificadas em finas, médias e grossas, sendo que apenas as fibras finas foram usadas na fabricação do tecido.

Para melhorar o processo de fiação e obter vantagem na qualidade do produto final, foi realizado um tratamento nas fibras selecionadas constituído de duas etapas, sendo a primeira a purga com pré-alveijamento simultâneo e a segunda, o amaciamento. As fibras foram climatizadas, e em seguida determinadas as densidades lineares e realizado o ensaio de tração. Foi realizada comparação de duas médias para verificar se os valores médios obtidos nos ensaios de tração das fibras antes e depois do tratamento são estatisticamente iguais. As fibras beneficiadas foram transformadas em fios e depois em tecido. Para melhorar as características do produto final, foram realizados uma nova purga e um novo amaciamento sobre o tecido confeccionado.

3.2.1. Método de seleção de fibras

O método de seleção empregado nos ensaios foi escolhido com o objetivo de deixar o material mais homogêneo e melhorar as características do produto final, uma vez que, as medidas do diâmetro e do comprimento das fibras apresentam grande variabilidade e tais características dificultam o desempenho dos processos de fiação e tecelagem.

A variação dimensional das fibras de coco é um aspecto facilmente observado, tanto a olho nu como com o auxílio de microscópio. Segundo Santos (2006), que realizou medições de comprimento e diâmetro médio com o uso do estereoscópio, após o cálculo do desvio padrão, as fibras de coco apresentaram grupos com características bastante heterogêneas em termos de dispersão dimensional.

Mathai, (2005) cita que na Índia, para a fabricação artesanal de esteiras de fibra de coco em tear manual, os fios a serem utilizados devem ser previamente selecionados, antes de serem retorcidos em fios de dois cabos e então urdidos (paralelizados).

Não foi encontrado na literatura nenhum método industrial de seleção de fibras por critério de medida de diâmetro, apenas por critério de comprimento, o qual este último é realizado por peneiramento. Diante deste fato, e baseando-se no método de fabricação

de esteiras, citado por Mathai, (2005), optou-se realizar uma individualização das fibras por método de seleção manual, mediante análise visual por critério de finura.

O processo foi realizado partir da retirada de mechas (punhado) de fibras do recipiente total. De cada mecha foram separadas manualmente, fibra por fibra e acomodadas em uma bandeja escura como mostra a figura 20. A partir de uma análise visual, cada fibra foi classificada como fina, média e grossa e então, depositadas em um saco correspondente a cada grupo. O método foi repetido até que se atingisse a quantidade próxima de 40 gramas de fibras finas. Durante o processo também foram rejeitadas fibras contendo componentes residuais não celulósicos, naturais do mesocarpo e que são prejudiciais aos processos de fiação e de tecelagem subsequentes. As fibras grossas e médias foram guardadas para estudos futuros.



Figura 20 - Variação dimensional em fibra de coco verde, sendo: fina, médias e grossa, respectivamente. (Fonte: O AUTOR)

3.2.2. Tratamento – 1ª etapa: Purga simultânea ao pré-alveamento

De acordo com as observações de Maluf e Kolbe (2003), citados na página 49, a etapa de purga pode ser realizada em meio alcalino e o alveamento, quando preparado com peróxido de hidrogênio, proporciona maior eficiência além de não ser nocivo ao meio

ambiente. Baseados nesses autores foram desenvolvidos os processos da primeira etapa do tratamento.

A primeira etapa do tratamento consistiu na realização de um processo onde o material (fibras de coco) foi imerso em um banho para promover uma limpeza prévia e extração do material natural agregado ao material celulósico denominado purga. Simultaneamente, ao mesmo banho, foi adicionado o reagente peróxido de hidrogênio a 35% com a finalidade de conferir um pré-alveamento no material. O processo de purga realizado simultaneamente ao pré-alveamento foi adotado com o objetivo de reduzir a quantidade de água, tempo e energia com a execução de dois processamentos em um único, reduzindo também, consequentemente, a quantidade de efluente gerado, de dois para apenas um.

No presente estudo uma amostra contendo fibras de coco selecionadas e classificadas como finas, foram pesadas e depositada em um saco constituído por fios de filamentos de poliéster, com construção do tipo 60 fios/cm, para permitir o posicionamento mais adequado das fibras em meio aquoso, conforme apresentado na figura 21.

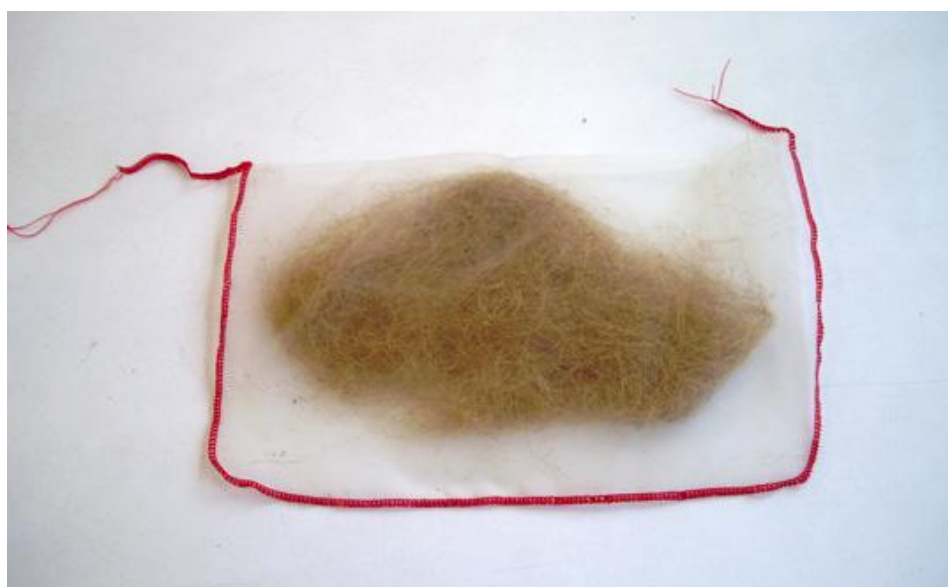


Figura 21 - Amostra de fibras de coco em saco de filamentos de poliéster (Fonte: O AUTOR)

O material (30 gramas de fibra de coco finas) foi imerso em banho de 1500 ml contendo 3,5 ml de solução de hidróxido de sódio na concentração de 20° Bé, 15 ml de detergente, levemente aniônico, Kieralon Jet B (BASF) e 7,5 ml de peróxido de hidrogênio a 35% de concentração e mantido em constante agitação por 10 minutos à 80 °C e em seguida por 20 minutos à fervura. Foi considerado o seguinte receituário visando reprodutibilidade:

Relação de Banho - 1:50

Peso do material - 30 g

Hidróxido de sódio a 20° Bé - 2,5 ml/L

Detergente Kieralon Jet B (BASF) - 1 g/L (diluído a 1 grama para cada 10 mililitros)

Peróxido de Hidrogênio a 35% - 5ml/L

Ao término da fervura, uma amostra da solução residual foi armazenada para análise futura. O material, então foi enxaguado a 60°C por dois minutos e posteriormente a 45°C.

3.2.3. Tratamento – 2ª etapa: Amaciamento

Como foi verificado na literatura de Mathai (2005), na Índia grande parte da fiação de fibra de coco é realizada manualmente. De acordo com Van Dam (2002) o amaciamento prévio à fiação manual de fibras de coco poderia conferir melhora na regularidade dos fios, deixando-os menos rústicos e com mais qualidade final, assim como, é comum a aplicação de óleos lubrificantes na fiação do sisal e da juta. O mesmo autor cita que experimentos realizados com óleo de mamona aplicados sobre fibras de coco previamente à fiação apresentaram resultados satisfatórios com relação a resistência e a textura do fio, além de ter proporcionado um acréscimo de 500 kg na produtividade.

Levando em conta que a fiação do material desse estudo também seria realizada manualmente, para a segunda etapa do tratamento das fibras, foram consideradas as observações de Mathai (2005) e Van Dam (2002), sendo que se optou pela utilização de um amaciante industrial têxtil a base de ácidos graxos o qual após a aplicação, deve permanecer no material (sem enxaguar), para permitir maior maciez e maleabilidade das fibras facilitando assim, a fiação manual. A segunda etapa desenvolveu-se conforme descrita a seguir.

Após o enxague da primeira etapa, o material (30 g de fibra de coco finas), em temperatura morna, foi imerso em 1500 ml de solução contendo 15 ml de amaciante industrial Sapamina OC (Huntsman) mantido por 10 minutos a 60° C. Ao término do tempo, o material foi retirado para ser encaminhado para as etapas subsequentes sem enxaguar. Foi considerado o seguinte receituário visando reprodutibilidade:

Relação de banho – 1:50

Amaciante Sapamina OC (Hunstman) - 5 % em relação ao peso do material (diluído a 1 grama para cada 10 mililitros)

3.2.4. Centrifugação

Após o tratamento (purga simultânea ao pré-alvejamento e amaciamento), as amostras, ainda úmidas, foram submetidas à rotação a 1200 rpm em centrífuga com capacidade para 3 Kg (Suggar), com a finalidade de retirar o excesso de solução da amostra sem enxague. A figura 22 apresenta o equipamento utilizado na centrifugação.



Figura 22 - Centrífuga laboratorial capacidade para 3 litros (Suggar). (Fonte: O AUTOR)

3.2.5. Secagem

Para garantir a secagem completa do material após a centrifugação, o mesmo foi mantido em rama laboratorial (nr LTF-8-2293 Mathis Ltda.), apresentada na figura 23, por 15 minutos a 120° C. Ao término do tempo, o saco contendo o material foi retirado e aberto para análise.



Figura 23 - Rama laboratorial LTF-8-2293 Mathis Ltda. (Fonte: O AUTOR)

3.2.6. Climatização das amostras

Os ensaios de tração foram realizados nas amostras de fibras de coco finas submetidas ao tratamento e em fibras de coco finas sem tratamento seguindo a norma ABNT NBR ISO 139:2005 (antiga ABNT NBR 8428 de 1984). Todas as amostras foram previamente condicionadas em climatizadora (modelo:1722 - Mesdan), conforme mostra a figura 24, pelo período mínimo de 48 horas, a 20°C e umidade relativa de 65%.



Figura 24 - Climatizadora Mesdan (MESDAN, 2006)

3.2.7. Determinação de comprimento

Foram determinados os comprimentos das fibras de coco finas com e sem tratamento. De cada grupo foram selecionadas 50 amostras, as quais foram submetidas à medição com uso de régua de aço inox (REF. 534.030, Famastil Taurus Ferramentas, China) (BAYER — FIBRAS 100%, 2005; CONTROLE QUALIDADE – PROTOCOLOS DE TESTES FÍSICOS, 2001; RIBEIRO; ANDRADE FILHO, 1987; ARAÚJO; CASTRO, 1984).

3.2.8. Determinação de densidade linear (título)

Para a determinação da densidade linear das fibras de coco finas com e sem tratamento, foi realizada uma adaptação do método sugerido pela norma ISO 1973-1995, método gravimétrico, utilizando-se os valores de comprimento encontrados no item 3.2.7. O material foi acomodado em grupos de 10 fibras em bandejas escuras, mostrada na figura 25, para melhor visualização e controle do processo, em seguida foram pesadas 50 amostras de cada grupo de fibras (com e sem tratamento) em balança analítica (modelo: ED124S - Sartorius), apresentada na figura 25 e definida a massa média de cada uma delas.

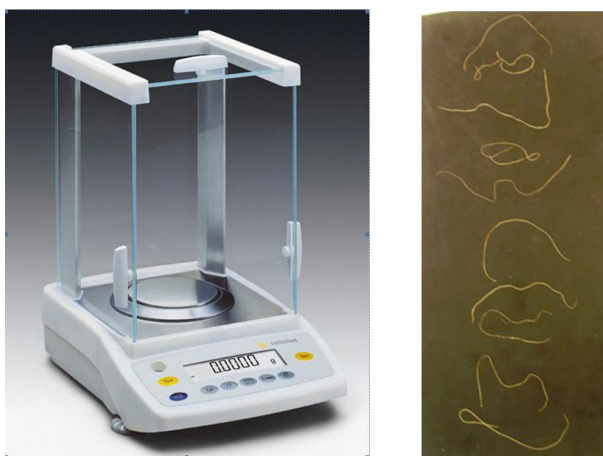


Figura 25 - Balança analítica Sartorius ED124S (MEDICALEXPO, 2013) e bandeja de fibras de coco finas respectivamente (Fonte: O AUTOR).

3.2.9. Ensaio de tração

Para determinação da tenacidade e do alongamento das fibras de coco finas com e sem tratamento, foi utilizada a norma ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente a norma ASTM D 1445-05). Os ensaios foram realizados com fibras de títulos variados, em dinamômetro Instron (série: 5940), conforme figura 26, e em seguida determinadas as médias, desvios padrão e coeficientes de variação. Em todos os casos, foram

empregados mordentes de garras emborrachados com dimensões de 2,5 x 2,5 cm; a distância entre as garras foi de 25 mm e a velocidade de deslocamento durante os testes foi de 6 mm/min e célula de carga de 10 N.



Figura 26 - Dinamômetro da marca Instron série 5940 (INSTRON, 2013)

3.2.10. Estudo estatístico

Foi realizada uma comparação de duas médias para verificar se existem diferenças significativas entre os valores obtidos no ensaio de tração das fibras antes do tratamento e após o tratamento.

O planejamento de experimentos é realizado a partir de um conjunto de ensaios definido com critérios científicos e métodos estatísticos. Através de um delineamento de experimentos é possível verificar quais variáveis são mais influentes nos resultados, atribuir valores às variáveis influentes de modo a otimizar os resultados, atribuir valores às variáveis influentes para minimizar a variabilidade dos resultados e atribuir valores às variáveis influentes e assim minimizar a influência de variáveis incontroláveis (MONTGOMERY, 2009).

A utilização de experimentos planejados possibilita a elaboração de conclusões objetivas e a utilização de técnicas estatísticas. Os benefícios nessas técnicas são: redução do número de ensaios sem prejuízo da qualidade da informação, estudo simultâneo de diversas variáveis, separando seus efeitos, determinação da confiabilidade dos resultados, realização da pesquisa em etapas, em um processo interativo de acréscimo de novos ensaios, seleção das variáveis que influenciam em um processo com número reduzido de ensaios, representação do processo estudado através de expressões matemáticas e elaboração de conclusões a partir de resultados qualitativos (SANCHES, 2011).

Segundo Costa Neto (1994), a comparação entre duas médias é feita com a construção da distribuição de referência baseada em suposições sobre os dados, e processo de indução o qual se pretende realizar sobre uma população pode ser feito, a partir de uma amostra, de duas maneiras:

- a) Estimação: é o processo que usa os resultados extraídos da amostra para produzir interferências sobre a população da qual foi extraída, aleatoriamente, a amostra.

- b) Teste de hipótese: é o processo que usa os resultados extraídos da amostra para testar valores de certos parâmetros da população ou para testar a natureza da distribuição da população.

3.2.10.1. Planejamento Totalmente Aleatorizado

Nesse planejamento, os resultados são obtidos a partir de ensaios realizados de forma aleatória, sem a definição exata de uma variável de influência. Quando um procedimento experimental é totalmente aleatorizado os resultados obtidos formam uma amostra aleatória extraída de uma distribuição normal.

O teste de hipóteses e o intervalo de confiança são técnicas utilizadas na análise dos resultados provenientes de ensaios experimentais.

Segundo Guerra (1982), os testes de hipóteses representam uma regra de decisão que permite aceitar ou rejeitar uma hipótese questionada, decisão que é tomada em função dos valores obtidos em uma amostra. Desta forma, admite-se inicialmente, um valor hipotético para o parâmetro populacional desconhecido e, baseado em informações retiradas da amostra aceita-se ou não esse valor. As hipóteses iniciais são:

- a) Hipótese nula (H_0): é a hipótese testada. Admite-se que a diferença observada estatístico amostral e parâmetro populacional é devida apenas ao acaso, ou seja, essa diferença não é significativa.
- b) Hipótese alternativa (H_1): é qualquer hipótese diferente da hipótese nula, ou seja, é aquela que será aceita caso o teste H_0 seja rejeitado. Aceitando-se a hipótese H_1 , conclui-se que a diferença analisada é significativa.

Usualmente considera-se H_1 como uma hipótese complementar a H_0 . O teste levará à aceitação ou rejeição da hipótese H_0 , o que corresponde respectivamente, a negação ou afirmação de H_1 . Para que a uniformidade na realização dos ensaios seja mantida, o resultado final será sempre realizado em termos da hipótese H_0 , ou seja, aceitar ou rejeitar H_0 .

Segundo Costa Neto (1994), as estimativas por pontos são utilizadas quando se necessita conhecer o valor do parâmetro (aproximado) para utilizá-lo em uma expressão analítica qualquer. Entretanto, como os estimadores são variáveis aleatórias, muitas vezes contínuas as estimativas obtidas quase certamente são distintas do valor do parâmetro, ou seja, estar-se-á cometendo um erro de estimação.

Para que isto não aconteça, surge a ideia de se construir um intervalo em torno da estimativa por ponto, de modo que este tenha uma probabilidade conhecida ($1 - \alpha$) de

conter o verdadeiro valor do parâmetro. Essa é a configuração da estimação por intervalo e o intervalo constituído é denominado intervalo de confiança. O valor da probabilidade $(1 - \alpha)$, que usualmente assume os valores de 90%, 95%, 98%, etc., é denominado nível de confiança e o valor α é denominado nível de significância, isto é, representa o erro que se está cometendo quando se afirma que a probabilidade do intervalo conter o verdadeiro valor do parâmetro populacional θ é $(1 - \alpha)$.

Normalmente supõe-se que os intervalos de confiança sejam simétricos em probabilidade, ou seja, a probabilidade do parâmetro se encontrar fora do intervalo de confiança a sua esquerda é igual à probabilidade de se encontrar fora do intervalo de confiança a sua direita, ambas designadas por $\alpha/2$. Entretanto, a construção de intervalos de confiança assimétricos em probabilidade é perfeitamente possível.

3.2.10.2. Análise das médias pelo teste de hipóteses

Segundo Montgomery (2009), esse teste consiste na definição de hipóteses sobre os parâmetros de uma distribuição de probabilidade.

Sejam μ_1 e μ_2 as médias de duas amostras distintas.

Teste de Hipóteses

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (hipótese nula)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (hipótese alternativa)

Este procedimento consiste em selecionar uma amostra aleatória, realizar um teste estatístico e através do teste de hipóteses, rejeitar ou não a hipótese nula. Essa rejeição é baseada num conjunto de valores denominado região crítica ou região de rejeição. Se a hipótese nula for rejeitada quando na realidade ela é verdadeira, comete-se um erro do tipo I. Se por outro lado, a hipótese nula for falsa e não for rejeitada pelo teste, então comete-se um erro do tipo II. A probabilidade de esses erros ocorrerem é dada respectivamente por α e β (BOX et al., 1978).

O procedimento geralmente adotado no teste de hipóteses é a definição de um valor para a probabilidade do erro do tipo I (α), também denominado de nível de significância do teste, definindo-se um valor ligeiramente inferior para a probabilidade β .

3.2.10.3. Definição do intervalo de confiança para médias de populações

Os intervalos de confiança permitem tirar conclusões a respeito das médias ($\mu_1 < \mu_2$ ou $\mu_1 > \mu_2$) e determinar como elas são diferentes ($\mu_1 - \mu_2$).

Esse procedimento permite definir em que intervalo de valores espera-se encontrar um determinado parâmetro. Considerando que o parâmetro θ é uma incógnita para a qual deseja-se estimar o intervalo de confiança (DALLY; RILEY; McCONNEL, 1993).

Os valores de limite superior (L) e limite inferior (U) podem ser definidos de acordo com a equação 3:

Eq. 3 -

$$P(L \leq \theta \leq U) = 1 - \alpha$$

O intervalo $L \leq \theta \leq U$ é denominado intervalo de confiança para o parâmetro θ com porcentagem de $100 \times (1 - \alpha)$. Quando as variâncias σ_1^2 σ_2^2 são conhecidas, as hipóteses H_0 (hipótese nula) e H_1 (hipótese alternativa) podem ser testadas usando a equação 4:

Eq. 4 -

$$Z_0 = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Se as duas populações são normais, ou os tamanhos das amostras são grandes, se a hipótese nula for verdadeira, a distribuição de Z_0 é $N(0,1)$. Assim, a região crítica será encontrada usando a distribuição normal, H_0 será rejeitado se $|Z_0| > Z_{\alpha/2}$, sendo $Z_{\alpha/2}$

igual à porcentagem do ponto superior $\alpha/2$ da distribuição normal padrão (MONTGOMERY, 2009).

Nesse caso, o intervalo de confiança $100(1 - \alpha)$ para a diferença das médias ($\mu_1 - \mu_2$) é dado pela equação 5:

Eq. 5 -

$$\bar{y}_1 - \bar{y}_2 - Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \leq \mu_1 - \mu_2 \leq \bar{y}_1 - \bar{y}_2 + Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

Sendo: \bar{y}_1 a média dos valores experimentais realizados antes do tratamento e \bar{y}_2 a média dos valores experimentais realizados após o tratamento.

3.2.10.4. Cálculo do nível de significância

Nível de significância de um teste estatístico é a probabilidade de se cometer o erro tipo I. Geralmente o pesquisador pode controlar a probabilidade do erro tipo I decidindo o nível de risco α que se pode tolerar. O nível de significância (valor α) é a soma das áreas à esquerda e à direita do critério Z na curva de distribuição de referência, conforme mostra o gráfico 5.

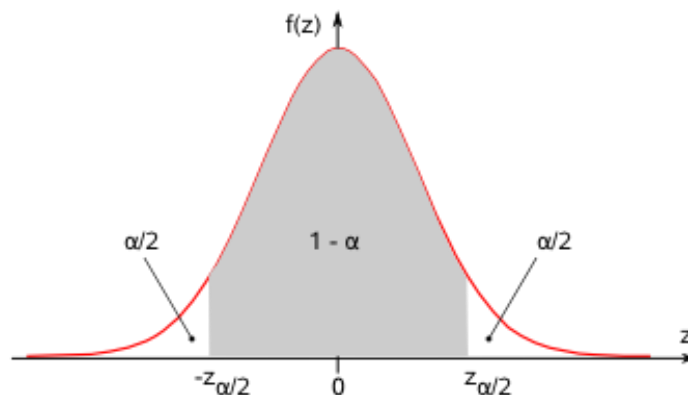


Gráfico 4- Representação gráfica da distribuição normal para testar a hipótese H_0

É usual considerar como referência o valor 0,05 para comparar o nível de significância. Se o valor de $\alpha/2$ for menor que 0,025, rejeita-se H_0 , caso contrário aceita-se H_0 . Este valor de nível de significância não de ser usado em todos os casos. É preciso considerar os riscos associados a cada decisão.

3.2.11. Fiação

Segundo Crawshaw (2002), apesar da finura da fibra de coco ser próxima da fibra de sisal, esta última é encontrada na Natureza em forma de feixes de fibra, o que inviabiliza a utilização do método de fiação de sisal para fibras de coco. De acordo com as observações de Mathai (2005), na Índia, 90% da fiação de fibra de coco é realizada manualmente.

Um fio têxtil pode ser caracterizado pelo aglomerado coeso de fibras paralelizadas continuamente em disposição longitudinal. A fiação artesanal de fibras descontínuas consiste no prolongamento/alongamento de fibras por meio de torções proporcionadas pela rotação de uma vara chamada fuso que, ao mesmo tempo em que torce o fio, enrola e acomoda-o ao longo de si próprio (KADOLPF, 2007).

Para a fiação de um fio de fibra de coco, foi realizada uma adaptação do método citado por Kadoph (2007), utilizando-se uma roca a motor. A descrição do processo executado foi baseada em Macedo (2003). A figura 27 mostra o equipamento utilizado, qual seja, uma roca a motor e o material sendo estirado e torcido respectivamente.



Figura 27 – a) Roca a motor; b) Estiragem e torção manual de fio de fibra de coco verde (Fonte: O AUTOR, 2013)

Com o auxílio dos dedos polegar e indicador, uma pequena quantidade de fibras foi retirada de um maço. Em seguida aplicaram-se várias torções contínuas, puxando-se suavemente para baixo (estiragem) até formar um fio. Essa pequena fração de fio foi amarrada no topo do fuso da roca. Com o auxílio de um motor, foi acionado um pedal que faz o fuso girar rapidamente, ao mesmo tempo em que a outra ponta do fio é alimentada por pequenas porções contínuas de fibras que são sequencialmente torcidas pelo impulso giratório do fuso.

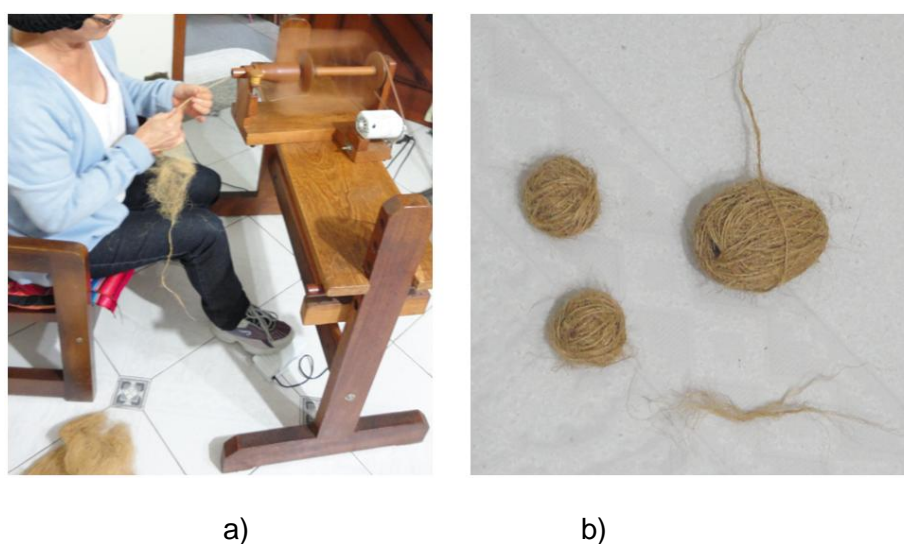


Figura 28 – a) Roca a motor em ação na confecção de fio de fibra de coco; b) Novelos de fio de fibra de coco (Fonte: O AUTOR, 2013)

O material fiado passou por uma série de anéis que transportaram o fio para pequenas bobinas de armazenamento. O fio foi retirado das bobinas e acomodado em três novelos ao final da fiação. A figura 28 apresenta o equipamento em ação e os novelos.

3.2.12. Tecelagem

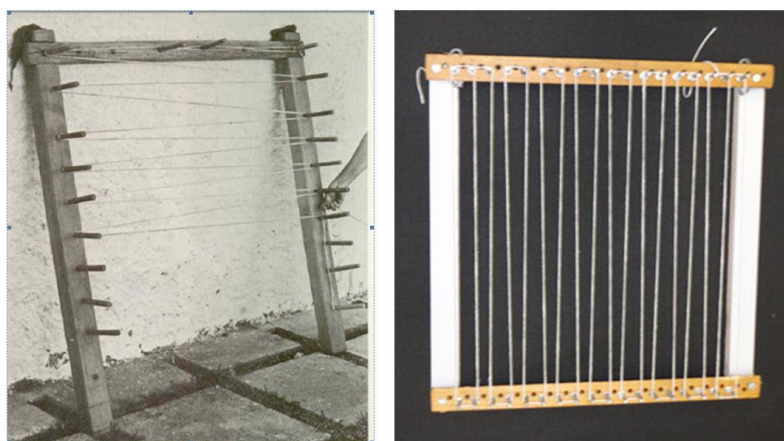
Para garantir que cada fio de urdume usado em uma partida de tecelagem apresente o mesmo tamanho e a mesma tensão de enrolamento, na tecelagem artesanal utiliza-se o acessório chamado urdideira, que consiste em uma armação de três hastes de madeira de aproximadamente 1,10m de largura, equipada com cavilhas de separação, por onde um único fio percorre o mesmo número idas e retornos pelas cavilhas de acordo com certo comprimento e largura desejado (DUARTE, 2009). O equipamento utilizado nesta funcionalidade, a urdideira, é apresentado na figura 29.

Segundo Ribeiro (1984), atualmente os teares manuais são utilizados em artesanato ou para o desenvolvimento de amostra têxtil antes de determinado artigo entrar em linha de produção.

Com base nos princípios da urdideira artesanal, citado na literatura de Duarte (2009), adaptou-se a montagem de um tear de pregos para ser executada a tecelagem de uma estrutura têxtil a partir de fibra de coco, seguindo-se a observação de Ribeiro (1984).

O equipamento foi montado com duas hastes de madeira medindo 21 cm e duas hastes de madeira MDF de mesma medida, pregados entre si, formando um quadrado. Para cumprir a função das cavilhas, assim como citado por Duarte (2009), foram utilizadas 36 unidades de pregos de tear de prego medindo 2,5 cm, presos em duas hastes de madeira à distância de 1 cm de um para o outro. Um pente foi adaptado a partir de uma haste de madeira cravada com 19 pregos de tear de prego, presos à distância de 1 cm de um para o outro. A distribuição do fio de urdume foi realizada de acordo com o método citado por Duarte (2009).

Os fios de urdume costumam ser mais resistentes que os fios de trama para suportar as ações condicionadas durante o processamento têxtil (RIBEIRO, 1984). Para cumprir essa finalidade para o fio de urdume, foi utilizado fio de algodão de título 12 retorcido a 3 cabos. A figura 29 mostra a urdideira artesanal, e o tear de prego respectivamente.



a)

b)

Figura 29 – a) Urdideira artesanal (DUARTE, 2009); b) Tear com o fio de urdume respectivamente. (Fonte: O AUTOR, 2013)

Para o fio de trama utilizou-se o fio 100% fibra de coco. Segundo Ribeiro (1984), a evolução da trama é dada pelo caminho percorrido da mesma pelo fio de urdume. Pezzolo (2007) caracteriza o ligamento têxtil tela ou tafetá como aquele em que a evolução da trama acontece alternadamente por cada fio de urdume, repetidamente. Macedo (2003) cita que, por meio de uma lançadeira, o fio da trama atravessa a cala, entrelaçando-se com os fios de urdume.

De acordo com a metodologia de Ribeiro (1984), Pezzolo (2007) e Macedo (2003), foi tecido um artigo de ligamento tela. Para cumprir a função da lançadeira, foi utilizada uma agulha de tecer, uma vez que, o tear de pregos é constituído de apenas uma camada e, portanto, não há formação de cala.

Duas hastes com furos localizados à mesma distância dos pregos foram utilizadas para fixar os fios de trama durante a passagem da mesma, o fio de trama foi transferido dos

novelos para uma bobina única antes da tecelagem. No mesmo tear foram tecidas duas amostras de dimensões diferentes, nos termos da figura 30, que mostra a bobina de fio, a passagem da trama e o tear utilizados.

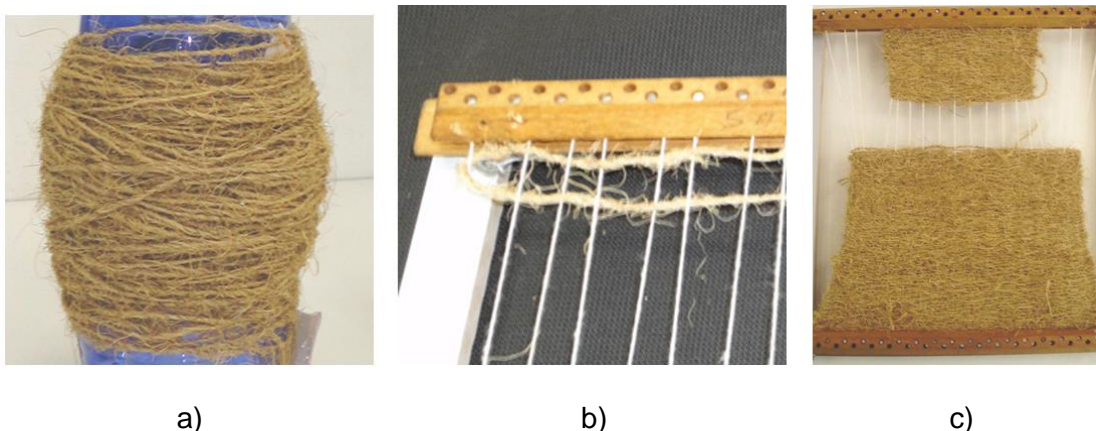


Figura 30 – a) Fio de fibra de coco tratada; b) Passagem do fio de trama em tear; c) Tecidos de fibra de coco no tear (Fonte: O AUTOR, 2013)

3.2.13. Beneficiamento do tecido

Com o objetivo de obter resultados da aplicação do tratamento no material tecido e melhorar as condições do produto final, a amostra têxtil de maior dimensão recebeu tratamento conforme descrito nos itens 3.2.2, 3.2.3., 3.2.4. e 3.2.5.. Foi considerado um novo peso do material e nessa situação, o receituário sofreu alteração nas quantidades dos seguintes reagentes:

NaOH a 20 ° Bé - 3 ml/L

H₂O₂ a 35% - 10 ml/L

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Método de seleção de fibras

As fibras selecionadas apresentaram maior regularidade em relação ao comprimento e ao diâmetro, resultando em uma amostra mais homogênea para facilitar os processos subsequentes.

4.2. Análise dos valores de comprimento e densidade linear

Preliminarmente foi realizado um ensaio para determinação do comprimento e do título (densidade linear) de 50 fibras, sem tratamento e sem passar pelo processo de Seleção (item 3.2.1.). Foram seguidos os métodos idênticos aos citados nos itens 3.2.6., 3.2.7. e 3.2.8. Os resultados apresentaram valores de densidades lineares extremamente variados, conforme apresentados na tabela 17.

Tabela 17- Comprimento, peso e título de fibras de coco verde de finuras variadas

	COMPRIMENTO (cm)	PESO (g)	TÍTULO (tex)
MENOR	7,3	0,0015	13,64
MAIOR	23,2	0,172	123,29
MÉDIA	15,59	0,0077	50

Com o objetivo de homogeneizar a amostra trabalhada foi realizado o processo de seleção (item 3.2.1.) e em seguida praticou-se os métodos citados nos itens 3.2.6., 3.2.7. e 3.2.8., somente com fibras finas. Os valores de densidade linear (título) são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 - Comprimento, peso e título de fibras de coco verde finas

Fibras de coco finas			
	COMPRIMENTO (cm)	PESO (g)	TÍTULO (tex)
MENOR	7	0,00041	4,82
MAIOR	20	0,00281	21,72
MÉDIA	11,812	0,001441	12,19

É possível verificar que as amostras que passaram pelo processo de seleção (item 3.2.1.), baseado em critério de finura, apresentaram valores de título que representam menor variação dimensional do que as amostras de fibras as quais não passaram pelo processo de seleção. Segundo Santos (2006), valores de dispersão dimensional muito variados podem atrapalhar a reprodutibilidade dos resultados tornando a produção industrial de artefatos complexa.

4.3. Análise dos ensaios de tração.

Rao, Dutta e Ujwala (2005), com o objetivo de adicionar fibras de coco à areia para a construção civil, utilizaram o método de classificação de fibras pelo critério de comprimento. Nesse método as fibras mais longas tendiam a ser também mais grossas e, conseqüentemente, mais duras do que as fibras mais curtas. As amostras foram separadas em dois tipos: Tipo A (de 15 a 19,9 cm de comprimento) e tipo B (menores que 10 cm de comprimento).

As propriedades físicas dos dois tipos de fibras são apresentadas na tabela 19. Vale ressaltar que o estudo foi realizado na Índia, com amostras sem determinação de maturação dos frutos, os quais mediam 5 cm de espessura de mesocarpo e 25 cm de diâmetro, aproximadamente.

No presente estudo, a classificação como fina foi determinada a partir do método desenvolvido no item 3.2.1., os valores de comprimento e densidade linear foram determinados a partir dos ensaios citados nos itens 3.2.6., 3.2.7. e 3.2.8., já os valores

de alongamento e tenacidade foram determinados de acordo com os ensaios citados na sessão 3.2.9.

Tabela 19- Propriedades físicas de fibras de coco. Adaptado de Rao, Dutta e Ujwala (2005) e Banerjee et al. (2002)

Propriedade	Unidade	Tipo A (15 - 19,9 cm)*	Tipo B (<10cm)*	Finas sem tratamento * ²
Tenacidade	cN /tex	12,4	11,5	17,39
Alongamento	%	44,8	41,7	46,57
Finura	1/100 mm	20,42	13,57	
Densidade Linear	tex	39,4	18,9	11,04
Comprimento médio	cm			12,02

* Rao, Dutta e Ujwala (2005) e Banerjee et al. (2002)

*² Presente estudo

Comparando as fibras classificadas como finas e sem tratamento utilizadas no presente estudo e as amostras do tipo B, citadas por Rao, Dutta e Ujwala (2005), observa-se que as densidades lineares e comprimento possuem valores aproximados. Entretanto, as fibras finas e sem tratamento apresentaram-se mais fortes e com o percentual de alongamento mais alto do que as fibras do tipo B.

4.4. Estudo estatístico

Foram realizados estudos estatísticos para verificar se o tratamento químico aplicado às fibras (ítems 3.2.2. e 3.2.3) apresentaram alterações nos valores de densidade linear (título), tenacidade e alongamento das fibras. Os métodos estatísticos utilizados são citados nos itens 3.2.10 a 3.2.10.4. e as comparações entre duas médias foram feitas entre duas amostras, sendo elas:

Amostra 1: Fibras de coco sem tratamento

Amostra 2: Fibras de coco com tratamento

4.4.1. Sobre os valores de densidade linear (título)

Tabela 20- Resultados dos ensaios de determinação de densidade linear (tex) – ISO 1973-1995 (amostra 1)

Título: Fibras sem tratamento (tex)				
17,21	5,74	12,37	10,93	9,76
13,33	14,32	14,60	10,11	4,82
10,99	10,54	15,51	8,06	14,09
18,67	12,69	12,20	15,43	14,26
13,15	12,77	16,09	7,47	13,50
17,58	10,89	10,42	15,90	9,70
12,37	10,69	8,75	9,29	21,72
12,57	13,76	8,24	13,59	10,55
8,92	11,04	17,00	13,37	8,83
10,51	9,55	10,28	13,87	6,54

Tabela 21- Resultados dos ensaios de determinação de densidade linear (tex) – ISO 1973-1995 (amostra 2)

Título: Fibras com tratamento (tex)				
10,00	13,20	6,29	12,69	3,04
7,77	11,58	8,53	10,25	9,20
17,53	14,27	14,81	9,12	9,88
10,87	12,81	8,16	6,38	26,15
10,79	14,80	9,50	15,43	9,47
11,63	11,44	9,80	8,24	12,87
18,96	10,60	9,26	9,92	5,53
13,16	7,87	14,81	3,45	1,93
13,50	2,00	9,83	7,31	6,87
13,95	7,90	9,44	6,31	9,46

$$\bar{y}_1 = 12,09 \text{ tex}$$

$$\sigma_1 = 3,39 \text{ tex}$$

$$CV\%_1 = 28,04\%$$

$$\bar{y}_2 = 10,37 \text{ tex}$$

$$\sigma_2 = 4,31 \text{ tex}$$

$$CV\%_2 = 41,56\%$$

$$Z_0 = 0,57$$

$$\alpha = 0,05 \Rightarrow \alpha/2 = 0,025$$

$$Z_{0,475} = 1,96 \text{ e } -Z_{0,475} = -1,96$$

$$\therefore |Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

Há uma evidencia muito forte de que H_0 seja verdadeira, pois $Z_0 > Z_{0,025}$. Desta forma, pode-se afirmar que os valores médios das densidades lineares das fibras de coco são estatisticamente iguais, ou seja, o tratamento de amaciamento aplicado nas fibras não alterou, estatisticamente, o valor médio dos títulos das fibras de coco.

4.4.2. Sobre os valores de tenacidade

Tabela 22- Resultados dos ensaios de determinação da tenacidade (cN/tex) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 1)

Tenacidade: Fibras sem tratamento (cN/tex)				
7,81	22,73	13,33	19,06	10,11
8,56	26,71	20,87	7,71	20,35
17,14	12,71	22,07	27,78	23,45
17,42	13,64	12,57	26,24	10,27
16,37	20,32	14,65	23,41	15,68
11,44	17,83	17,49	16,33	19,57
11,49	19,47	18,04	21,39	22,35
10,11	17,31	19,63	14,56	13,31
13,01	23,55	15,24	23,13	18,15
14,40	17,13	18,32	16,95	28,39

Tabela 23- Resultados dos ensaios de determinação da tenacidade (cN/tex) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 2)

Tenacidade: Fibras com tratamento (cN/tex)				
11,23	14,39	25,00	19,86	16,08
14,55	20,83	19,22	9,78	23,91
1,80	11,53	11,24	16,48	10,05
12,39	16,28	21,50	12,45	22,84
18,98	26,34	21,50	15,11	21,74
9,32	18,37	33,12	14,05	31,19
14,54	20,79	14,73	17,78	26,48
11,51	14,92	22,49	17,84	24,94
23,52	40,65	25,24	11,70	20,76
57,93	24,36	14,99	9,07	15,01

$$\bar{y}_1 = 17,39 \text{ cN/tex}$$

$$\sigma_1 = 5,18 \text{ cN/tex}$$

$$CV\%_1 = 29,7\%$$

$$\bar{y}_2 = 19,01 \text{ cN/tex}$$

$$\sigma_2 = 8,92 \text{ cN/tex}$$

$$CV\%_2 = 46,92\%$$

$$Z_0 = -1,52$$

$$\alpha = 0,05 \Rightarrow \alpha/2 = 0,025$$

$$Z_{0,475} = 1,96 \text{ e } -Z_{0,475} = -1,96$$

$$\therefore |Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

Há uma evidencia muito forte de que H_0 seja verdadeira, pois $Z_0 > Z_{0,025}$. Desta forma, pode-se afirmar que os valores médios das tenacidades das fibras de coco são estatisticamente iguais, ou seja, o tratamento de amaciamento aplicado nas fibras não alterou, estatisticamente, o valor médio da tenacidade das fibras de coco.

4.4.3. Sobre os valores de alongamento

Tabela 24- Resultados dos ensaios de determinação de alongamento (%) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 1)

Alongamento: Fibras sem tratamento (%)				
31,10	26,30	32,50	61,70	60,30
50,70	55,90	34,10	48,20	17,50
30,40	48,30	61,30	33,00	26,60
20,80	5,00	60,30	80,00	42,00
33,90	30,30	42,60	53,30	29,00
27,20	36,00	74,30	39,70	61,30
48,50	62,00	44,90	51,80	52,60
47,30	49,10	46,00	71,50	41,55
55,50	75,90	23,00	47,70	60,14
52,40	57,40	102,20	36,90	48,51

Tabela 25- Resultados dos ensaios de determinação de alongamento (%) – ASTM D 3 822-2001 (e subsidiariamente com a norma ASTM D 1445-05) (amostra 2)

Alongamento: Fibras com tratamento (%)				
28,70	42,00	39,50	25,10	77,40
27,60	25,10	23,30	29,10	57,20
33,20	36,90	34,80	36,40	65,50
32,50	61,40	20,10	23,70	74,80
33,50	37,20	42,80	37,40	64,00
71,70	48,80	25,60	39,20	35,20
42,80	36,70	51,20	32,10	35,70
20,90	34,40	66,70	67,80	79,50
38,50	32,60	52,40	51,00	81,40
35,10	70,10	22,40	35,70	34,50

$$\bar{y}_1 = 46,57\%$$

$$\sigma_1 = 17,76\%$$

$$CV\%_1 = 38,14\%$$

$$\bar{y}_2 = 43,02 \%$$

$$\sigma_2 = 17,17\%$$

$$CV\%_2 = 39,91\%$$

$$Z_0 = 0,58$$

$$\alpha = 0,05 \Rightarrow \alpha/2 = 0,025$$

$$Z_{0,475} = 1,96 \text{ e } -Z_{0,475} = -1,96$$

$$\therefore |Z_0| > Z_{\alpha/2}$$

Há uma evidência muito forte de que H_0 seja verdadeira, pois $Z_0 > Z_{0,025}$. Desta forma, pode-se afirmar que os valores médios alongamento das fibras de coco são estatisticamente iguais, ou seja, o tratamento de amaciamento aplicado nas fibras não alterou, estatisticamente, o valor médio do alongamento das fibras de coco.

Os valores obtidos no planejamento totalmente aleatorizado (comparação de duas médias) comprovaram os valores entre os ensaios de tração das fibras antes e após o tratamento são estatisticamente iguais. Baseado nesta afirmação foi possível realizar as etapas subsequentes para a fabricação de um tecido utilizando fibras de coco verde tratadas conforme descritas nos item 3.2.3. a 3.2.5.

4.5. O tratamento — purga com pré-alveamento simultâneo seguido de amaciamento

Com relação às propriedades físicas das fibras de coco verde finas, o estudo estatístico comprovou que não houve alterações dos valores médios das características analisadas das fibras tratadas e das sem tratamento. Contudo, algumas alterações foram percebidas na prática. O efeito do pré-alveamento simultâneo à purga se mostrou eficaz, conforme mostra a figura 31, em que são expostas duas mechas de fibras tratadas e sem tratamento, respectivamente.

A utilização do peróxido de hidrogênio, além de proporcionar maior grau de brancura e uniformidade às fibras de coco, atua na oxidação de determinados componentes do banho residual. Um ensaio preliminar foi realizado reproduzindo o mesmo método citado no item 3.2.2., porém, sem a adição do H_2O_2 .



Figura 31- Mechas de fibras de coco finas tratadas e sem tratamento respectivamente (fonte: O AUTOR, 2013)

Uma amostra do efluente residual foi recolhida para ser comparada com uma amostra do banho residual da etapa de purga, acrescida de pré-alveamento simultâneo, conforme é mostrado na figura 32.



Figura 32- Efluente de purga com pré-alveamento simultâneo, e purga sem alveamento em fibras de coco verde, respectivamente. (Fonte: O AUTOR, 2013)

Atualmente muitos estudos estão sendo feitos com relação ao tratamento ou ao reaproveitamento de efluentes de processos industriais têxteis, e boa parte deles já se

encontra em plena execução. Durante o beneficiamento têxtil (aquoso), as substâncias dos subprodutos não reagentes resultantes são descartadas com o efluente. Quando há utilização de peróxido de hidrogênio no alvejamento, o percentual poluente do efluente gerado nesse processo será mínimo em relação ao total de efluentes gerados na planta industrial (LUCIDO, 2010).

4.6. Método de fiação

O método de fiação realizado com auxílio de roca manual apresentou-se satisfatório para as condições as quais se encontravam as fibras de coco finas tratadas.



Figura 33- Fios de fibra de coco, sendo: a) fio de fibras finas tratadas; b) fio de fibras finas sem tratamento; c) fio de fibras médias sem tratamento; d) fio de fibras grossas sem tratamento. Fonte: (O AUTOR, 2013)

Foi percebido que após o tratamento aquoso as fibras apresentaram maciez e flexibilidade capaz de permitir a fabricação de um fio mais fino, mais coeso e com maior rendimento. Foi realizada a fiação em uma mecha contendo 30g de fibras de coco finas tratadas a qual resultou em 38, 57 metros de fio.

Três amostras preliminares foram fiadas com as fibras sem tratamento de três espessuras diferentes obtidas através do processo de seleção. Os resultados apresentaram-se insatisfatórios devido à dureza das fibras, da falta de coesão dos fios e da alta pilosidade dos mesmos. A figura 33 mostra os fios produzidos com fibras tratadas (finas) e fibras sem tratamento (finas, médias e grossas).

4.7. Método de tecelagem e tratamento no tecido

Após a fiação foi realizada a tecelagem manual de um artigo de ligamento tela (tafetá). A utilização de fio 100% de algodão cru retorcido a 3 cabos de título 12 como urdume apresentou-se adequada para a tecelagem junto com o fio de fibra de coco, utilizado na trama, uma vez que, este último é um fio feito manualmente e não apresenta resistência suficiente para sustentar a tensão do urdimento.

Essa observação é percebida na prática. Foram tecidas duas amostras: uma para servir de amostra controle e outra para se verificar o efeito do tratamento sobre o material tecido, de acordo com os ajustes de receita apresentados no item 3.2.13. As diferenças entre as amostras de tecido com tratamento e sem tratamento são apresentadas na figura 34.

Verificou-se que o tratamento realizado no tecido de maior extensão, intensificou o grau de brancura e amaciamento, melhorando a qualidade do produto final em comparação com a amostra controle que não sofreu tratamento.



Figura 34- Tecido de fibra de coco (CKCO) tratado e tecido de fibra de coco (CKCO) sem tratamento, respectivamente. (Fonte: O AUTOR, 2013)

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade de desenvolvimento de uma estrutura têxtil a partir de fonte que seja natural, renovável, cujo cultivo não seja nem predatório ao solo e nem exclusivo para a finalidade têxtil. A matéria-prima escolhida foi a Fibra de coco verde.

Dois cenários principais e completamente distintos serviram de base literária. Em primeiro lugar, um panorama do mercado da fruta no Brasil mostrou as possibilidades de aproveitamento de um material que é oriundo de um resíduo ou subproduto da agroindústria o qual está disponível em diversas situações. Entretanto, a utilização regular desse material como matéria-prima industrial ainda necessita de um aperfeiçoamento em termos de logística e legislação para garantir sua viabilidade.

O segundo é a Índia, que possui experiência milenar em utilização de fibras de coco e representou uma fonte de inspiração, estímulo e prática que contribuiu para afirmar diversas possibilidades de uso do material em questão, assim como, para servir como referência em termos de aperfeiçoamento tecnológico.

O beneficiamento da casca de coco verde pós-consumo para extração de fibras apresenta-se como um exemplo de aproveitamento inteligente da biomassa, a qual além de apresentar ao mercado uma nova fonte de matéria-prima renovável com inúmeras propriedades, também contribui com a gestão dos resíduos sólidos urbanos.

A pesquisa procurou explorar as possibilidades de uso da fibra de coco verde, realizando um tratamento não agressivo, de efeito superficial, visando melhorar a limpeza prévia do material sem alterar suas características físicas.

Como produto final a autora apresentou um tecido rústico, que pode ser utilizado na fabricação de acessórios de moda, decoração, entre outras aplicações. Entretanto, não foi encontrado na literatura um método que permita fazer a seleção das fibras por

critério de finura para reduzir a variabilidade dos valores de densidade linear da matéria-prima, conforme foi realizado no estudo, o que até o momento, inviabiliza a fabricação de produtos em escala industrial, condicionando o mesmo à escala laboratorial e artesanal.

Para um estudo futuro de continuação deste projeto, considera-se o desenvolvimento de outros processos e tecnologias de beneficiamento que proporcionem às fibras de coco as condições necessárias para o total aproveitamento das mesmas, possibilitando a fiação do material sem passar pelo processo de seleção.

Também se considera relevante, para a continuidade deste estudo, uma investigação mais aprofundada com relação à composição química e à outras propriedades mecânicas das fibras de coco verde com o objetivo de estudar as possibilidades de aproveitamento desse material na fabricação de geotêxteis, uma vez que, de acordo com a literatura estudada, este material tem sido largamente utilizado no Brasil nos segmentos de agricultura e de jardinagem.

BIBLIOGRAFIA

ALFIERI, P. **Tecnologia das fibras têxteis III**. 2011. Apostila do curso de Engenharia Têxtil da Universidade de Engenharia Industrial, São Bernardo do Campo, 2011.

ALMEIDA, C.; de BRITO, J.P.; MELO, P. **Normas de Inventário: Tecnologia Têxtil, Etiologia**. Lisboa: Instituto Português de Museus, 2007.

AMENÓS; F. M. et al. **Parametría de hilos**. Barcelona: Edicions UPC, 1994.

AQUINO, D. F. **Algodão**. Distrito Federal: CONAB Companhia Nacional de Abastecimento, 2012. 12 p. Prospecção para Safra 2012/13. Disponível em : <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospeccao_12_13.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.

ARAGÃO, et al. **Produção de Fibra de Cultivares de Coqueiro**. Aracaju: Embrapa, 2005. Comunicado Técnico n. 36. Disponível em : < http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2005/cot-36.pdf> . Acesso em: 15 jan 2012.

ARAGÃO. W.M. **A Cultura do Coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. Sistemas de Produção 1. Disponível em: <sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/cultivares.htm> . Acesso em 25 mai. 2011.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E.M. **Manual de Engenharia Têxtil. Volumes I e II**. Fundação Calouste Gulbekian, Lisboa (Portugal), 1984.

ARAUJO, M.; FANGUEIRO, F.; H. HONG. **Têxteis técnicos: Materiais do novo milênio**. Braga: Williams Ltda., 2000.

BANERJEE, P. K. et al. Investigations into homogeneity of coir fibres. In: **Indian journal of fibre and textile research**. 2002. vol. 27, pp. 111-116.

BASTIAN, O. Y. E. et al. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. CETESB: SINDITÊXTIL, São Paulo, 2009.

BAYER- FIBRAS 100%. Qualidade final: Algodão. Revista **Bayer CropScience**, Jun/05: 3-4, 2005.

BITENCOURT, V. D. **Potencialidades Estratégicas Sustentáveis para o aproveitamento**

dos rejeitos de coco (cocus nucifera. I). 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal de Sergipe, 2008.

BLEDZKI, A. K.; REIHMANE, S.; GASSAN, J. J. Properties and modification methods for vegetable fibers for natural fiber composites. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 59, n. 2, p.1.326-1.336, 1996.

BOM, Elba P. S. et al. **Enzimas em Biotecnologia: Produção, Aplicações e Mercado**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda., 2008.

BONTEMPO, M. **O poder medicinal do coco e do óleo de coco extravirgem**. São Paulo: Alaúde Editorial, 2008.

BOX, G. E. P., HUNTER, W. G. and HUNTER, J. S. **Statistics for Experimenters: an Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 15 jun. 2012.

BRASIL. **Caderno de Diagnóstico Agrosilvopastoris : Resíduos Orgânicos**. Versão preliminar subsidiária ao Plano Nacional de Resíduos Sólidos previsto pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2011. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/projetos/pnrs/documentos/cadernos/08_CADDIAG_Res_Agrosilvopastori_Org.pdf> . Acesso em: 12 dez. 2012.

CARIJO; A. O et al., Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola – Artigo Convidado publicado em **Horticultura Brasileira Hort. Bras.** vol. 20, nº 4. Brasília. Dec. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362002000400003&script=sci_arttext>. Acesso em: 5 mar. 2011.

CARVALHO, K. C. C. et al. Chemical modification effect on the mechanical proprieties of hips / coconut fibers composites. **BioResources**, Carolina do Norte. v.5, n. 2, p.1.143 – 1.155, 2010. Disponível em: <http://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_05/BioRes_05_2_1143_Carvalho_MVC_Chem_Mod_Mechan_Prop_HIPS_Cocon_Compos_867.pdf> . Acesso em: 17 set. 2011.

CIDADES E SOLUÇÕES, **Cidades e Soluções: Empresas brasileiras faturam alto com a reciclagem de resíduos orgânicos**, Rio de Janeiro : Rede Globo, exibido em 26/09/2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-news/cidades-e-solucoes/videos/t/programas/v/empre>>

sa - brasileiras-faturam-alto-com-a-reciclagem-de-residuos-organicos/2159464/> . Acesso em : 11 abr. 2013

CIDADES E SOLUÇÕES, **Cidades e Soluções: Conheça as formas de produção de energia e matéria-prima a partir de resíduos**, Rio de Janeiro: Rede Globo, exibido em 03 abr. 2013. Disponível em: < <http://g1.globo.com/globo-news/cidades-e-solucoes/videos/t/programas/v/conheca-as-formas-de-producao-de-energia-e-materia-prima-a-partir-de-residuos/2497175/> > . Acesso em: 12 abr. 2013.

CONTROLE DE QUALIDADE Têxtil II – PROTOCOLOS DE TESTES FÍSICOS. 2001. Apostila do Curso de Química - Ramo de Controle de Qualidade dos Materiais Têxteis da Universidade do Minho, 2001.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getulio Vargas, 1991.

COIR BOARD – **Coir machinery manufactures registered with Coir Board as on 14.10.2011**. Disponível em: <http://coirboard.gov.in/machine_suppliers/Machinerymanufacture.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.

CRAWSHAW, G. H. **Carpet manufacture**. New Zealand: Chaucer press limited, 2002.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda., 1977.

CUENCA, M. A. G. **A Cultura do coqueiro**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Sistemas de Produção 1. Versão eletrônica. Nov. 2007. Disponível em: <sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Coco/ACulturadoCoqueiro/aspectos.htm>. Acesso em: 22 jun 2011.

CORRADINI, E. et al. Composição Química, Propriedades Mecânicas e térmica da fibra de frutos de cultivares de coco verde. **Revista Brasileira de Fruticultura** - Jaboticabal , v. 31, n. 3, p.837-846, Set. 2009

DALLY, J. W.; RILEY, W. F., and Mc CONNELL, K. G. **Instrumentation for Engineering Measurements**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.

DANTAS et al. Desenvolvimento de projeto para produção de fibra de coco com inovação tecnológica limpa e geração de energia. **Revista Analytica** nº 15, Fev / Mar 2005. Disponível em:<http://www.revistaanalytica.com.br/ed_antiores/15/art04.pdf>. Acesso em: 12 dez 2011.

DUARTE, C. R. **A tecelagem manual no Triângulo Mineiro: História e cultura material.** Uberlândia: EDUFU, 2009.

ERHARDT, T. et al. **Curso Técnico Têxtil — Física e Química Aplicada — Fibras Têxteis — Tecnologia.** São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda. EDUSP; Universidade de São Paulo, 1976. 88 p. v. 1.

FENGEL, D.; WEGENER. G. **Wood chemistry, ultrastructure, reactios.** Berlin: Walter de Gruyter; 1989.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil.** Brasília: EMBRAPA – SPI, 2ª ed. 1998. 292 p.

FONTENELE, R. E. S. **Cultura do Coco no Brasil: Caracterização do Mercado Atual e Perspectivas Futuras.** 2005. Anais do Congresso da Sober, p 1- 20, Ribeirão Preto2005.

FORTALMAG. **Fortalmag.** Fortaleza, 2012 Disponível em : <<http://www.fortalmag.com.br>> . Acesso em: 19 fev 2013

GARCIA; S. J. **Fiação Cálculos fundamentais.** Rio de Janeiro: SENAI. CETIQT, 1995.

GUERRA, M. J. **Estatística indutiva: teoria e aplicações.** São Paulo: Livraria Ciência e Tecnologia Editora, 1982.

GUILLÉN, J. G. **Fibras Textiles propiedades y descripción (Curso Básico).** Universidad Politécnica da Cataluña. Barcelona: Litografia Rubio, 1991.

RAHMAN, J.N.M.; FERROZ, H. M. Eco-friendly jute processing in Bangladesh. **Journal of Chemical Engineering**, IEB Vol. ChE. 26, No. 1, Dez, 2011

HERBARIO DIGITAL. **Herbário da Universidade de Coimbra.** Coimbra, 2009. Disponível em: <http://www.uc.pt/herbario_digital/glossario/#c>. Acesso em: 20 jul. 2011.

INSTRON, Tester machine serie 5940. Barueri, 2013. Disponível em: <<http://www.instron.com.br/wa/product/5900-Series-Single-Column-Testing-Systems.aspx?ref=http://www.instron.com.br.br/wa/resourcecenter/GSASearch.aspx>>. Acesso em 29 abr. 2013

JACOB, M. C. **Scientific culture and the making of the industrial West**. Nova Iorque: Oxford University Press, 1997.

KADOLPH, S. J. **Textiles**. Nova Jersey: Pearson Education, Inc. Upper Sadle River, 2007.

KASWELL, E. R. **Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles**. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge: Wellington Sears Company, 1963. 757 p.

KLOCK, U. et al. **Química da madeira**. 2005. Manual didático do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005. Disponível em: <http://www.marioloureiro.net/ciencia/biomass/quimicada_madeira.pdf>. Acesso em: 15 dez 2012.

LAVER, James. **A Roupas e a Moda**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

LE GOFF, J. **As raízes medievais da Europa**. Tradução de Jaime A. Clasean. Petrópolis: Editora Vozes, 2007.

LSPA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa Estatística. 2013. 83 p. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201301.pdf>. Acesso em : 16 abr. 2013.

LUCIDO, G. L. A. **Avaliação de Metodologia para Controle e Medição de Cor em Efluentes Têxteis**. 2010. 135 f. Dissertação (Mestrado Profissional Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MACEDO, C.V. **A produção artesanal de fios em Minas Gerais : Uma Indústria Feminina de Vanguarda Na Economia Mineira do Século Dezenove**. 2003. Pesquisa realizada no Centro de Desenvolvimento Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003. Disponível em :< http://www.mao.org.br/fotos/pdf/biblioteca/macedo_01.pdf> Acesso em 28 mar. 2012.

MESDAN. **Climatest**. Bressia, 2006 . Disponível em: < http://www.mesdan.com/english/scheda_lab.php/linea/7/destinazione/38/applicazione/88/prodotto/82> . Acesso em: 27 jan. 2013.

MF RURAL. **Mudas de coqueiro anão**. Disponível em: < <http://comprar-vender.mfrural.com.br/detalhe.aspx?cdp=41143&nmoca=mudas-mudas-de-coco-anao-produzindo>>. Acesso em : 15 mai. 2013.

MALUF, E.; KOLBE, W. **Dados Técnicos para a Indústria Têxtil**. São Paulo: Publicação IPT, 2003.

MARTINS, C. R.; JUNIOR, L. A. de J. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010** . Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p. Documentos 164. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf>. Acesso em: 22 set. 2011.

MATHAI.P.M. Coir. In: FRANCK, R. R. **Bast and other plant fibers**. The Textile Institute. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2005. p.275-313.

MATHER, R. R.; HARDMAN, R. H. **The Chemistry of Textile Fibers**. Cambridge: Royal Society of Chemistry Publishing, 2011.

MAZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo, Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MEDICAL EXPO. Disponível em: < <http://www.medicalexpo.es/fabricante-medical/bascula-digital-laboratorio-3050.html>> Acesso em : 15 ago. 2012.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

NATURAL FIBERS. Disponível em: <<http://www.naturalfibres2009.org/es/fibras/index.html>>. Acesso em: 13 ago. 2011.

NULTSC, W. **Botânica Geral**. Porto Alegre: Tradução de Paulo Luiz de Oliveira. Artes Médicas Sul, 2000.

OBJETIVOS DO MILÊNIO. 2012. Disponível em: <<http://www.objetivosdomilenio.org.br/>>. Acesso em: 5 jan. 2013.

OLIVEIRA; Simone Lopes Rego de. **Aproveitamento da casca de coco verde Cocos Nucifera. L para fabricação de celulose**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de

Alimentos) - Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos III, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2010.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**, 2012. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 15 set. 2012.

PASSOS, P. R. A., **Destinação Sustentável de Cascas de Coco (Cocos nucifera) Verde: Obtenção de Telhas e Chapas de Partículas**. 2005. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências e Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PENA. A. S. **Reciclagem de coco**. SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. 2006. Disponível em: <<http://www. http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrr-referencial1385.pdf>>. Acesso em: 1º mar 2011.

PEREIRA, S. G. **Introdução à tecnologia têxtil**. 2009. Apostila do Curso Têxtil em Malharia e Confecção, módulo 2. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Aranguá, 2009.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos**. São Paulo: Editora Senac, 2009.

PIMENTEL, A. **Caracterização de uma pectinase comercial e sua utilização no processo de purga da indústria têxtil**. 2010, 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós Graduação em Engenharia Química - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

PNSB. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico–2008**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. 6 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em 28 nov. 2011.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. 2010. Disponível em: <<http://portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=44954>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

RAMOS, J. B. **Propriedades Físicas de Fibras**. 2006. Apostila do curso de Graduação em Têxtil e Moda da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006

RAO, G. V.; DUTTA, R. K., and UJWALA, D. Strength Characteristics of Sand Reinforced with Coir Fibers and Coir Geotextiles. **EJGE** paper p. 0602. 2005. Disponível em: <<http://ejge.com/2005/Ppr0602/Ppr0602.htm>>. Acesso em: 15 dez 2012.

RAVEN, E. E. **Biologia Vegetal**. W. H. Freeman and Company, 1999, Rio de Janeiro: Tradução de Editora Guanabara Koogan S.A., 2001.

RIBEIRO, L. G. **Introdução à Tecnologia Têxtil**. Rio de Janeiro: SENAI CETIQT, 1984.

RIBEIRO, L.G.; ANDRADE FILHO, J. **Introdução à Engenharia Têxtil**. Volumes I, II e III, SENAI, Rio de Janeiro, 1987.

RIO DE JANEIRO (Estado). Projeto de Lei nº 295.2011 de 23 de abril de 2011. Institui o Programa de reciclagem de coco verde no âmbito do estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro1115.nsf/18c1dd68f96be3e7832566ec0018d833/17a232b605e5fd0283257870005d5926?OpenDocument>>. Acesso em: 25 abr. 2012.

ROSA, M.F. Beneficiamento da casca de coco verde. 3 p. Embrapa Agroindústria Tropical. Relatório Técnico. Disponível em: <[HTTP://www.cnpat.embrapa.br/home/portofolio/tecnologia_relatorio.php?id=10](http://www.cnpat.embrapa.br/home/portofolio/tecnologia_relatorio.php?id=10)>. Acesso em : 13 ago 2012.

ROSA, M. F et al. **Utilização da Casca de Coco como Substrato Agrícola**. Fortaleza: Embrapa, 22 p. Documentos 52. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Dc_052.pdf>. Acesso em: 25 out 2011.

ROSA, M. F.; et al. **Avaliação do potencial de aproveitamento do líquido da casca de coco verde**. In: Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Agroindústria Tropical, 2004, Fortaleza, 2004.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Gramond, 2007.

SALIBA, E. de O. S. et al. Ligninas: Métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 917-928, 2001.

SANCHES, R. A. **Utilização de fibras sustentáveis na fabricação de vestuário**. 2011Tese (Livre Docência) – Escola de Artes Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2011.

SANTOS, A. M. **ESTUDO DE COMPÓSITOS HÍBRIDOS POLIPROPILENO / FIBRAS DE VIDRO E COCO PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia,) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SAVASTANO JR, H. **Fibras Vegetais para construção civil : A fibra de coco**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1986. 19 p. Boletim técnico 04/86.

SAVILLE, B. P. **Physical testing of textiles**. The Textile Institute. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2007. 310 p.

SATIANARAIANA, K. G.; KULKARNI, A.G.; ROHATGI, P.K.. Structure and properties of coir fibres. **Proc. Indian Acad. Sci. (Engg. Sci.)** Trivandrum, Vol. 4, Pt. 4, December 1981, pp. 419-436. Fev. 1981

SENHORAS, E. M. Oportunidade na cadeia agroindustrial do coco verde. Do coco nada se perde, tudo se desfruta. Maringá: **Revista Ututaguá** nº 05, 2004.

SILVEIRA, M. S. **Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquetes em Salvador-BA**. 2008. 167 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa) Escola Politécnica Federal da Bahia, Salvador, 2008.

SIQUEIRA, L. A. et al. **A introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agronomia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 24 p. Documentos, 47. Disponível em: <<http://cpatc.embrapa.br>>.

TAVARES, M. F.F. **Pós-Coco: Agregação de valor na cadeia produtiva do coco verde**. Central de cases. São Paulo: ESPM, 2010. Disponível em: <[http://www.espm.br/Publicacoes/Central DeCases/Documents/POS-COCO.pdf](http://www.espm.br/Publicacoes/Central%20DeCases/Documents/POS-COCO.pdf)> . Acesso em: 24 mar 2011.

UNCSD. **O futuro que queremos**. United Nations Conference on Sustainable Development. Disponível em: <<http://www.uncsd2012.org/thefuturewewant.html>>. Acesso em: 15 dez 2012.

VAN DAM, J. E. G. et al. Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk — Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 19, n. 3, p. 207 – 216, 2004.

VAN DAM, J.E.G. **Improvement of Drying, Softening, Bleaching and Dyeing Coir Fibre/Yarn and Printing Coir Floor Coverings**. Wageningen: FAO: CFC, 2002. 61 p. Artigo Técnico n.6. Agrotechnological Research Institute. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3612e/y3612e00.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2013.

WALLERSTEIN, I. M. **Capitalismo e civilização capitalista**. Rio de Janeiro: Tradução de Renato Aguiar; revisão de tradução Cesar Benjamim. Contratempo, 2001.

NORMAS TÉCNICAS

Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 12331/91: **Fibras têxteis — Taxa convencional de condicionamento — Padronização**. 2 p.

Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT ISO 139:2005: **Têxteis — Atmosferas normais de condicionamento de ensaios**. 6 p.

Normas da “American Society of Testing Materials” (para alongamento e resistência no ensaio de tração). ASTM D 3 822-2001: **Standard test method for tensile properties of single textile fibers**. West Conshohocken, 2006. 10 p.

Normas da “American Society of Testing Materials” (para alongamento e resistência no ensaio de tração). ASTM D 1445-05: **Standard test methods for breaking strength and elongation of cotton fibers (Flat Bundle Method)**. West Conshohocken, 2006. 8 p.

Norma “International Standards Organization” (para determinação do título médio das fibras). ISO 1973-1995: **Textile fibres — Determination of linear density — Gravimetric method and vibroscope method**. 8 p.

American Society for Testing and Materials, ASTM D 3776-96; **Standard test method for mass per unit area (weight) of fabric**. West Conshohocken, 2006. 5 p.

Japan Industrial Standards, JIS L 1907-02; **Testing methods for water absorbency of textiles**. Tokyo, 2006. 5 p.

ANEXOS

ANEXO A – Especificações de variedades de fios de fibras de coco da Índia (MATHAI, 2005)

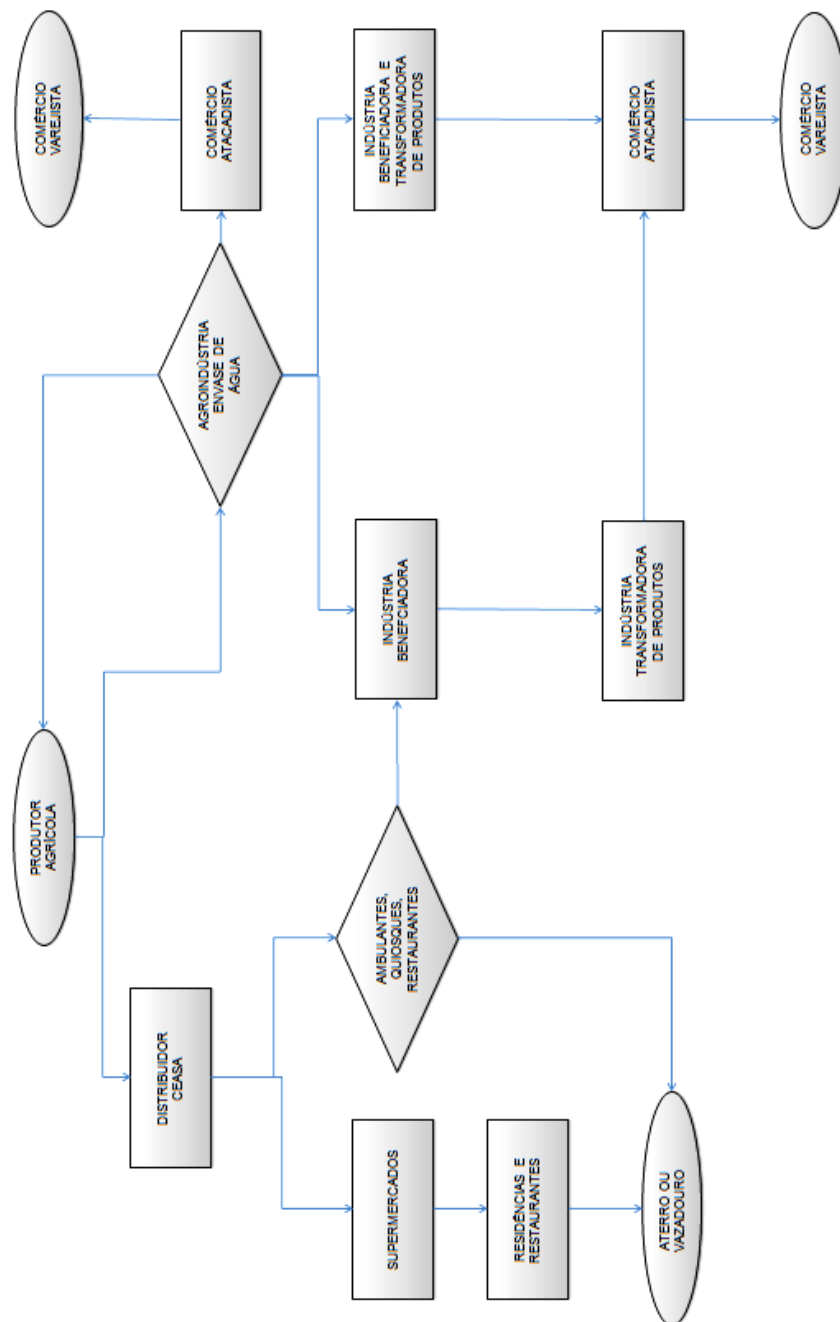
Table 7.3 Specifications of important varieties of coir yarn

S. no.	Variety	Type of fibre	Colour (natural)	Twisting and spinning	Approx. runnage	General characteristics
1.	Anjengo	Long and medium stapled well cleaned fibre from well retted husks.	Bright golden, reddish brown to bluish grey	Wheel-spun hard twisted and hard spun	180/360	Less hairy and smooth texture
2.	Alapat	Long and medium stapled combed fibre from retted or under-retted husks spun	Bright golden to bright brown or grey	Hand or wheel spun soft twisted soft or medium spun	170/230	Less hairy smooth texture and regular in spinning
3.	Aratory	Long and medium stapled, less combed fibre from retted husks	Reddish brown to bluish grey	Wheel-spun soft twisted and hard spun	200/260	Hairy, less regular in spinning and slightly pithy
4.	Vycome	Medium and short stapled combed* fibre lumpy with pith from retted husks	Bright cream reddish brown to dark grey	Hand or wheel spun, soft twisted and soft spun	200/300	Hairy, less regular in spinning and rough texture
5.	Beach	Medium and short stapled uncombed fibre from under-retted husks	Reddish brown	Hand spun very soft twisted and soft spun	240/260	Less hairy, smooth texture, regular in spinning and very pithy
6.	Quilandy	Medium stapled, less combed fibre from well retted husks	Bright golden to greyish	Hand spun, medium twisted and medium spun	110/130	Slightly hairy regular in spinning and with little pith
7.	Roping	Medium and short stapled uncombed fibre from under-retted husks.	Brown to grey	Hand spun, soft twisted and soft spun	50/60	Extraordinarily thick, unclean in appearance, very less hairy and pithy
8.	Beypore	Medium and short stapled less combed fibre from under-retted husks	Bluish-brown	Hand spun soft twisted and soft spun	70/90	Very thick, less hairy, containing a little pith
9.	3-ply	Medium and short stapled, less combed fibre from under-retted husks	Brown to grey	Wheel spun in 3-ply hard twisted and hard spun	55	Extraordinarily thick, hairy with varying amounts of pith, hard and rough texture
3.	Parur	Long and medium staple clean fibre from well retted husks	Golden, reddish brown to bluish grey	Wheel spun, very hard twisted and very hard spun	85/115	Fairly hairy and rough texture with little pith

In this context 'combing' does not denote the normal textile process but is a manual cleaning operation carried out as the fibres are removed from the retted husks. Wheel spinning is spinning using traditional hand ratts. Hand spinning is spinning by hand without the use of ratts. This produces soft twisted and level yarns but production is much lower. 'Hard spun' applies to single yarns. 'Hard twist' applies to plied yarns.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Fluxograma de aproveitamento da casca do coco verde (Fonte: O AUTOR, 2013)



APENDICE B - Produção Agrícola do Coco-da-Bahia –Brasil- decênio 2003 - 2012 e estimativa 2013(*) (LSPA, 2013).

(Produção em 1000 frutos e rendimento médio em frutos/há)

PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO COCO DA BAHIA - BRASIL - DECÊNIO 2003 - 2012 E ESTIMATIVA 2013(*)												
ÁREA PLANTADA (ha)												
SAFRA 2003	SAFRA 2004	SAFRA 2005	SAFRA 2006	SAFRA 2007	SAFRA 2008	SAFRA 2009	SAFRA 2010	SAFRA 2011	SAFRA 2012	SAFRA 2013*		
281 630	288 142	292 200	294 161	283 930	288 559	284 951	276 934	271 633	285 935			
ÁREA COLHIDA (ha)												
280 382	285 243	290 515	289 815	283 205	287 016	284 058	275 091	270 541	266 836	258 811		
PRODUÇÃO OBTIDA (t)												
1985 661	2 078 226	2 079 291	1 985 478	1 887 336	2 149 322	1 973 366	1 895 635	1 962 434	2 063 485	1 932 504		
RENDIMENTO MÉDIO OBTIDO (kg / ha)												
7 082	7 286	7 157	6 851	6 664	7 489	6 947	6 891	7 254	7 733	7 467		

GLOSSÁRIO

Capacho *doormats*, tapetes pequenos usado na frente das portas para limpar os pés. Quando feitos com fibra de coco, os mais comuns são aqueles os quais as fibras estão organizadas no sentido vertical.

Coir Board é um órgão estatutário instituído pelo Governo da Índia para a promoção e desenvolvimento da indústria de coco na Índia como um todo (fruta e subprodutos)

Coir palavra da língua inglesa para denominar fibra de coco. Possui origem etimológica em idioma indiano e malaio.

Esteiras tecido feito de fibra natural rústica que possui tamanho predeterminado, geralmente 1 x 1,5 metros. É flexível e o ligamento (construção têxtil) é muito visível.

Estiragem é uma ação mecânica com a finalidade de proporcionar o afinamento de uma massa de fibras provocado pela maior velocidade periférica de saída em relação à velocidade periférica de entrada (PEREIRA, 2009).

Geotêxtil materiais têxteis utilizados em contacto com o solo ou com outros materiais em aplicações de engenharia civil e geotécnica

In natura locução latina que significa "na natureza, da mesma natureza". É utilizada para descrever os alimentos de origem vegetal ou animal que são consumidos em seu estado natural, como por exemplo as frutas.

Mecha grupo de fibras paralelizadas ou unidas de forma homogênea

Purga banho à alta temperatura, também conhecida como cozimento. É o primeiro tratamento realizado nos materiais têxteis, objetivo retirar impurezas naturais ou sujidades presentes nas fibras, as quais dão características hidrófobas ao substrato.

Roca aparelho utilizado para fiar fibras têxteis. Caracterizado principalmente pela combinação entre uma vara que é girada através de uma roda formando o fio. Pode ser a motor ou manual e o operador do aparelho trabalha sentado.