

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

JAIRO DIAS

Estudo do uso das fibras de bananeira como matéria
prima para produção de fios têxteis: uma análise técnica
e econômica.

**CURITIBA
2015**

JAIRO DIAS

**Estudo do uso das fibras de bananeira como matéria
prima para produção de fios têxteis: uma análise técnica
e econômica.**

Dissertação apresentado ao Curso de Pós
Graduação em Engenharia de Produção e
Sistemas da Pontifícia Universidade
Católica do Paraná, como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. DSc. Rui Francisco
Martins Marçal.

CURITIBA

2015

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

Dias, Jairo

D541e Estudo do uso das fibras de bananeira como matéria prima para produção de
2015 fios têxteis: uma análise técnica e econômica /Jairo Dias; orientador, Rui
Francisco Martins Marçal. -- 2015
114 f.: il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
Curitiba, 2015.

Bibliografia: f. 97-102

1. Engenharia da produção. 2. Bananeira. 3. Fibras têxteis. 4. Indústria
têxtil. 5. Fiação. 6. Tecelagem. I. Marçal, Rui Francisco Martins.
II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Pós-Graduação em Engenharia
de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 20. ed. – 670

JAIRO DIAS

**Estudo do uso das fibras de bananeira como matéria
prima para produção de fios têxteis: uma análise técnica
e econômica.**

Dissertação apresentado ao Curso de Pós
Graduação em Engenharia de Produção e
Sistemas da Pontifícia Universidade
Católica do Paraná, como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. DSc. Rui Francisco
Martins Marçal.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. DSc. Rui Francisco Martins Marçal (Orientador)
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Prof. DSc. Milton Vieira Júnior
Uninove

Prof. DSc. Edson Pinheiro de Lima
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Curitiba, 25 de fevereiro de 2015.

A minha esposa Alessandra e meus filhos
Vinícius 13 e Maria Vitória 2 que são fonte
de inspiração para que eu possa me
manter sempre em busca de novos
conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS por ter me dado o dom da vida e por ter me proporcionado várias oportunidades e ter sempre me dado forças para não desistir mesmo nos momentos difíceis.

Aos meus pais, José Dias Sobrinho (em memória) e Rosa Silva Dias, que mesmo nas situações difíceis me deram educação e caráter, me tornando a pessoa que sou hoje.

A minha esposa Alessandra Melim Dias e meus filhos Vinícius Dias e Maria Vitória Dias que compreenderam minha ausência por longos períodos durante a realização do mestrado e por serem fonte de inspiração em minha vida. Sem eles com toda a certeza a motivação não seria mesma.

Ao professor Rui Francisco Martins Marçal que contribuiu profundamente para que este projeto tomasse forma até chegar aos moldes atuais, sempre parceiro e disposto a contribuir com o seu melhor.

Ao amigo Giuliano, que também caminhou paralelamente com as disciplinas e trabalhos em classe e extra classe sempre presente nas discussões em nossos estudos e também por estar mais próximo a Universidade por ter várias dúvidas durante todo o processo.

Aos amigos de mestrado com quem pude fazer as disciplinas. A troca de experiências neste caso foi fundamental para superar as dificuldades.

A todos os professores com os quais tive oportunidade de participar de suas disciplinas, altamente capacitados e tornando os momentos em sala de aula prazerosos, fazendo com que a absorção do conhecimento fosse maior.

Ao SENAI/SC por ter me proporcionado a realização deste sonho, contribuindo com todos os custos financeiros e também liberando as horas para participação das disciplinas e para pesquisa.

A inovação é fundamental ao desenvolvimento, fortalecimento a competitividade das organizações, permitindo que utilizem recursos econômicos, de forma inovadora, para obtenção de maior produtividade e rentabilidade, além da criação de novos mercados e ampliação do número de clientes.

(NEMOTO, 2010)

RESUMO

Esta pesquisa testa o uso de fibras de bananeira como matéria prima para a transformação em fios têxteis e produção de tecidos, adequando os processos industriais utilizados para a transformação da juta e do sisal, e analisando a viabilidade técnica e econômica. Apresenta todas as etapas do processo de produção de fios de cada uma destas fibras, mostrando a diferença entre elas bem como os equipamentos usados. O desenvolvimento da pesquisa segue o método da pesquisa-ação, sendo em todas as etapas realizadas pesquisas bibliográficas e aplicados os conhecimentos em processos de fabricação. A pesquisa levou em conta as regiões produtoras de banana no Brasil quando da análise da viabilidade econômica. Apresenta também o desdobramento da função qualidade QFD, fazendo um comparativo entre as três fibras estudadas, mostrando o grau de importância das características mais relevantes das fibras de bananeira. Foram realizados estudos e testes para extração das fibras, estudos e testes no processo de fiação e tecelagem. Ensaio laboratoriais foram usados para fazer um comparativo e correlacionar as fibras da bananeira com a juta e o sisal enquanto suas características físicas. Ao final são apontados os resultados que cada fibra apresentou e como as fibras de bananeira tem que ser processadas até chegar ao fio e ao tecido em uma produção industrial. Sendo assim, este processo de demonstrou viável tecnicamente com algumas ressalvas para também ser economicamente.

Palavras-chave: Extração das fibras. Fibra de bananeira. Produção de fios têxteis.

ABSTRACT

This research tests the use of banana fiber as raw material for processing into textile yarn and production of yarn and fabric, adjusting the industrial processes used for the processing of jute and sisal, and analyzing the technical and economic feasibility. Presents all the stages of the production of yarns of each of these fibers process, showing the difference between them and the equipment used. The development of the research follows the method of action research, and in all steps performed literature searches and applied knowledge in manufacturing processes. The research took into account the banana producing regions in Brazil in the analysis of economic viability. It also presents the split of QFD quality function, making a comparison between the three studied and analyzed fibers and also showing the degree of importance of the most relevant characteristics of banana fibers. Studies and tests were performed for extracting fiber, studies and tests in the spinning and weaving process. Laboratory tests were used to make a comparison and correlation of banana fiber jute and sisal while their physical characteristics. At the end the results are indicated that each fiber and presented as banana fibers have to be processed to reach the yarn and fabric in an industrial production. Thus, this process demonstrated technically viable with some caveats to be economically.

Keywords: Extraction of the fibers. Banana fiber. Production of textile yarn.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caule da bananeira.....	29
Figura 2 - Corte transversal (a) e longitudinal (b) do caule da bananeira.....	30
Figura 3 - Máquina de extração de sisal.....	31
Figura 4 - Fibras de Bananeira.....	32
Figura 5 - Fibra de juta.....	37
Figura 6 - Fibra de sisal.....	38
Figura 7 - Fibra de bananeira.....	38
Figura 8 - Funcionamento da cadeia têxtil desde o recebimento da matéria prima até o mercado.....	39
Figura 9 - Processo de fabricação têxtil segundo (VOLPATO, 2011).....	41
Figura 10 - Planta de juta.....	42
Figura 11 - Fluxograma para fiação de juta.....	44
Figura 12 - Planta de sisal.....	45
Figura 13 - Fluxograma para produção de fios de sisal.....	47
Figura 14 – Fluxograma do processo de fiação ideal para fiar fibras de bananeira ..	49
Figura 15 - Fardo de fibras de bananeira.....	50
Figura 16 - Processo de abertura das fibras.....	51
Figura 17 – Fibras de bananeira abertas.....	52
Figura 18 - Fibras prontas para cardagem.....	53
Figura 19 - Carda onde foi realizado o processamento das fibras.....	54
Figura 20 - Rolo de fibras já cardadas.....	54
Figura 21 - Material na entrada no passador.....	56
Figura 22 - Passador onde as fibras foram processadas.....	56
Figura 23 - Material na saída do passador.....	57
Figura 24 - Fita de passador.....	58
Figura 25 - Fio pronto.....	59
Figura 26 - Fuso onde são transformadas as fibras em fios.....	59
Figura 27 - Carretel onde são acondicionados os fios no filatório.....	61
Figura 28 - Embalagem com fio pronto.....	62
Figura 29 - Meadeira.....	65
Figura 30 - Balança de precisão.....	65
Figura 31 - Representação simplificada do método QFD.....	73

Figura 32 - Esquema QFD	75
Figura 33 - QFD das fibras de juta, sisal e bananeira	76
Figura 34 - Formação da cala do tecido para tecimento	78
Figura 35 - Representação gráfica do entrelaçamento de tecido plano	79
Figura 36 - Tecido produzido com fibras de bananeira	80
Figura 37 - Bolsa feminina com fios de bananeira	81
Figura 38 - Bolsa feminina com fios de bananeira	81
Figura 39 - Embalagem produzida com as fibras de bananeira	82
Figura 40 - Forças que dirigem a concorrência na indústria.....	88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composição do caule em percentual de água, fibras e resíduos não fibrosos.....	32
Gráfico 2 - Gráfico comparativo das propriedades das fibras de juta, sisal e bananeira.	35
Gráfico 3 - Comparativo entre as principais propriedades das fibras de juta, sisa e bananeira	36
Gráfico 4 - Comparativo das resistências e alongamentos das fibras de juta, sisal e bananeira	70
Gráfico 5 - Desvio padrão das resistências e alongamento das fibras.....	71
Gráfico 6 - Gráfico de força máxima aplicada (N)	85
Gráfico 7 - Força máxima aplicada (kgf).....	86
Gráfico 8 - Alongamento.....	87
Gráfico 9 - Produção de banana no Brasil em toneladas	89
Gráfico 10 - Custo por quilo das fibras de juta, sisal e bananeira	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das fibras de bananeira	34
Tabela 2 - Principais propriedades das fibras de bananeira.....	36
Tabela 3 - Testes de titulação dos fios de juta, sisal e bananeira	64
Tabela 4 - Testes de resistência e alongamento dos fios de juta.....	66
Tabela 5 - Testes de resistência e alongamento dos fios de sisal	67
Tabela 6 - Testes de resistência e alongamento dos fios de bananeira.....	69
Tabela 7 - Tabela de titulação com adaptação para comparativos.	83
Tabela 8 - Resultados dos testes das fibras de juta com adaptação de título.....	84
Tabela 9 - Resultados dos testes das fibras de Sisal com adaptação de título.....	84
Tabela 10 - Resultados dos testes das fibras de bananeira.....	84
Tabela 11 - Custo por quilo de fibra de juta.....	91
Tabela 12 - Custo por quilo de fibra de sisal	92
Tabela 13 - Custo por quilo de fibra de bananeira	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NBR	Norma Brasileira Regulamentar
MPa	Megapascal
µm	Micrometro
T	Título
K	Constante
P	Peso
C	Comprimento
Tex	Sistema de titulação direta. Do inglês Textile
g	Gramas
N	Newtons
kgf	Quilograma força
Def.	Deformação
Específ.	Específica
QFD	Desdobramento da função qualidade
m	Metros
RPM	Rotações por minute

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	DELIMITAÇÃO DO TEMA	21
1.2	QUESTÃO DA PESQUISA	22
1.3	JUSTIFICATIVA	22
1.4	OBJETIVO	23
1.4.1	Objetivo geral	24
1.4.2	Objetivos específicos	24
1.5	ABORDAGEM DA PESQUISA	24
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
1.7	ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	27
2	EXTRAÇÃO DAS FIBRAS	28
3	CARACTERIZAÇÕES DAS FIBRAS DE BANANA E COMPARATIVOS COM JUTA E SISAL	34
4	PROCESSO DE FIAÇÃO	39
4.1	FIAÇÃO DE JUTA	42
4.2	FIAÇÃO DE SISAL	45
4.3	FIAÇÃO DE BANANEIRA	48
4.3.1	Abertura das fibras	49
4.3.2	Cardagem	52
4.3.3	Passadores	55
4.3.4	Filatório de anel	57
4.3.5	Troca de embalagem	60
4.4	TESTES DE QUALIDADE DOS FIOS	62
4.5	DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD	72
4.6	PRODUÇÃO DOS TECIDOS	77
4.7	PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS	80
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	83
5.1	VIABILIDADE TÉCNICA	83
5.2	VIABILIDADE ECONÔMICA	88
5.2.1	Estudo das regiões produtoras de banana	89
5.2.2	Custo de produção das fibras	90
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95

REFERÊNCIAS.....	97
GLOSSÁRIO	103
Anexo A - Resultado dos testes de resistência dos fios de bananeira	104
Anexo B - Resultado dos testes de resistência dos fios de juta	105
Anexo C - Resultado dos testes de resistência dos fios de sisal.....	106
Anexo D - Resultado dos testes de resistência dos fios de juta com vários cabos reunidos.....	107
ANEXO E - Resultado das fotos como microscópio eletrônico de varredura das fibras de bananeira.	108
ANEXO F - Resultado das fotos com microscópio eletrônico de varredura das fibras de juta.	111
ANEXO G - Resultado das fotos com microscópio eletrônico de varredura das fibras de sisal.	113

1 INTRODUÇÃO

O setor têxtil representa uma importante atividade econômica, pois vestir faz parte das necessidades básicas do ser humano e, além disso, os têxteis são usados para outras diversas aplicações. No entanto, a evolução desta indústria com o passar dos anos, fez com que muitas novas fibras fossem colocadas no mercado sem a devida preocupação com o meio ambiente e o impacto que estas podem causar ao planeta, pois são fibras artificiais sintéticas ou regeneradas que demoram muito tempo para se degradar.

Atualmente há uma crescente preocupação com o meio ambiente, levando as indústrias a buscarem cada vez mais tecnologias de produção ecologicamente corretas. Esta tendência tem influenciado também a indústria têxtil, que está atenta a crescente consciência crítica dos consumidores face aos assuntos relacionados com questões ambientais (VALLE et. al., 2004)

Segundo Chavan (2004) em vários países os produtos têxteis ecologicamente corretos já estão sendo identificados através de etiquetas. O fato de ser sustentável torna o produto diferenciado e esta informação tem que chegar aos clientes. Uma forma de tornar produtos têxteis sustentáveis é através da inserção de novas fibras ecologicamente corretas.

As fibras têxteis são consideradas, como todo o material, que podem ser usadas para transformação em fio, tecidos, não tecidos, etc... (AGUIAR NETO, 1996). São elementos filiformes caracterizados pela flexibilidade, finura e grande comprimento em relação à dimensão transversal máxima sendo aptas para aplicações têxteis. Existem fibras descontínuas e contínuas. As primeiras possuem o comprimento limitado a alguns centímetros, enquanto as contínuas têm um comprimento muito grande, sendo esse comprimento limitado devido a razões de ordem técnica (ARAÚJO, 1987)

Para que as fibras sejam possíveis de fiar, elas têm que apresentar um comprimento mínimo para que possam se prender entre si através de torção, dando a resistência que é a propriedade mais importante para o fio têxtil. Estas fibras se dividem em três grandes grupos que são: naturais, sintéticas e regeneradas (não naturais).

As fibras têxteis podem ter várias origens e é esse o critério usado para sua classificação. Assim elas podem ser de origem natural, se são produzidas pela

natureza sob uma forma que as torna aptas para o processamento têxtil; ou de origem não natural se são produzidas por processos industriais, quer a partir de polímeros naturais (fibras regeneradas ou artificiais) quer por polímeros obtidos por síntese química (fibras sintéticas) (ARAÚJO, 1987)

Todas as fibras sintéticas são derivadas de petróleo. Elas são projetadas em laboratório químico e criadas para atingir a maioria das propriedades favoráveis à indústria a um custo razoável (SILVA E CAVACO-PAULO, 2008). São fibras que não existem na natureza. O homem através de sínteses químicas as coloca em condições de uso, ou seja, são formadas por macromoléculas criadas (sintetizadas) pelo homem. A poliamida e o poliéster são os exemplos mais difundidos.

O processo de fabricação de fibras regeneradas envolve a dissolução do material, transformando-o em uma polpa com o uso de solventes, após isso é feita a extrusão na qual o material passa por pequenos orifícios ainda na forma líquida, e ao ter contato com o ar se solidifica formando as fibras (SHIM, et al 2008).

As regeneradas são todas as fibras que se apresentam na natureza numa forma não utilizável. O homem através de artifícios químicos as coloca em condições de uso como, por exemplo, a viscose.

Tanto no processo de transformação de fibras sintéticas quanto regeneradas é usado o processo de extrusão.

Pelo fato de serem criadas pelo homem, existem muitas possibilidades quanto à utilização destas fibras no processo têxtil e ainda podem ser adequadas de acordo com cada demanda. Esta é uma vantagem muito grande deste tipo de material com relação às fibras naturais, que por sua vez são limitadas ou destinadas para processos engessados que atendem somente à necessidade para este tipo de fibra, enquanto as fibras artificiais podem ser cortadas no tamanho que for necessário para se adequar a vários processos. O problema das fibras artificiais é a questão sustentabilidade, pois não são biodegradáveis e isso acaba sendo um problema.

Em resumo, as fibras naturais se encontram prontas para a transformação em fios, as regeneradas são produzidas a partir de materiais extraídos da natureza e são transformadas em laboratório. Já as sintéticas são totalmente desenvolvidas em laboratório e são produzidas através do petróleo.

Segundo Braddock (2005), o futuro dos têxteis reside no desenvolvimento de novas fibras e tecidos. Neste sentido é importante focar e aprimorar o

desenvolvimento de fibras naturais que terão um impacto positivo nas questões ambientais.

A necessidade do desenvolvimento sustentável, conceito que surgiu pela primeira vez com o nome de eco desenvolvimento no início da década de 70 (ROMEIRO, 1999), deixa então de ser um debate em círculos fechados para poucos privilegiados e ganha a dimensão de um problema global, trazendo à tona a necessidade de mudanças no estilo de vida da população, com o objetivo de garantir a adequada qualidade de vida do planeta e de seus habitantes (CAVALCANTI, 2003).

As chamadas fibras naturais são todas as fibras que já se apresentam prontas na natureza necessitando apenas alguns processos físicos para transformá-las em fios. Elas podem ser de origem vegetal, quando são obtidas do caule, fruto, folhas e sementes de várias espécies de plantas, como, por exemplo, linho, coco, sisal, algodão, etc. Podem ser ainda de origem animal, provenientes dos pelos de diversos mamíferos (carneiro, cabra caxemira, cabra angorá, lhama, alpaca, vicunha, camelo, coelho angorá, etc.), incluindo ainda os filamentos retirados dos casulos do bicho-da-seda. Finalmente, podem também ser de origem mineral, mais precisamente o amianto, contudo, devido às suas propriedades cancerígenas, a fibra de amianto deixou de se utilizar como fibra têxtil.

Neste sentido, a pesquisa apresenta uma nova fibra têxtil extraída diretamente do caule da bananeira, sendo totalmente natural e não representando danos ao meio ambiente.

Conforme Zimmermann (2014) A fibra da bananeira é extraída do pseudocaule da planta. A bananeira após dar o fruto deve ser cortada e descartada, porém na grande maioria das vezes é deixada na plantação, levando um tempo considerável para degradar. Devido à alta umidade presente no pseudocaule da bananeira, se descartado incorretamente, pode levar a proliferação de fungos junto aos bananais, comprometendo as outras plantas.

Atualmente as embalagens usadas para acondicionar produtos alimentícios são produzidas com fibras artificiais nada sustentáveis, que levam dezenas ou centenas de anos para se degradar no meio ambiente. Entretanto existem empresas que já utilizam fibras naturais de juta para produção destes tipos de embalagens. A produção destas está restrita em algumas regiões do país e não atendem na íntegra

à demanda nacional. Com as fibras de juta são produzidas, principalmente, embalagens para café, pois outras matérias primas podem contaminar e interferir no paladar deste produto após beneficiado. Com uma menor expressividade são feitos também sacos para cebola, batata, sacolas para supermercado, etc...

Muito embora as fibras de juta apresentem um comprimento muito superior a outros tipos de fibras, estas são classificadas como fibras descontínuas, pois há descontinuidade em seu comprimento chegando próximo a 5 metros.

A juta é uma planta que exige solo fértil e bem drenado, assim como clima quente e úmido (MAIA, 2009). Estas plantas são herbáceas anuais, ou seja, alcançam sua maturidade no decorrer de um ano, produzindo semente para os demais períodos e para seu bom desenvolvimento é necessário regiões com forte calor e umidade (AGUAI NETO, 1996).

As fibras de juta têm uma produção focada na região do Amazonas e Manaus, pois são regiões que dispõem de muita água. Quando a planta atinge seu ponto ideal para colheita, os caules são cortados e deixados imersos em água nos rios para que a parte superficial do caule se degrade, e torne mais fácil a retirada das fibras. É um processo totalmente manual e que expõe as pessoas a riscos, pois trabalham dentro da água em rios e expostos ao sol.

Pelo fato de serem cultivadas em regiões quentes e úmidas e pela dificuldade na extração, sua produção acaba sendo limitada, não conseguindo atender toda a demanda nacional, mesmo com a redução na demanda de produtos com esta matéria prima. Por causa desta falta, algumas empresas acabam importando de países como Índia e Filipinas, que são fortes produtores, mas o produto acaba chegando muito caro no Brasil por conta de barreiras impostas pelo governo. Pelo fato de serem fibras extremantes longas, facilitam o processo de transformação em fios, muito embora estes processos são específicos para este tipo de fibra. Numa fiação de algodão, por exemplo, podem ser fiadas várias fibras diferentes e isso não ocorre em um processo fabril de juta.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Buscando promover o desenvolvendo de empresas têxteis e atrelando aos conhecimentos adquiridos no estudo de Engenharia de Produção, esta pesquisa

busca um processo de produção que atenda às necessidades da indústria com a inserção das fibras de bananeira como fonte de matéria prima para transformação em fios e tecidos que, por conseguinte poderão ter várias destinações na indústria. Num primeiro momento o estudo está focado em produção de fios e tecidos para embalagens. Esta motivação dar-se-á pela falta de matéria prima de juta e sisal para atendimento a demanda nacional, forçando as indústrias de transformação a importar esta matéria prima.

Neste sentido, busca-se desenvolver todo o processo fabril, desde a extração das fibras até o produto final, o fio, para aplicação têxtil.

1.2 QUESTÃO DA PESQUISA

Como desenvolver um processo de fabricação que garantam a transformação das fibras de bananeira em fios com padrões de qualidade exigidos pela indústria têxtil?

1.3 JUSTIFICATIVA

O setor têxtil vem a cada ano aumentando suas dificuldades perante a concorrência principalmente de países Asiáticos. Esta concorrência muitas vezes até desleal acaba enfraquecendo as indústrias e fazendo com que as importações sejam maiores que as exportações causando um *deficit* na balança comercial do setor. Fato este que acaba não somente prejudicando o setor têxtil e vestuário, mas a economia do país de uma forma geral.

Uma forma das empresas do setor têxtil se tornarem mais competitivas é investindo em inovação e desenvolvimento de novas tecnologias, sejam elas em processos ou em novos produtos. Estas inovações permitem que se tenham condições de recolocar os produtos no mercado a preços acessíveis que possam ter força perante a concorrência e/ou ainda agregar valor a seus produtos.

É importante ressaltar que o emprego de tecnologias nos processos é fundamental, pois permitem melhorar o mesmo, garantindo o aperfeiçoamento da produção (SLACK e LEWIS, 2009).

As indústrias têxteis buscam melhorar seu mix de produtos aumentando a quantidade que ofertam ao mercado, melhorando a competitividade e reduzindo custos, aperfeiçoando o sistema de produção (CHEREM; et. al., 2005).

Vantagens competitivas precisam ser criadas e renovadas constantemente. São exigências para a sobrevivência no mercado. A tecnologia é uma das chaves na busca destas soluções. A capacidade de desenvolver os tecidos com qualidade, agilidade e preço justo é outro fator determinante para assegurar essa competitividade (CHEREM; et. al., 2005).

Os mesmos autores ressaltam a importância de se usar estratégias que proporcionem vantagens no emprego de tecnologias de forma a direcioná-las aos objetivos da empresa. No caso do setor têxtil e vestuário o emprego destas novas tecnologias é e será o diferencial competitivo das indústrias brasileiras, onde o estudo dos processos para transformação das fibras de bananeira em fios e tecidos será mais um diferencial.

A procura por novas soluções tem criado grandes possibilidades para acrescentar valor aos substratos têxteis tradicionais através do incremento de diferentes funcionalidades, seja pela utilização de novas fibras ou por melhoramento das já existentes.

A indústria têxtil está desta forma, procurando alterar o seu foco principal para o desenvolvimento de produtos com maior valor agregado para compensar o ritmo dos negócios e dos mercados que tem decrescido, principalmente nos países desenvolvidos, fruto da conjuntura econômica mundial (FERREIRA et. al., 2014).

É primordial para se manter economicamente saudável, que haja de fato a busca por novas tecnologias e novas aplicações para os fios e fibras disponíveis no mercado ou que estão em fase de estudos. As fibras de bananeira atenderiam a demanda por novas fibras para produção industrial e ao mesmo tempo supriria uma falta de fibras como as de juta, por exemplo, evitando que as empresas tenham que importar matéria prima para manter sua produção.

1.4 OBJETIVO

Visando responder a questão da pesquisa, propõe-se a identificação de um processo produtivo para fibras de bananeira. A dissertação apresenta o estudo de

aprimoramento de processos já existentes objetivando sua transformação em fios em processo industriais.

1.4.1 Objetivo geral

Testar o uso de fibras de bananeira como matéria prima para produção de fios têxteis sob os aspectos da viabilidade técnica e econômica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Experimentar a forma de extração das fibras de sisal, fazendo as adequações necessárias para atender a extração das fibras de bananeira;
- Avaliar se o processo de fiação de juta atende à necessidade de transformação das fibras de bananeira em fios;
- Testar o fio produzido da fibra de bananeira quanto à resistência, fator preponderante para a confecção de embalagens;
- Produzir tecidos com os fios da bananeira;
- Produzir embalagem utilizando o fio transformado a partir da fibra da bananeira;
- Analisar a viabilidade econômica do processo.

1.5 ABORDAGEM DA PESQUISA

A abordagem de pesquisa visa construir uma solução viável do problema proposto por meio da utilização e adequação de processos de extração e fabricação já existentes.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo procura unir a pesquisa teórica com a prática, ou seja, aplicando os conhecimentos adquiridos e construindo algo tangível através da prática, caracterizando uma pesquisa ação. É, portanto, uma maneira de se fazer pesquisa

aplicando os conhecimentos teóricos, fazendo com que o pesquisador e/ou a equipe do projeto tenham melhor compreensão sobre o assunto, praticando.

Quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (SILVA, MENEZES, 2005).

Do ponto de vista da natureza pode ser uma pesquisa aplicada que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesse locais (SILVA, MENEZES, 2005).

Há um sentido em que a própria essência da pesquisa-ação é encapsulada dentro de seu nome e representa uma justaposição de ação e de investigação, ou em outras palavras, de prática e teoria. Assim, como uma abordagem para pesquisa, pesquisa ação é comprometida com a produção de novos conhecimentos através da busca de soluções ou melhorias para a real solução prática dos problemas (ELDEN e CHISHOLM, 1993).

A pesquisa-ação surgiu da necessidade de superar a lacuna entre teoria e prática. Uma das características deste tipo de pesquisa é que através dela se procura intervir na prática de modo inovador já no decorrer do próprio processo de pesquisa e não apenas como possível consequência de uma recomendação na etapa final do projeto (ENGEL, 2000)

É um método de pesquisa qualitativa que cada vez mais se destaca como estratégia de pesquisa adotada em engenharia de produção. Contudo, esse método sofre com preconceitos a respeito do seu mérito científico, bem como com uma indefinição de como sua condução pode ser validada (MELLO, et al, 2012).

Neste contexto pode-se perceber que se trata de estudos realizados sobre determinado assunto e a entrega não é somente algo intangível, pois além de realizar os estudos teóricos, este tipo de pesquisa usa estes dados e aplica no estudo, entregando algo testado e ou aplicado.

Conforme os autores são estudos direcionados a obtenção de novos produtos e processos que envolvem desde sua pesquisa conceitual até a aplicação destes estudos, gerando ao final algo tangível que possa ser aplicado por empresas e/ou instituições. Também concorda-se com Mello et. al., (2012) quando fala que este tipo de pesquisa sofre preconceitos com relação aos méritos científicos, porém é uma

forma de não deixar ótimas pesquisas somente no papel as transformando em algo que possa contribuir com a sociedade.

No caso deste estudo, foi feita toda uma pesquisa teórica sobre as fibras de bananeira, juta e sisal e realizados testes práticos em processos produtivos, conforme abaixo:

- Pesquisa e realização de testes laboratoriais nas fibras de juta, sisal e bananeira;
- Estudo dos processos produtivos para os três tipos de fibras citados acima, realizando e aplicando os conhecimentos para produção de fios com as fibras de bananeira.

Sendo assim a pesquisa tem cunho qualitativo, pois tem como objetivo, além dos resultados com as fibras de bananeira, fazer comparações entre outros tipos de fibras apontando quais se destacam mais com relação aos requisitos básicos de qualidade exigidos pela indústria têxtil.

Os defensores da pesquisa qualitativa argumentam que a realidade é socialmente construída e que, por esse motivo, não pode ser apreendida e expressa por meio de estudos quantitativos, cujos pressupostos são mais objetivos e gerais (AUGUSTO et. al., 2013).

Assim, torna-se importante que o pesquisador se assegure com precisão de como foram captadas as percepções dos participantes, para garantir uma visão clara do fenômeno que procura entender na investigação. Este enfoque é bastante flexível, facilitando o processo de pesquisa ao mesmo tempo em que proporciona uma visão mais abrangente e clara das situações ou organizações (SILVA, 2014).

Desta forma, pode-se definir a pesquisa das fibras de bananeira e sua transformação em fios têxteis como uma pesquisa qualitativa, pois ao mesmo tempo em que está se fazendo testes analíticos nas fibras, são feitos comparativos entre outros tipos de fibras que tem certa similaridade, podendo ter condições de ao final apontar quais seriam as melhores em cada aspecto de qualidade levantado. Por outro lado, a aplicação prática destes estudos com o objetivo de ter não somente material bibliográfico, mas sim um produto para ser utilizado por empresas, nos mostra a correlação entre teoria e prática, caracterizando uma pesquisa ação.

1.7 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado em seis capítulos, considerando o primeiro como o capítulo introdutório, onde o capítulo 2 apresenta a extração das fibras explicando o que é e como é feita para cada uma das três estudadas. No capítulo seguinte é feita a caracterização das fibras de bananeira e um comparativo entre juta e sisal, demonstrando as principais propriedades e diferenças entre elas.

No capítulo 4 são apresentados os processos de fiação. Como é composto e como é realizado de acordo com cada tipo de fibra. É explicitado a modelagem para cada um destes processos, sendo três, uma para cada tipo de fibra.

O capítulo 5 apresenta uma análise dos resultados do projeto, mostrando sua viabilidade técnica e econômica e por último e como capítulo 6 são apresentadas as considerações finais, assim como perspectivas de trabalhos futuros.

2 EXTRAÇÃO DAS FIBRAS

A colheita das bananas ainda é feita de forma manual e com certa periodicidade de acordo com vários fatores como tipo de solo, condições climáticas, dentre outros. O fato é que cada vez que é feita a retirada dos cachos de frutas, os caules são deixados em meio à plantação, não tendo estes nenhuma utilidade e ainda dependendo da quantidade podem atrapalhar a logística dentro das propriedades rurais, e neste momento se tornam base de estudos para a produção de fios e tecidos para embalagens.

Após pesquisa, chega-se à conclusão que para realizar a extração destas fibras seria necessário uma máquina como a que faz a extração do sisal. Muitos estudos foram realizados até chegar a esta conclusão, sendo que as primeiras extrações foram feitas de forma manual para se ter uma ideia melhor de como seria este processo de acordo com as características das fibras.

Como na região onde o estudo foi realizado não há produção de sisal, os testes nas máquinas foram realizados no estado da Bahia, em região onde o sisal é a principal fonte de renda. No local existem pequenos produtores e o contato para realização do trabalho foi feito através de uma associação de produtores de sisal.

Foi realizado acompanhamento na produção e feitos testes práticos com as fibras de bananeira, que num primeiro momento apresentou um resultado satisfatório.

Ao realizar os testes percebeu-se que esta máquina poderia ser utilizada, necessitando apenas de pequenas alterações, pois as fibras de bananeira estão dentro do pseudocaule e assim como no sisal estas partes não fibrosas tem que ser eliminadas, deixando somente as fibras. No início dos testes o desperdício foi muito grande e por isso algumas alterações tiveram que ser feitas.

Com este conhecimento em mãos, foi desenvolvida em parceria com uma empresa uma máquina específica para extração das fibras de bananeira, onde a principal mudança foi a distância entre o batedor e as partes fixas das máquinas e a velocidade de processamento.

As fibras estão no interior do pseudocaule da bananeira como mostra a figura 1. As partes do caule têm que ser desfeitas, tirando casca por casca até sobrar somente a parte do interior, onde não há fibras que podem ser aproveitadas. Feito

isso, estas partes são colocadas na máquina que por sua vez irá eliminar tudo o que não é fibra.

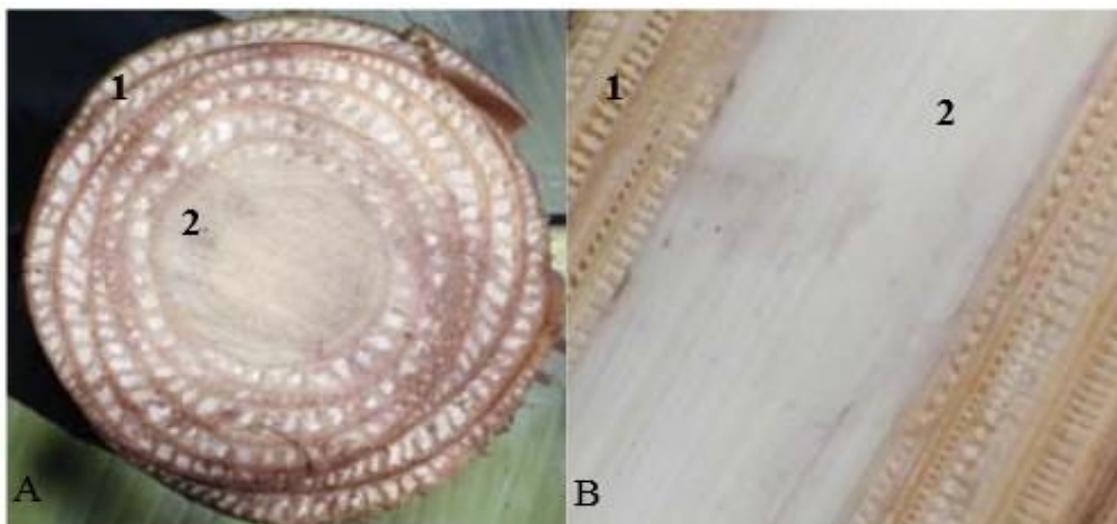
Figura 1 - Caule da bananeira



Fonte: O autor (2014)

O pseudocaule da bananeira é formado pelas bainhas das folhas e pode chegar a até 8 m de altura se considerarmos também as folhas. O pseudocaule é um tronco com formato de um cilindro irregular, formado pela sobreposição das bainhas foliares, apresentando, em seu interior, o “palmito”, ou coração central, também conhecido como talo floral, conforme se observa na figura 2 (a), corte transversal e figura 2 (b), corte longitudinal. No prolongamento das bainhas foliares encontram-se as folhas (GUIMARÃES, 2013).

Figura 2 - Corte transversal (a) e longitudinal (b) do caule da bananeira



Fonte: Guimarães (2013)

São destas bainhas, como descritas pelo autor, que as fibras são extraídas. Estas são retiradas uma a uma e colocadas na máquina para realização da extração. Este processo ainda acaba se tornando bastante artesanal, pois as retiradas destas bainhas ainda são feitas de forma manual, podendo ser melhoradas com a criação de um equipamento que permita o processamento como um todo. Este estudo não foi realizado neste projeto. A parte do interior, ou palmito é onde se concentra o maior volume de água do caule e há também fibras, porém estas são muito frágeis, não sendo passíveis de utilização na indústria têxtil.

O princípio de funcionamento da máquina para extração das fibras é apresentado na figura 3 e mostra como as fibras são retiradas. O batedor gira em alta velocidade e é responsável pela limpeza (desfibramento) das cascas (bainhas) da bananeira.

A diferenciação neste caso com relação ao sisal está relacionada à velocidade de rotação e também entre a distância do batedor e as partes fixas da máquina. Toda esta parte da máquina é protegida para diminuir os riscos de acidente. Foi realizada a retirada desta proteção para poder ilustrar melhor e explicitar as partes onde ocorre o desfibramento. Ainda na figura 3 aparece identificado o rotor que é responsável pelo processo de desfibragem. Este girando em alta velocidade retira as partes não fibrosas.

Figura 3 - Máquina de extração de sisal



Fonte: O autor (2014)

As partes do caule são colocadas uma a uma na parte frontal e conforme esta inserção vai avançando as fibras vão ficando expostas. Ao fazer o movimento inverso, retirando o material da máquina, saem somente as fibras já limpas, porém com um percentual de umidade bastante elevado. Sendo assim, este material tem que ficar exposto em ambientes abertos para que possam secar, pois com a umidade elevada não há condições de fazer o processamento na fiação.

As fibras extraídas do caule das bananeiras como mostra a figura 4, apresentam uma coloração mais clara, se comparadas com as fibras de juta, o que as tornam mais interessantes e faz com que haja a possibilidade de desenvolvimento de uma gama maior de produtos. As fibras muito escuras impossibilitam sua utilização em determinados produtos têxteis. É importante salientar que as fibras saem da máquina com um percentual de umidade muito alto por conta da quantidade de água que há no interior do caule e nas bainhas. Sendo assim, o material perde praticamente metade de seu peso fazendo a correlação com as fibras úmidas após serem retiradas da máquina.

Os materiais fibrosos ao saírem da máquina já mantêm um certo alinhamento, pois como elas estão paralelas no caule a tendência é se manter desta forma. Para que isso ocorra, basta o bom manuseio. O fato de ficarem alinhadas facilita não

somente o transporte, mas também todo o processo de fiação desde seu início, garantindo a qualidade dos fios produzidos.

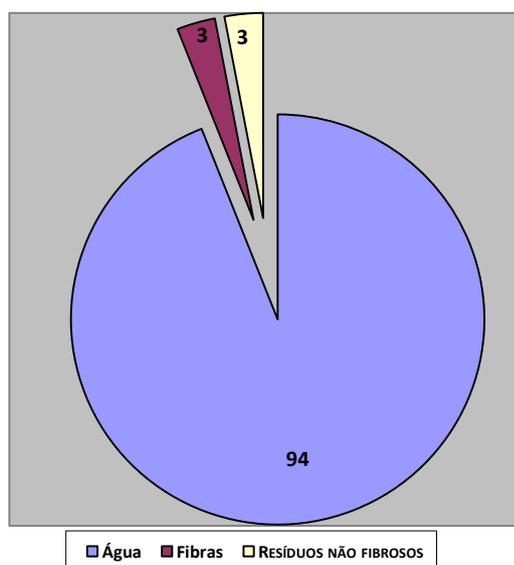
Figura 4 - Fibras de Bananeira



Fonte: O autor (2014)

O gráfico 1 apresenta a quantidade de água, fibras e resíduos que saem no processo de extração, ou seja, após o caule submetido ao processo, as matérias prima resultante foram estas três e no percentual descrito no gráfico.

Gráfico 1 - Composição do caule em percentual de água, fibras e resíduos não fibrosos



Fonte: O autor (2014)

Pode-se perceber que a quantidade de água no caule da bananeira é muito grande, representando um total de aproximadamente 94 % do peso total, restando neste caso em torno de 3 % de fibra seca e 3 % de resíduos não fibrosos. Esta água e os resíduos não fibrosos, a princípio, não têm utilidade para indústria, podendo ser utilizada apenas como fertilizante para o solo, o que para os produtores de banana é uma aplicação bastante útil, pois os caules que ficam jogados nas plantações demoram muito tempo para se degradar. Neste caso, este material seria muito mais eficaz para melhoramento do solo.

3 CARACTERIZAÇÕES DAS FIBRAS DE BANANA E COMPARATIVOS COM JUTA E SISAL

As fibras naturais têm cinco componentes básicos: celulose, hemicelulose, pectina, lignina e extrativos (gorduras, proteínas e sais inorgânicos). A celulose (40 a 90 % da massa da fibra) é responsável pela resistência devido ao seu alto grau de polimerização e orientação molecular (ALBINANTE et. al., 2012).

A tabela 1 apresenta os 4 componentes que mais aparecem nas fibras de bananeira, assim como no sisal e na juta com o objetivo de fazer uma comparação entre as três fibras.

Tabela 1 - Composição das fibras de bananeira

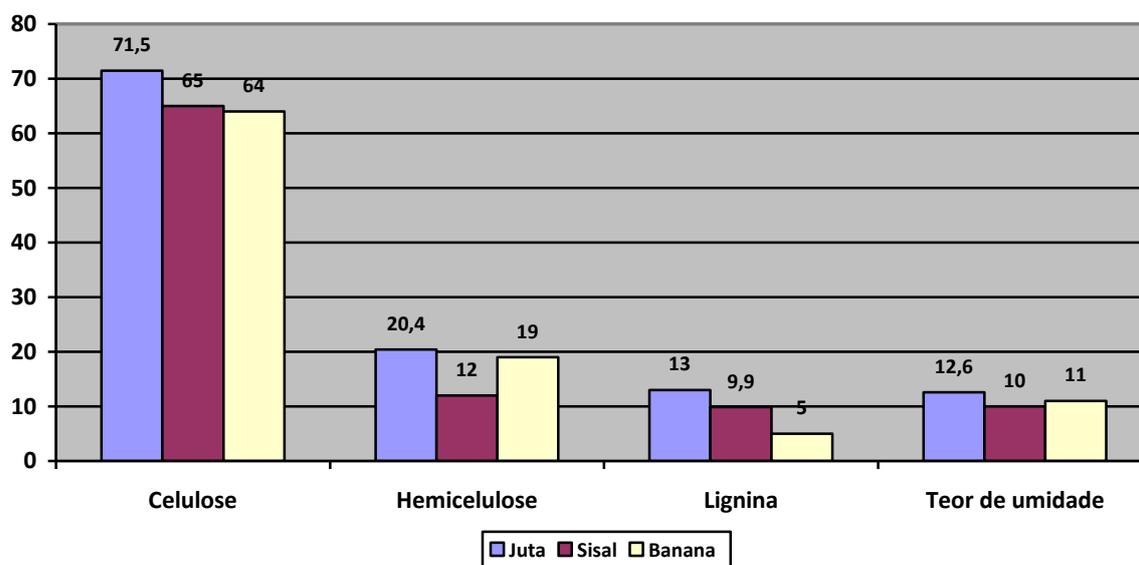
Propriedades	Valores em % da fibra de juta	Valores em % da fibra de sisal	Valores em %da fibra de bananeira
Celulose	71,5	65	63-64
Hemicelulose	20,4	12	19
Lignina	13	9,9	5
Teor de umidade	12,6	10	10-11

Fonte: Idícula (2005); Bledzki e Gassan, (1999); Bisanda, (2000)

A quantidade de celulose, hemicelulose, lignina e umidade, compostos encontrados em todas das fibras naturais, variam de acordo com as características de cada uma delas com relação a região, clima, forma de cultivo, entre outras. O gráfico 2 apresenta o percentual destas substâncias contidas nas fibras de juta, sisal e bananeira.

O objetivo do gráfico é evidenciar estas característica e fazer uma correlação entre as três fibras aqui estudadas, mostrando as principais diferenças entre elas em termos de quantidade de cada um destes materiais.

Gráfico 2 - Gráfico comparativo das propriedades das fibras de juta, sisal e bananeira.



Fonte: O autor (2014)

A celulose é o material de biomassa mais abundante na natureza e apresenta diversas formas de aplicação. Oferece grandes oportunidades para desenvolver novos materiais compósitos devido a propriedades como baixa densidade, biodegradabilidade, reciclabilidade, renovabilidade, baixo custo e nível de poluição inferior durante sua produção (LU, ASKELAND & DRZAL, 2008 apud OLIVEIRA et. al., 2014).

Analisando as informações, chega-se à conclusão de que, em termos de percentual de celulose, as três fibras apresentam praticamente o mesmo resultado, o que não é surpresa pois são três fibras naturais com alguma semelhança entre elas.

Existem algumas características que diferem os três tipos de fibras que são importantes para a elaboração do produto final a ser desenvolvido. São estas características apresentadas que orientam quanto ao melhor ou pior tipo de fibra de acordo com sua funcionalidade.

A tabela 2 apresenta as fibras de juta, sisal e bananeira quanto a resistência, percentual de alongamento até a ruptura, diâmetro e comprimento das fibras.

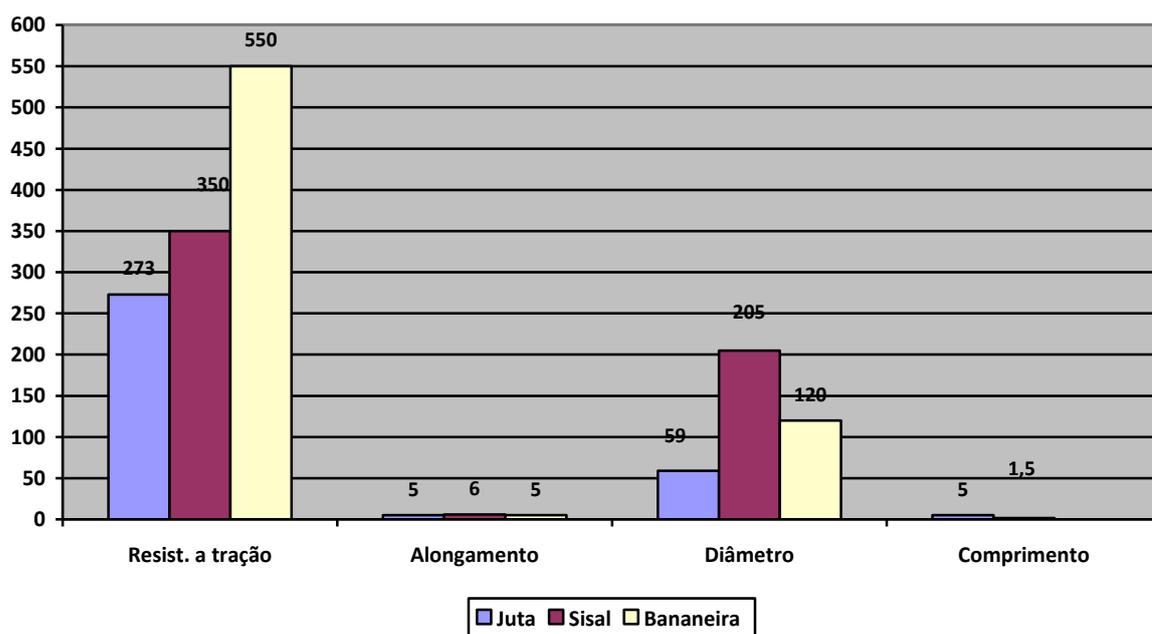
Tabela 2 - Principais propriedades das fibras de bananeira.

Características	Fibras de juta	Fibras de sisal	Fibras de bananeira
Resistência à tração (MPa)	273	350 ± 7	550 ± 6,7
Alongamento %	5-7	6-7	5-6
Diâmetro µm	59,39	205 ± 4.3	120 ± 5.8
Comprimento das fibras	Até 5 metros	0,5 a 1,5	2 a 3 metros

Fonte: Idícula (2005); (Indira (2013); Idícula (2005); Pereira (2012); Pires et. al. (2012)

Após realizados os estudos nos três tipos de fibras, os valores foram inseridos no gráfico para melhor compreensão e para facilitar a análise dos resultados. No gráfico 3 pode-se verificar a resistência das fibras em MPa, o percentual de alongamento até se romperem em percentual, o diâmetro das fibras analisados em micrometro e por fim o comprimento destas fibras em metros.

Gráfico 3 - Comparativo entre as principais propriedades das fibras de juta, sisa e bananeira

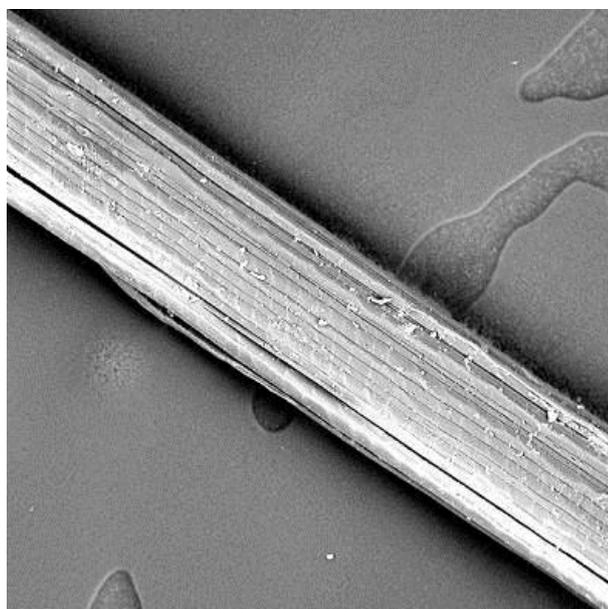


Fonte: O autor (2014)

Dentre os testes realizados, as fibras de bananeira apresentam uma resistência superior às outras fibras analisadas, sendo esta uma das mais importantes características para fabricação de fios. O diâmetro da fibra também é outra propriedade que requer atenção, pois quando muito grossa atrapalha o processo de fiação e não possibilita a produção de fios mais finos. Neste caso a fibra de bananeira está entre a juta e o sisal, ou seja, é mais fina que o sisal e mais grossa que a juta.

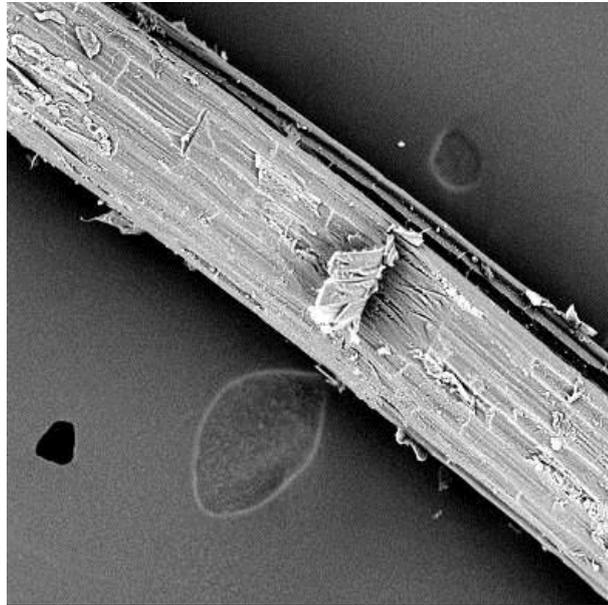
Visualizando-se as fotos retiradas em microscópio eletrônico de varredura, pode-se perceber que existe uma diferença entre os três tipos de fibras onde a juta se apresenta com uma melhor uniformidade, sendo uma fibra sem muitas imperfeições como mostra a figura 5. Já na figura 6 aparece a fibra de sisal que apresenta algumas imperfeições em sua extensão e na figura 7 a fibra de bananeira que aparentemente apresenta uma superfície mais seca, mesmo tendo certa uniformidade.

Figura 5 - Fibra de juta



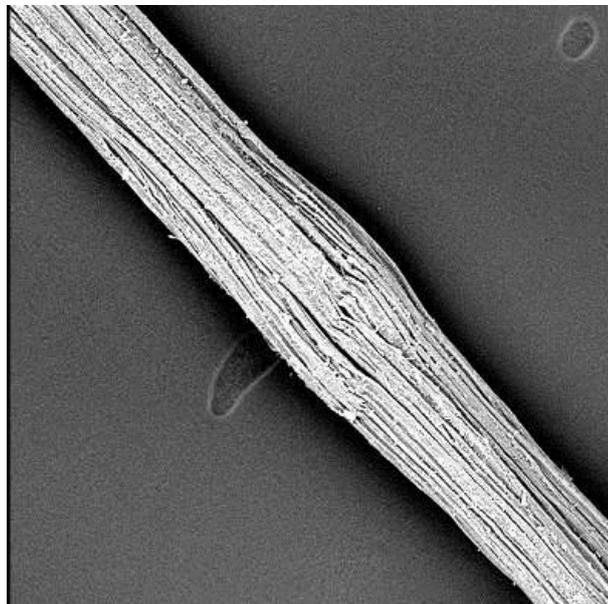
Fonte: O autor (2014)

Figura 6 - Fibra de sisal



Fonte: O autor (2014)

Figura 7 - Fibra de bananeira



Fonte: O autor (2014)

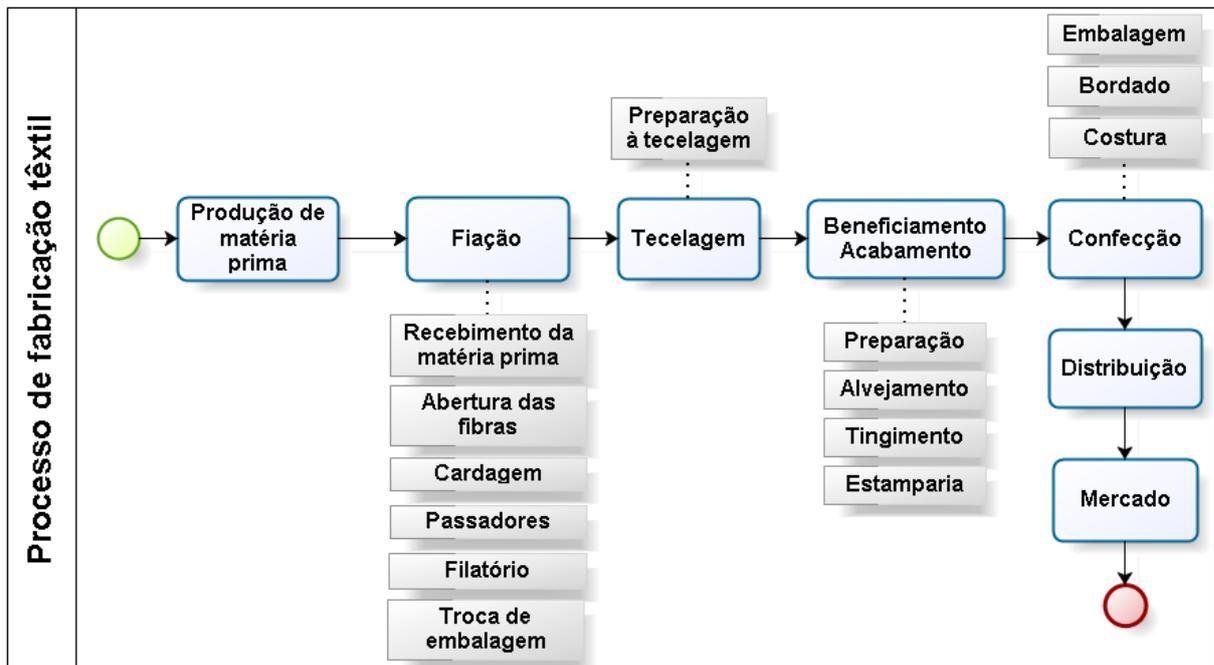
Desta forma, pode-se perceber que a fibra de juta apresenta uma melhor uniformidade, sendo esta a melhor para utilização na indústria têxtil. Logo após as fibras de bananeira e por último o sisal pelo fato de apresentar em sua superfície as irregularidades observadas.

4 PROCESSO DE FIAÇÃO

Antes de entrar no processo de fiação é importante conhecer a cadeia têxtil e onde entra a fiação e a tecelagem que são partes primordiais de todo o processo de transformação das fibras em fios e tecidos. As etapas de um processo têxtil vão desde a produção de matéria prima até a confecção, distribuição e comercialização dos tecidos. A figura 08 apresenta todas estas etapas e como são constituídas.

A cadeia têxtil tem seu processo iniciado pela escolha da matéria prima a ser transformada, a fim de que se tornem produtos passíveis de serem consumidos. Esta possui uma linha verticalizada e complexa, abrangendo desde o cultivo de fibras, até sua inserção no mercado (FERREIRA, 2009).

Figura 8 - Funcionamento da cadeia têxtil desde o recebimento da matéria prima até o mercado



Fonte: Adaptado de PROVENZANO, 2014.

Destas etapas será dada ênfase à fiação e à tecelagem que são partes fundamentais do processo para produção dos fios e tecidos.

Costa (2005) define fiação como a etapa constituída da manipulação da matéria-prima "natural, artificial ou sintética", até a bobinagem do fio. Inclui tarefas com abridores de fardos, batedores, misturadores, alimentadores, cardas,

passadores, penteadeiras, maçaroqueiras, filatórios, bobinadeiras “conicaleiras” e retorcedeiras. O produto final de uma fiação é sempre o fio cru, enrolado em cone.

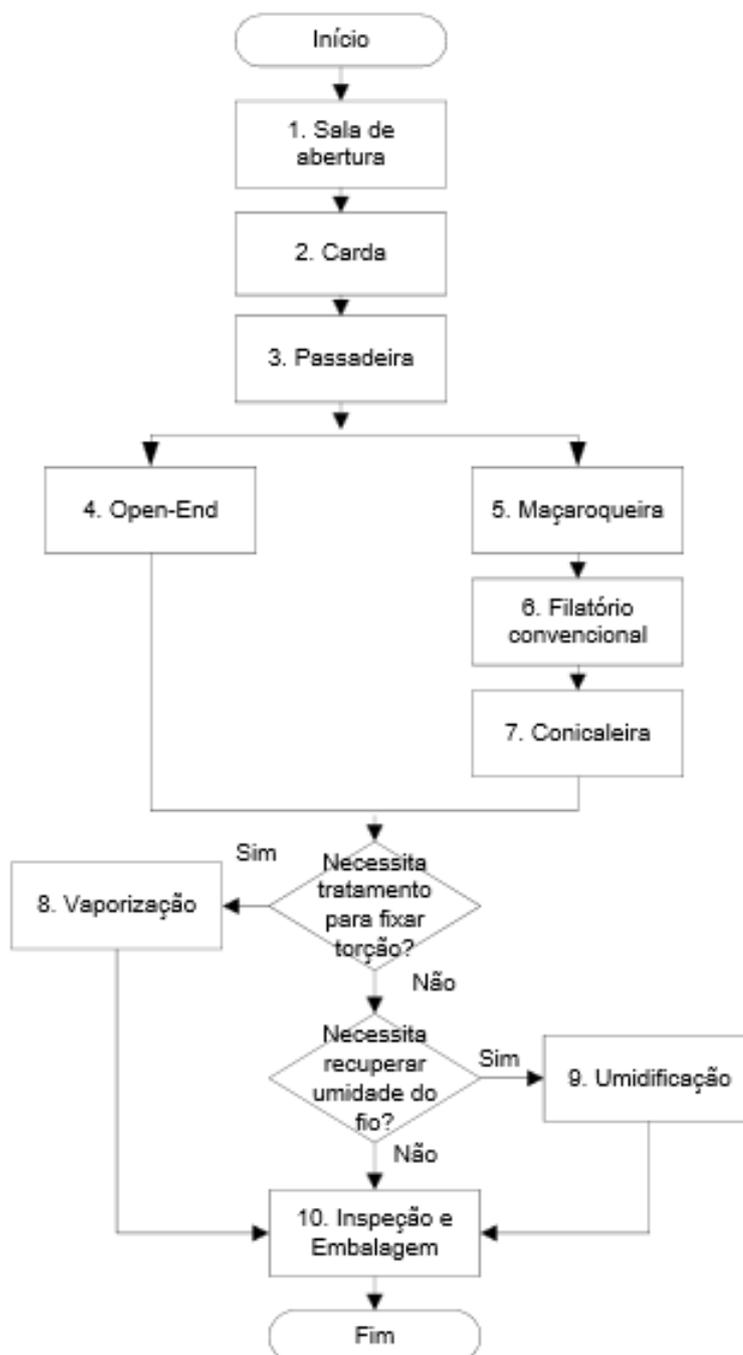
A fiação é o processo de conversão de grandes quantidades de fibras individuais em seu estado não ordenado em um produto linear, de forma ordenada e de comprimento muito grande, com dispositivos e máquinas apropriadas, ou seja, é a manufatura de fibras em fios têxteis (ANTONELLI, 2007).

O processo de fiação é iniciado com a limpeza e abertura das fibras. Esta limpeza é importante para homogeneizar as fibras na formação do fio. Após a limpeza as fibras são unidas, formando uma fita. Essa fita é inserida nas máquinas de fiação onde é torcida, gerando resistência e alongamento no fio. Este fio é armazenado em bobinas que são utilizadas no restante do processo. A resistência e o alongamento são as características do fio mais importantes para a tecelagem (SOUSA, 2012).

Sobre o processo, na fiação as operações são realizadas visando transformar qualquer fibra em fio, seja ela natural, sintética ou artificial. Tais operações promovem estiragem e paralelização das fibras, que se encontram amarfanhadas, para obter um fio com título, torção e estiragem desejada (GALO, et. al. 2014).

Na figura 9 pode-se observar o fluxograma de um processo de fiação convencional, inclusive apontando os dois principais tipos de fiação que são *open-end* e fiação anel ou convencional. A matéria prima entra no processo, e ao final saem os fios prontos e já colocados em bobinas para uso no processo posterior de tecelagem. Até a etapa 7 da figura 9 que é a conicaleira já tem-se os fios prontos e colocados nas bobinas para uso. Neste caso foram adicionadas algumas etapas a mais que servem para garantir a qualidade dos fios.

Figura 9 - Processo de fabricação têxtil segundo (VOLPATO, 2011)



Fonte: VOLPATO, 2011

A fiação é a primeira fase da cadeia têxtil e se dá a partir de uma porção de fibras naturais ou químicas, até chegar ao fio. Isto exige um processamento em equipamentos diversos, cada um com uma finalidade específica.

4.1 FIAÇÃO DE JUTA

As plantas de juta crescem de 1,8 a 3,7 metros. Os caules são colhidos rapidamente antes da floração. Eles são mercerizados por imersão em água durante um período que varia de 12 a 25 dias. Depois, as fibras são separadas do caule manualmente. A operação, às vezes, é feita com sovas com martelos de madeira para quebrar as células lenhosas. Depois, mais à frente, a juta é lavada, secada e empacotada em fardos para entregar para fábricas de fiação (BEZERRA et. al., 2003).

Originária da Índia, a “*Corchorus Capsularis*” ou juta é uma fibra vegetal resistente parecida com o barbante, totalmente ecológica. Proveniente da família das tiliáceas, sua planta, uma erva lenhosa, pode alcançar altura de 3 a 4 metros e o seu talo a espessura de aproximadamente 20 mm, crescendo em climas úmidos e tropicais (PIRES, 2012). A figura 10 mostra inicialmente às folhas planta de juta e uma plantação onde vários caules aparecem lado a lado.

Figura 10 - Planta de juta



Fonte: Almeida (2012).

O processo de extração é manual, ficando os caules imersos em água para que as cascas das plantas possam ser retiradas, deixando somente as fibras que estão no exterior do caule. Existem alguns estudos para otimizar este processo, mas ainda sem grandes sucessos, pois tem-se sempre que ter muito cuidado para não quebrar (romper) as fibras. A operação de desfibramento é de extrema simplicidade, ficam apenas sujeitas à prática e habilidade dos camponeses. No entanto para os próprios camponeses é uma das operações mais difíceis, pois ficam praticamente 12

horas por dia dentro d'água fazendo o desfibramento, sujeitos a picadas de cobras, arraias e ainda adquirem dores reumáticas (PAIVA, 2008).

A juta requer para a sua cardagem de duas ações consecutivas que são a abertura e carda acabadora que fazem a preparação para o processo. Depois de cardada a juta passa para ser unida, e logo é levado à máquina estiradora para estender a mecha e posteriormente na carda fina. Logo após a mecha passa aos fusos, que as enrola em carretéis para melhor adaptação à máquina de fiar. A fiação é feita a seco. A juta cardada destina-se à elaboração de fios grossos.

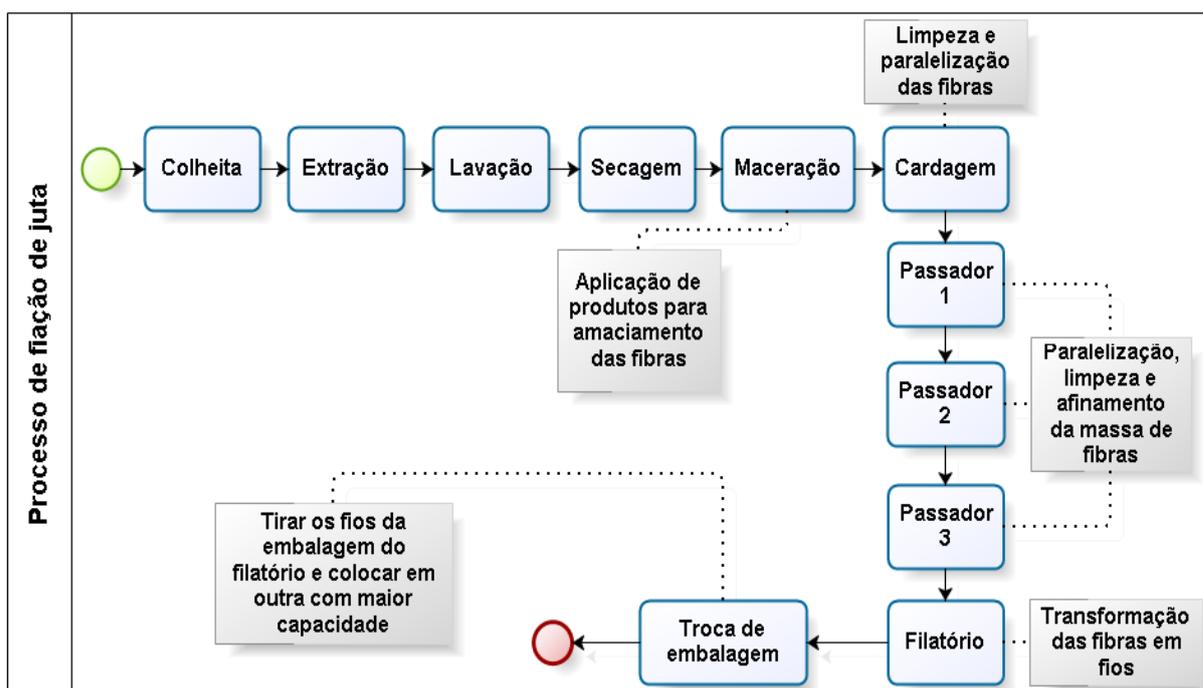
Para ser retorcido usa-se uma máquina de retorcer comum, mas por se tratar de fios grossos recorre-se à uma máquina especial. Finalmente os fios de juta são colocados em bobinas cilíndricas (CRYSOSTOMO, 2014).

A figura 11 apresenta o fluxograma para produção de fios de juta desde sua extração até o fio pronto. Neste caso já é um processo muito mais elaborado e os fios produzidos são um pouco mais refinados que outras fibras como por exemplo o sisal.

O processo de produção de fios, também chamado de fiação, compreende diversas operações por meio das quais as fibras são abertas, limpas e orientadas em uma mesma direção, paralelizadas e torcidas de modo a se prenderem umas às outras por atrito. Entre estas operações temos: abertura e separação das fibras, limpeza, paralelização parcial e limpeza, limpeza e paralelização final, regularização, afinamento, torção e embalagem (PEREIRA, 2002).

Conforme citado, as fibras têm que ter uma preparação para que possam ser inseridas no processo e para que sua transformação em fios seja mais fácil e eficaz, fazendo com que os fios tenham a qualidade desejada para sua transformação em tecidos. Uma boa preparação é sinal de qualidade no produto final.

Figura 11 - Fluxograma para fiação de juta



Fonte : O autor (2014)

O processo como um todo inicia com a colheita da fibra ao realizar o corte das plantas. Feito isso são imersas em água para que as partes não fibrosas possam ser retiradas e as fibras lavadas para a retirada das sujeiras que geram um inconveniente no processo de fiação, interferindo diretamente na qualidade do produto.

Após serem secas as fibras já entram no processo de fiação que inicia com a maceração, onde há a aplicação de produto para amaciamento das fibras. Aplicado o produto, as fibras ficam em torno de 96 horas em ambiente fechado para a eficácia deste maceração.

Nas cardas, as fibras que estão totalmente desordenadas são alinhadas e limpas, dando sequência neste alinhamento nos passadores que além desta função fazem o afinamento da massa de fibras até que tenham uma massa ideal para entrar no filatório que é onde a maior transformação acontece. Nos filatórios entra a massa de fibras alinhadas onde é aplicada a torção fazendo a transformação em fios.

Os fios prontos são transferidos das embalagens que saem dos filatórios para outras que tem a capacidade de acondicionar uma metragem maior de fios, evitando paradas no processo subsequente que é a tecelagem.

4.2 FIAÇÃO DE SISAL

O Brasil é o maior produtor mundial de sisal e sua produção em 2011 foi de 111.200 toneladas de acordo com a FAO (*Food and Agriculture Organization*) (FAO, 2012).

Além do Brasil, produzem a fibra de sisal, a China, Tanzânia, Quênia, México e outros países em pequenas quantidades.

A transformação das fibras de sisal em fios inicia-se com a extração deste material. Após isso, recebem os tratamentos adequados e são colocadas nas máquinas que compõem este tipo de fiação.

A primeira etapa do processo de colheita do sisal consiste no corte periódico de determinado número de folhas da planta, por meio de um instrumento adequado.

Classificam-se no grupo de fibras chamadas estruturais, cuja função é a de dar sustentação e rigidez às folhas. São extraídas das folhas por um processo que utiliza uma desfibradora, e cada fibra é constituída por uma centena de fibras elementares ligadas entre si. Cada folha de sisal contém em média 4 % em peso de fibras, 81 % de líquido e 15 % de resíduos de desfibragem que podem ser utilizados como adubo orgânico e ração animal (VASCO, 2015).

A figura 13 mostra a planta de sisal e o porquê estas fibras tem que dar sustentação as folhas.

Figura 12 - Planta de sisal



Fonte: Izquierdi e Ramalho (2014)

É possível realizar-se o primeiro corte aproximadamente aos 36 meses após a data de plantio, em lugar definitivo, podendo-se colher de 50 a 60 folhas, das quais 30 a 40 % são curtas e impróprias para a produção. Nas colheitas subsequentes, são retiradas cerca de 30 folhas. O ciclo da planta dura em média 8 a 10 anos (SILVA et. al., 2008) O processo de extração da fibra é feito por esmagamento e raspagem mecânica para remoção da polpa e posterior secagem (CANTALINO e TORRES, 2014).

Praticamente toda a produção de sisal no Brasil é feita com a desfibradora conhecida como “paraibana” do tipo itinerante e de baixa capacidade de processamento, de alimentação manual, onde todo o resíduo da extração é descartado no campo.

Conforme Cantalino e Torres (2014) o processo de extração da fibra é feito por esmagamento e raspagem mecânica para remoção da polpa e posterior secagem. No Brasil, a extração da fibra teve início com o uso de um instrumento rudimentar chamado farracho ou alicate, baseado na raspagem da folha para a remoção da polpa com lâminas de ferro (SILVA & BELTRÃO, 1999). Com o aumento da área plantada foram desenvolvidos os rotores raspadores que deram origem à desfibradora “paraibana”, utilizada até hoje. A folha de sisal contém cerca de 4 % de fibra longa extraível e a polpa restante (96 %) é constituída de fibra curta residual (bucha de campo), da mucilagem e do suco.

Este trabalho é totalmente manual e ainda oferece riscos para o operador, apesar de algumas modificações terem sido introduzidas para a melhoria de sua segurança.

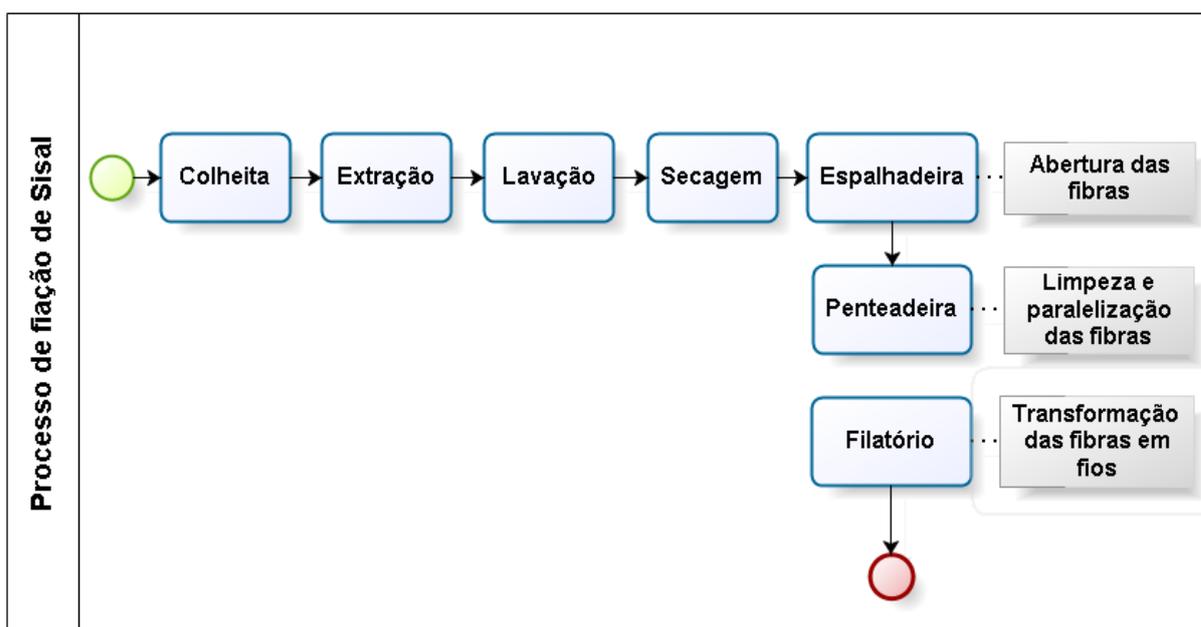
Os equipamentos utilizados para a extração da fibra de sisal são também utilizados para a extração de outras fibras vegetais, dentre as quais são incluídas as fibras do cânhamo, abacá, juta e correlatas (CANTALINO E TORRES, 2014).

Na primeira etapa da industrialização do processo utilizam-se dois tipos de máquina: as "espalhadeiras" e as "penteadeiras". O processo inicia-se nas máquinas espalhadeiras, e tem a finalidade de pentear, estirar e arrumar as fibras por meio de esteiras dotadas de agulhas, formando mechas com fibras paralelizadas, arrumadas em forma de rolo padronizado e regular, medindo aproximadamente 150 m de comprimento e peso ao redor de 90 kg.

Os rolos alimentam as "passadeiras" e têm a função de promover a "estiragem" das fibras, através de engrenagens, tornando as mechas da fibra ainda mais padronizadas e regulares. Nessas máquinas são produzidos tambores individuais com peso de 40 kg que irão alimentar a fiadeira. (SILVA et. al., 2008).

A figura 14 apresenta o fluxograma de produção dos fios se sisal, onde se pode perceber que é um processo mais simples do que a juta e a bananeira, e para isso são necessários um número bastante reduzido de equipamentos.

Figura 13 - Fluxograma para produção de fios de sisal



Fonte: O autor (2014)

Pode-se perceber que em comparação com os outros dois tipos de processamento de fibras, o de sisal é o que tem menor número de máquinas, o tornando mais simples. Depois de extraídas, as fibras têm que ser paralelizadas tornando-se aptas para a transformação em fios. Após realizado toda a limpeza e paralelização é aplicado uma torção a massa de fibras as transformando em fios têxteis.

4.3 FIAÇÃO DE BANANEIRA

O processo de fiação testado para esta produção foi o mesmo empregado para a juta, pois se assemelha mais a este tipo de fibras com relação ao seu diâmetro e comprimento.

Antes de chegar a essa conclusão foram realizados estudos e identificados vários tipos de processos diferentes de fiação, mas que ao serem testados percebeu-se que não atenderiam a necessidade para este tipo de fibra. Até que se chegou à fiação de juta que por sua similaridade, os equipamentos usam princípios para funcionamento que poderiam atender esta demanda.

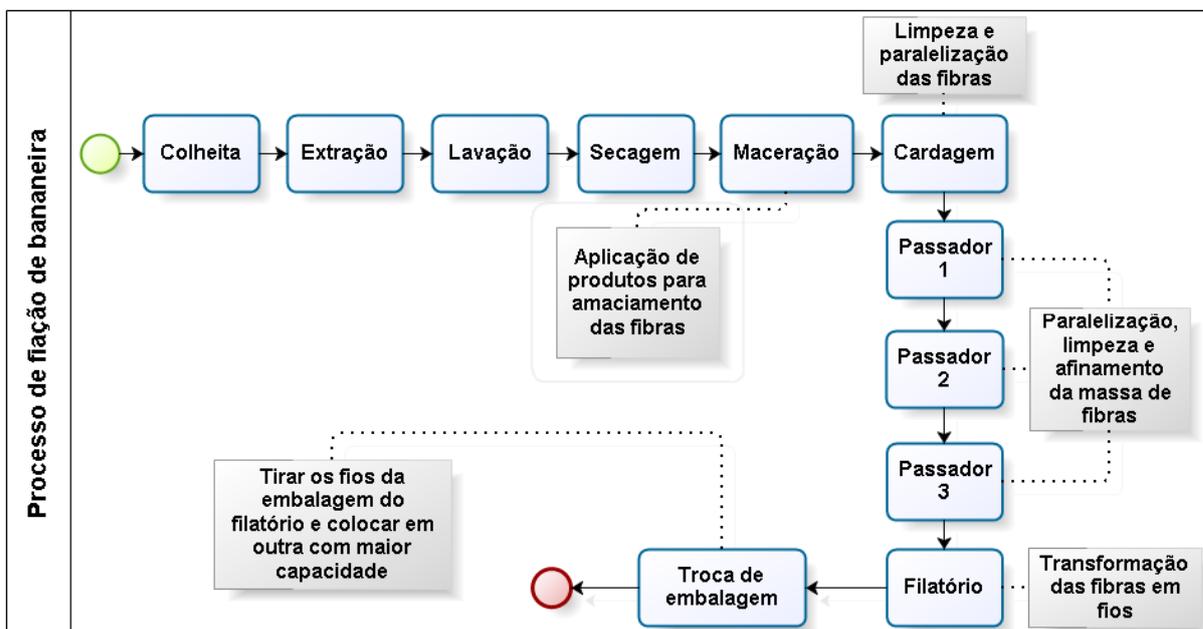
Percebendo isso, os estudos foram aprofundados e foi realizada uma visita para estudo em uma fiação de juta de grande porte no estado Pará, localizada na cidade de Castanhal. Cada etapa do processo foi verificada, desde o recebimento da matéria prima até o produto final, neste caso fios e tecidos de juta.

Com o resultado deste estudo, veio a necessidade de conseguir compor uma determinada quantidade de fibras para daí então poder realizar os testes práticos já com as fibras de bananeira. Após alguns meses e agora com aproximadamente 60 kg de fibras em mãos os testes iniciaram na mesma empresa que abriu suas portas e se demonstrou totalmente interessada neste tipo de fibra que por sua vez poderia atender parte de sua produção com produtos diferenciados.

O processo iniciou com a extração da matéria prima que vai desde a colheita até a lavagem, sendo que neste caso por conta do tempo as fibras não passaram pelo processo de maceração, mas percebeu-se que é de fundamental importância para o bom andamento no processo bem como para a qualidade do produto final, o fio. Após as fibras passaram pelas cardas, passadores, filatório e conicaleiras para troca de embalagens. Cada etapa deste processo, será melhor descrita e explicada no decorrer do texto.

Todo o processo é composto por equipamentos específicos onde o produto de saída de um processo será a matéria prima de entrada do seguinte. Por exemplo, o material que é feito pela carda sai em rolos que irá alimentar passador. O passador por sua vez transforma a matéria prima em fitas com um volume menor para alimentar os filatório e assim sucessivamente até o fio chegar na embalagem final. A figura 15 mostra todas as etapas que a matéria prima passa até se tornar fio têxtil.

Figura 14 – Fluxograma do processo de fiação ideal para fiar fibras de bananeira



Fonte: O aultor (2014)

Para a produção dos fios com as fibras de bananeira, todo o processo se inicia com a colheita da banana, onde os caules são cortados e descartados em meio à plantação. Com a possibilidade de transformação em fios, estes são aproveitados e colocados nas máquinas para extração das fibras, onde todo o restante do material é eliminado, ficando apenas as fibras úmidas que são postas para secar.

Após a extração as fibras já secas entram no processo de fiação que se inicia com a cardagem que é responsável por alinhar e fazer a limpeza, seguindo para o processo de maceração onde a matéria prima entra seca e sai com certa maciez que facilita sua transformação em fios e também deixa estes mais resistentes e com uma melhor visualização. Após a maceração, entram nos passadores que alinham as fibras e vão aos poucos afinando esta massa de tal forma que possam chegar ao filatório que é onde acontece de fato a transformação, ou seja, até o filatório temos apenas a massa de fibras alinhadas e no filatório é aplicada torção que é o que caracteriza estes tipos de fios.

4.3.1 Abertura das fibras

O processo de fiação inicia com a abertura das fibras, pois ao serem extraídas estas se apresentam com um percentual de umidade bastante elevado, a vista a grande quantidade de água que está no interior do caule. Ao secar estas fibras ficam coladas umas às outras e isso dificulta o processo. Sendo assim é necessária a realização da abertura para o início do processo de fiação. A figura 16 apresenta a forma que as fibras chegam ao processo para iniciar sua transformação. Por conta de questões logísticas, é importante que ocupem o menor espaço possível, tendo que ser prensadas, onde adquirem a forma apresentada na figura.

Figura 15 - Fardo de fibras de bananeira



Fonte: O autor (2014)

Ao chegar à fiação os fardos têm que ser abertos, pois o maquinário utilizado não consegue processar desta forma. Sendo assim é necessário realizar a abertura destes, não sendo ainda o suficiente para iniciar os trabalhos.

A máquina apresentada na figura 17 é popularmente conhecida como cardinha que tem justamente esta finalidade de realizar esta abertura fazendo que as fibras tenham as características mínimas possíveis para serem transformadas, alinhadas e transformadas em fio.

Na fiação de juta este equipamento é usado somente para reaproveitamento de restos de fibras no processo, pois as fibras estão mais soltas e podem ser

colocadas já diretamente no processo de fiação. Sendo assim, a preparação para as fibras de bananeira difere do início do processo de juta.

Figura 16 - Processo de abertura das fibras



Fonte: O autor 2014

Toda esta preparação e classificação são fundamentais para a qualidade dos fios e até mesmo para que as fibras possam ser transformadas.

A classificação é o processo de avaliação de qualidade das fibras, por meio de amostras retiradas de cada fardo, e considera parâmetros como comprimento, grau de limpeza, cor e resistência, entre outros (SOUZA, 1999).

Nesta preparação e classificação já é direcionado o tipo de fio que se pode produzir e também se os mesmos atenderão qualitativamente às necessidades do processo subsequente à fiação que é a tecelagem.

Após passar pela cardinha, as fibras abertas criam um emaranhado de matéria prima que tem que ser desfeito para daí então se conseguir transformar em fios têxteis.

A figura 18 mostra como as fibras saem do equipamento após serem abertas e como elas entram no processo seguinte de cardagem.

Sem esta preparação, percebeu-se que as fibras ficam impossibilitadas de serem processadas, pois a carda que é a máquina subsequente não conseguiria

abrir esta matéria prima que apresenta uma resistência bastante elevada e grande aderência entre uma fibra.

Figura 17 – Fibras de bananeira abertas



Fonte: O autor (2014)

4.3.2 Cardagem

O processo de cardagem é o mais importante em qualquer tipo de fiação de fios têxteis. É nele que acontece a maior transformação e limpeza da matéria prima, pois as fibras que estão totalmente desorganizadas são paralelizadas fazendo com que seja possível sua transformação em fios têxteis.

As cardas têm a função de abrir, limpar, paralelizar e estirar as fibras. No processo de cardagem, as fibras são transformadas em véu e em seguida em cabo (corda) através da estiragem. O produto final das cardas é o cabo depositado dentro de um recipiente (VOLPATO, 2011).

Conforme o autor é na cardagem que também acontece a limpeza das fibras, retirando todas as impurezas que são altamente prejudiciais em todas as etapas do processo e fundamentalmente importantes para a qualidade do produto final. Na estiragem acontece o afinamento da massa de fibras. Com este afinamento em toda extensão da máquina a matéria prima fica com uma massa muito fina e por isso é chamada de véu de carda. As figuras 19 e 21 apresentam a forma que as fibras

entram nas cardas e a forma que saem. Na saída o véu de que carda, que é uma camada muito fina, é condensada e colocada em forma de rolos para facilitar o processo seguinte.

Figura 18 - Fibras prontas para cardagem



Fonte: O aultor (2014)

A carda para este tipo de processo é um equipamento robusto que ocupa bastante espaço no *lay out* de uma fiação, e por isso é muito importante que sua produção seja elevada, de forma que poucos equipamentos pudessem atender grande demanda de produção.

Para a transformação das fibras de bananeira, não pode ser usado uma carda convencional que tem um tamanho muito menor, pois acabam quebrando as fibras ao invés de processá-las de fato, transformando a matéria prima em uma camada fina e paralelizada, o véu de carda.

A figura 20 apresenta o equipamento usado para a transformação das fibras de bananeira, onde a matéria prima entra na parte frontal da máquina e sai totalmente processada em sua lateral, já acondicionada em rolo. Este rolo alimenta as máquinas seguintes, ou seja, o passador.

Figura 19 - Carda onde foi realizado o processamento das fibras



Fonte: O autor (2014)

Nesta etapa de processamento não foi necessário alteração no equipamento, tão pouco na alimentação da matéria prima, pois quando entram na máquina as fibras se comportaram de tal maneira que a transformação foi um sucesso.

A figura 21 mostra o rolo de fibras de bananeira processadas pelas cardas. Esta forma se dá pela necessidade de atendimento ao processo posterior do passador.

Figura 20 - Rolo de fibras já cardadas



Fonte: O autor (2014)

As fibras entram de forma totalmente desordenada e com um grau de impurezas elevado. Após passar na carda, estas fibras são paralelizadas e limpas tendo como produto de saída os rolos de fita de carda, conforme mostra a figura 21, que irá alimentar o processo subsequente.

4.3.3 Passadores

Depois de realizada a paralelização das fibras, há a necessidade de iniciar seu afinamento. Este se dá pela relação de velocidade periférica de entrada com relação à saída, ou seja, a velocidade de saída é muito maior que a de entrada. Para esse evento se dá o nome de “estiragem”.

Os passadores são máquinas que têm a finalidade de realizar a dublagem das fitas (uniformizar o peso/unidade de comprimento), paralelizar as fibras, homogeneizar as fibras, efetuar a estiragem na fita, retirando os ganchos oriundos do processo de cardagem e corrigir o título da fita. O produto final da passadeira é a fita acondicionada em vasos (latas) (VOLPATO, 2011).

Por meio de um sistema de estiragem, passadores recebem as fitas das cardas e promovem um afinamento programado e constante no material, até a obtenção de fitas com melhor uniformidade, por meio dos processos de estiragem e duplicação nos passadores. O produto de saída é a fita de passador (ABREU et. al., 2014)

Os passadores como cita o autor, realiza a dublagem que nada mais é do que a junção de várias fitas (figura 22) na entrada e na saída apenas uma com um volume muito menor (figura 24). Isso ocorre por conta da estiragem que acontece desde a entrada até a saída do material. Quando o autor fala que o passador serve também para reduzir os ganchos ocasionados na cardagem, se refere às fibras que acabam não tendo um alinhamento perfeito, e o passador corrige estas imperfeições.

Neste caso são feitas 3 passagens por estes equipamentos até que a massa de fibras tenha uma gramatura ideal para entrada na máquina seguinte.

Figura 21 - Material na entrada no passador



Fonte: O autor (2014)

A figura 23 mostra o momento que acontece a estiragem que é o afinamento da massa de fibras que ocorre por conta da diferença entre a velocidade periférica de entrada versus a velocidade periférica de saída, ou seja, o material entra com uma velocidade menor e é puxado na parte frontal da máquina, afinando e diminuindo o volume do material de saída.

Figura 22 - Passador onde as fibras foram processadas



Fonte: O autor (2014)

Nas figuras 22 e 24 essa diferença aparece com maior evidência, sendo que as fibras entram com o volume conforme figura 22 e saem com o volume conforme figura 24.

Figura 23 - Material na saída do passador



Fonte: O autor (2014)

Nesta parte do processo poucos ajustes tiveram que ser feitos para as fibras de bananeira, pois também atendeu de forma satisfatória a transformação do material da carda em fita de passador. Num primeiro momento as ondulações observadas na figura 24 estavam além de um limite e faziam com que as fibras se prendessem no processo seguinte de filatório, onde o fio é produzido.

Isso se faz necessário, pois é o que dá sustentação ao material. Sem isso se romperia com facilidade. Neste caso é um mal necessário e para as fibras de bananeira, foram reduzidas ao máximo estas ondulações, que desta forma atendeu satisfatoriamente a alimentação do filatório.

4.3.4 Filatório de anel

Filatórios de anéis utilizam o princípio tradicional de estiramento do pavio de algodão conjugado com uma torção no fio. Este é extremamente versátil, uma vez

que pode produzir fios de todos os títulos “espessura”, tendo incorporado avanços técnicos ao longo do tempo (AZEVEDO, 1997).

O filatório é onde a massa de fibras é transformada em fios, pois até o passador tem-se apenas as fibras alinhadas. Isso acontece com a aplicação da estiragem, pois como mostram as figuras 25 e 26, o material de entrada tem muito mais volume que o de saída.

Esta estiragem, assim como nos passadores, ocorre pela diferença entre a velocidade periférica de entrada com relação à saída, ou seja, a velocidade de saída é muito maior ocasionando o afinamento. Além disso, tem que haver um ponto de pinçagem, onde estas são presas para poder realizar a estiragem. Depois é aplicada a torção às fibras, transformando-as em fios. É a torção que dá a resistência, sendo esta a propriedade mais importante exigida para que o fio tenha a qualidade necessária para os processos subsequentes de tecelagem.

As figuras 25 e 26 apresentam a forma que as fibras entram no filatório e a forma que saem. Podemos perceber que na figura 25 não há a aplicação de torção e na figura 26 as fibras com aplicação da torção, ou o fio já pronto.

A figura 27 mostra um dos vários fusos do filatório e é neste local que acontece a transformação das fibras em fios.

Figura 24 - Fita de passador



Fonte: O autor (2014)

Figura 25 - Fio pronto



Fonte: O autor (2014)

Figura 26 - Fuso onde são transformadas as fibras em fios



Fonte: O autor (2014)

Antes de chegar ao fuso não há torção. Neste caso, não existe o fio e sim a massa de fibras de acordo com a espessura do fio a ser produzido. É nesta máquina e mais especificamente neste ponto que toda a transformação acontece. A massa de fibras é afinada através da estiragem e entregue aos fusos onde o fio gira em torno de seu próprio eixo aplicando a torção.

É importante salientar que sem torção não existem fios no caso das fibras de bananeira, juta e sisal.

Na fiação as fibras de bananeira num primeiro momento não estavam se aderindo e ao chegar ao fuso, figura 27 elas se desfaziam ao invés de se tornarem fio. Pode-se dizer que foi a fase de mais difícil adaptação, pois as fibras precisam de fatores de ordem técnica para se aderirem umas às outras e receberem a torção, formando desta forma o fio.

Depois de testes realizados, os fios começaram a ser produzidos. Para isso foi alterada a velocidade da máquina (RPM) e a quantidade de torções aplicada a cada metro de fio.

Feito estes dois ajustes o fio foi produzido normalmente, muito embora ainda com características a serem melhoradas, mas neste caso atendendo a necessidade para produção de fios para embalagens.

4.3.5 Troca de embalagem

Após o fio produzido há a necessidade de fazer uma troca de embalagens, pois as embalagens em que estes são acondicionadas no filatório têm uma capacidade muito pequena, o que impossibilita seu uso na tecelagem desta forma. Sendo assim, estes fios são transferidos para embalagens maiores que possibilitam o acúmulo de uma grande metragem de fios. Na tecelagem que é o processo subsequente à fiação, é extremamente importante que haja a menor quantidade de trocas possível e por isso a importância. A figura 28 mostra o carretel em que são armazenados os fios e a figura 29 uma embalagem pronta.

Figura 27 - Carretel onde são acondicionados os fios no filatório



Fonte: O autor (2014)

A conicaleira, que tem a finalidade de purgar o fio, ou seja, retirar os defeitos existentes (pontos finos e fracos, pontos grossos, neps ou fibras enroladas gerando um aglomerado e nós) e transferir o fio das espulas para o suporte de papelão (cones) formando as bobinas cônicas (produto final do sistema convencional). O cone terá formato, capacidade e tamanho mais adequados para uma operação posterior que se deseja realizar no cliente da tecelagem ou malharia. (VOLPATO, 2011).

Nesta etapa do processo, mesmo que os fios já estejam pronto tem-se alguns cuidados a serem tomados, pois não se trata simplesmente de transferir de uma embalagem para outra. O enrolamento deste fio tem que ser feito de tal forma que ao puxar na tecelagem ele solte com facilidade, evitando rupturas.

A capacidade da bobina de fio com relação a metragem depende de sua aplicação, porém via de regra pode-se dizer que quanto maior esta metragem, melhor para tecelagem.

Existem vários mecanismos para melhorar a qualidade dos fios, sendo estes instalados na conicaleira como por exemplo para cortar pontos finos e grossos, aglomerados de fibras e ainda para retirar o excesso de pilosidade que são fibras que ficam soltas envoltas ao fio.

Figura 28 - Embalagem com fio pronto



Fonte: O autor (2014)

4.4 TESTES DE QUALIDADE DOS FIOS

A qualidade é denominada um diferencial, se o cliente final recebe produtos de alta qualidade aliado a agilidade, conseqüentemente estes aspectos positivos gerarão maior valor ao produto perante o mercado. Podendo assim dizer que a qualidade impulsiona a produtividade (TIMENI, 2014).

Um dos aspectos de qualidade a ser observado com muita atenção é o diâmetro ou o título do fio.

Para determinar o diâmetro do fio é usado o sistema de titulação que nada mais é do que a massa que ele tem com relação a seu comprimento, portanto não se pode afirmar que um fio é mais grosso ou mais fino de acordo com sua titulação, pois dependendo o tipo de fibra pode-se ter diferenças de diâmetro para a mesma titulação. Isso na maioria das vezes não acontece, sendo que geralmente um fio mais grosso apresenta um número maior sendo este diâmetro diretamente proporcional no caso do sistema de titulação direta.

Caracteriza-se por comprimento constante e peso variável. O título é dado pela quantidade de pesos para um determinado comprimento. Neste sistema o título é diretamente proporcional ao diâmetro, ou seja, quanto maior o título mais grosso o fio. É empregado na titulação de fios de fibras sintéticas, artificiais e seda, mas também pode ser usado para fibras naturais. Hoje há a intenção de se unificar o sistema de titulação de fios têxteis para tex. Isso já está sendo usado em grande escala pelas indústrias.

Para se calcular o título de um fio é utilizada a fórmula, onde se tem uma constante que varia de acordo com o sistema de titulação empregado, o peso e o comprimento da amostra utilizada.

$$\text{Fórmula geral: } T = \frac{K \times P}{C}$$

Onde,

(1)

T = título

K = constante

P = peso

C = comprimento

O Sistema TEX foi desenvolvido pelo *The Textile Institute* (em Manchester, Inglaterra), sendo divulgado em 1945, com a finalidade de ser utilizado como um sistema universal de titulação. Ainda é pouco utilizado no mundo, apesar da maior parte dos países terem criado normas nacionais, considerando o Sistema TEX como oficial. Definição: o título tex é igual ao peso, em gramas, de 1.000 metros de fio, ou de qualquer outro material têxtil. Exemplo: Tex 16 = significa que 1.000 metros deste fio pesam 16 gramas.

Isto ocorre também no Brasil (NBR 8427), porém apenas as empresas produtoras de fibras químicas adotaram plenamente o sistema (utilizando o DTEX para titulação das fibras contínuas e descontínuas).

O TEX é um sistema bastante simples de se trabalhar, admitindo submúltiplos como o DECITEX (ou DTEX), cuja base é 1 grama por 10.000 metros, utilizado principalmente em filamentos, ou o MILITEX (ou MTEX) correspondendo a 1 grama

por 100.000 metros, utilizado na titulação de fibras individuais e admitindo também múltiplos como o QUILOTEX (ou KTEX) que é aplicado na titulação de cabos que apresentem maior massa por metro. O KTEX é o equivalente a 1 grama por metro.

Este sistema é baseado nas unidades internacionais, grama e metro, e foi criado para substituir todos os outros sistemas de titulação, padronizando o sistema de titulação, sendo, por isso, conhecido como Sistema Universal. Devido ao enraizamento dos outros sistemas de titulação nas indústrias, ele acabou sendo mais usado em fios artificiais e sintéticos, cuja criação é mais recente, como poliéster, nylon, polipropileno, rayon, viscose, acrílico e acetato.

Para cálculos dos títulos foram usadas uma amostragem de 20 metros de cada fio e usado o sistema de titulação Tex, sistema de titulação direta, ou seja, quanto maior o número maior é a massa por unidade de comprimento, ou maior é seu título.

A tabela 3 apresenta os resultados dos testes obtidos, sempre com 20 metros de comprimento, mostrando também o peso de cada amostra e o resultado final.

$$\text{Juta } T = \frac{K \times P}{C} = \frac{1000 \times 21,7537 \text{ g}}{20 \text{ m}} = 1.087,68$$

$$\text{Sisal } T = \frac{K \times P}{C} = \frac{1000 \times 42,8742 \text{ g}}{20 \text{ m}} = 2.143,71$$

$$\text{Bananeira } T = \frac{K \times P}{C} = \frac{1000 \times 13,3404 \text{ g}}{20 \text{ m}} = 667,02$$

Tabela 3 - Testes de titulação dos fios de juta, sisal e bananeira

Material	Comprimento	Peso (g)	Título (tex)
Juta	20	21,7537	1.087,68
Sisal	20	42,8742	2.143,71
Bananeira	20	13,3404	667,02

Fonte: O autor (2014)

As figuras 30 e 31 mostram os equipamentos necessários para realização de testes de titulação em fios, sendo que a figura 30 apresenta a meadeira que é

responsável em reunir determinada metragem de fios e a figura 31 a balança de precisão onde este fio é pesado.

Figura 29 - Meadeira



Fonte: O autor (2014)

Os fios são enrolados em uma tensão constante para que não haja disparidade nos resultados. A amostragem a ser coletada depende muito da quantidade de fios que se tem disponível, mas geralmente se usa 100 metros. É importante lembrar que quanto maior for a metragem desta amostra mais próximo do real serão os resultados, pois as diferenças que por ventura possam ocorrer na pesagem do material são diluídos a cada metro de fios pesado.

Figura 30 - Balança de precisão



Fonte: O autor (2014)

Depois de realizados os estudos com os equipamentos apresentados nas figuras 30 e 31, os resultados são inseridos na fórmula para obtenção do resultado da titulação. Feitas estas medições, os dados para serem inseridos na fórmula estarão disponíveis.

Após realizados os testes de titulação, os fios foram submetidos a testes de resistência para verificação de qual apresenta melhores resultados entre os três estudos. As tabelas 4, 5 e 6 apresentam a força máxima em newtons e kgf, ou seja, a força que os fios conseguem suportar até o momento de sua ruptura e também a deformação específica que é o quanto eles se alongam até o rompimento.

Este percentual também é uma propriedade muito importante, pois os fios têxteis têm que suportar grandes cargas de alongamento e atrito na tecelagem.

Foram usados 20 corpos de prova para cada fibra estudada.

Tabela 4 - Testes de resistência e alongamento dos fios de juta

Corpo de prova	Comprimento	Força Máxima (N)	Força máxima (kgf)	Def. Especif. (%)
01	500	171,0	17,4	1,8
02	500	161,5	16,5	1,8
03	500	186,2	19,0	2,1
04	500	156,4	15,9	1,8
05	500	191,5	19,5	2,3
06	500	148,0	15,1	1,8
07	500	172,7	17,6	1,7
08	500	164,6	16,8	1,7
09	500	190,8	19,5	2,0
10	500	151,8	15,5	1,9
11	500	165,5	16,9	2,0
12	500	136,9	14,0	1,6
13	500	175,7	17,8	1,6
14	500	161,7	16,5	1,7

15	500	174,2	17,8	1,9
16	500	151,6	15,5	1,7
17	500	166,8	17,0	1,7
18	500	162,4	16,6	1,7
19	500	180,4	18,4	1,8
20	500	165,3	16,9	1,8
21	500	193,0	19,7	1,9
22	500	150,6	15,4	1,7
23	500	182,6	18,6	1,9
24	500	208,1	21,2	1,9
25	500	146,3	14,9	1,6
Média	500	168,6	17,19	1,813
Desvio padrão	000	17,14	1,748	0,1693
Coef. Variação (%)	000	10,17	10,17	9,339
Mínimo	500	136,9	13,96	1,567
Máximo	500	208,1	21,22	2,269

Fonte: O autor (2014)

Tabela 5 - Testes de resistência e alongamento dos fios de sisal

Corpo de prova	Comprimento	Força Máxima (N)	Força máxima (kgf)	Def. Especif. (%)
01	500	607,0	61,9	2,4
02	500	508,1	51,8	2,2
03	500	454,0	46,3	2,3
04	500	449,7	45,9	2,2
05	500	349,8	35,7	1,9

06	500	327,4	33,4	1,8
07	500	640,2	65,3	2,3
08	500	346,7	35,4	1,9
09	500	437,6	44,6	2,3
10	500	681,6	69,5	2,4
11	500	422,0	43,0	2,0
12	500	580,6	59,2	2,3
13	500	607,5	61,9	2,5
14	500	506,7	51,7	2,2
15	500	416,7	42,5	2,2
16	500	555,8	56,7	2,2
17	500	387,6	39,5	2,1
18	500	363,6	37,1	1,9
19	500	432,9	44,1	1,9
20	500	607,7	62,0	2,4
21	500	791,3	80,7	2,7
22	500	662,8	67,6	2,6
23	500	425,3	42,4	2,0
24	500	710,3	72,4	2,4
25	500	824,8	84,1	2,7
Média	500	523,5	53,38	2,231
Desvio padrão	000	142,1	14,49	0,2374
Coef. Variação (%)	000	27,14	27,14	10,64
Mínimo	500	327,4	33,38	1,827
Máximo	500	824,8	84,11	2,658

Fonte: O autor (2014)

Tabela 6 - Testes de resistência e alongamento dos fios de bananeira

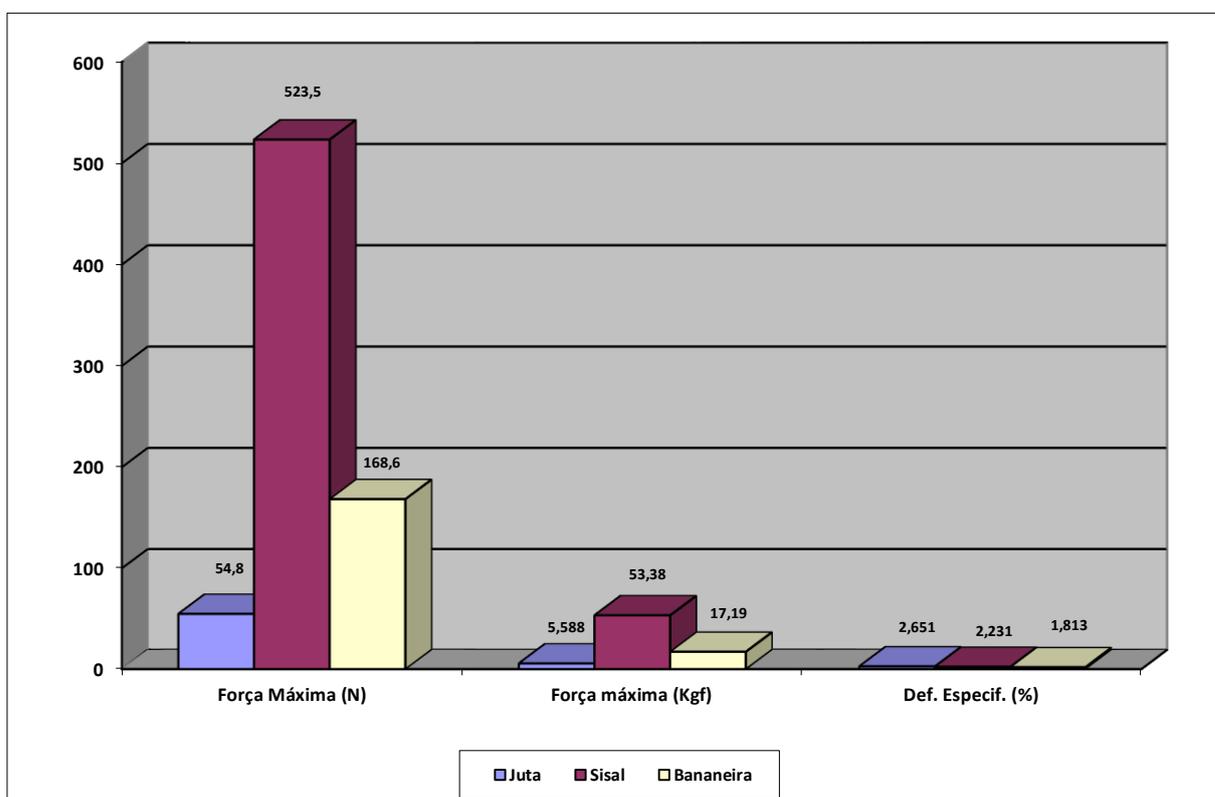
Corpo de prova	Comprimento	Força Máxima (N)	Força máxima (kgf)	Def. Especif. (%)
01	500	43,5	4,4	2,3
02	500	52,9	5,4	2,8
03	500	61,6	6,3	3,3
04	500	59,0	6,0	3,2
05	500	55,6	5,7	2,2
06	500	42,6	4,3	2,2
07	500	62,5	6,4	3,1
08	500	45,0	4,6	3,0
09	500	40,6	4,1	2,7
10	500	82,8	8,4	3,1
11	500	80,9	8,3	3,2
12	500	37,6	3,8	2,2
13	500	49,5	5,0	2,2
14	500	53,9	5,5	2,4
15	500	47,9	4,9	2,5
16	500	59,2	6,0	2,5
17	500	61,1	6,2	2,5
18	500	41,2	4,2	2,1
19	500	68,3	7,0	3,6
20	500	60,6	6,2	2,4
21	500	61,8	6,3	2,7
22	500	67,4	6,9	2,7
23	500	44,7	4,6	2,3

24	500	47,9	4,9	2,7
25	500	41,9	4,3	2,2
Média	500	54,8	5,588	2,651
Desvio padrão	000	12,12	1,236	0,4238
Coef. Variação (%)	000	22,11	22,11	15,99
Mínimo	500	37,65	3,839	2,065
Máximo	500	82,82	8,446	3,644

Fonte: O autor (2014)

Após apresentados os resultados nas tabelas acima, o gráfico 4 mostra com maior evidência os resultados em termos de resistência e alongamento das fibras de juta, sisal e bananeira.

Gráfico 4 - Comparativo das resistências e alongamentos das fibras de juta, sisal e bananeira



Fonte: O autor (2014)

Em termos de resistência tanto em newtons (N), quanto quilograma força (kgf), a fibra de sisal teve um resultado muito superior das demais, o que de fato já era esperado por se tratar de uma fibra mais grossa e neste caso a resistência é diretamente proporcional, ou seja, quanto mais grossa mais resistente será.

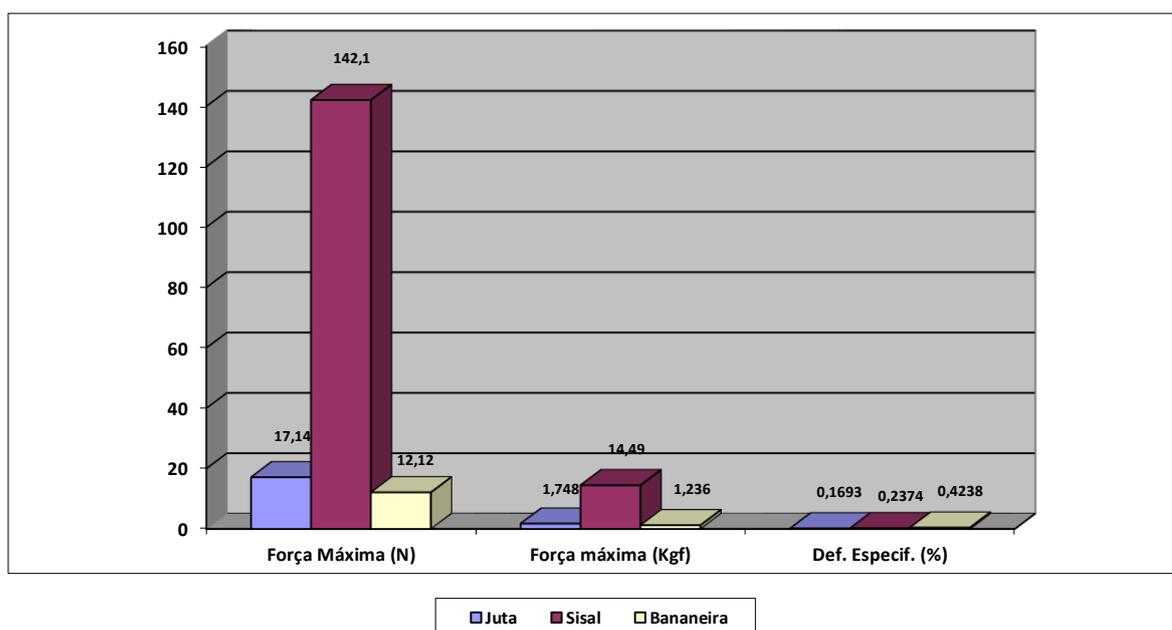
Com uma resistência bastante inferior aparece a fibra de bananeira e por último a juta que apresentam também uma espessura muito menor que o sisal. Em termos comparativos após analisados os resultados tem-se em primeiro lugar a fibra de sisal mais resistente e mais grossa, em segundo as fibras de bananeira com uma resistência média, mais grossa que a juta e mais fina que o sisal e por último então a juta menos resistente e mais fina.

O alongamento também é uma propriedade importante para as fibras que representa o quanto estas se alongam até o seu rompimento. Quanto maior este número melhor quando se fala em fios têxteis.

Desta forma os testes mostram que o sisal apresenta um alongamento menor de 1,813 %, a bananeira apresentou o resultado de 2,231 % e as fibras de juta 2,651 %. Sendo assim, a juta apresentou um melhor resultado e o sisal o pior dentre as três analisadas.

Tão importante quando sua resistência é a variação desta propriedade entre as fibras analisadas que irão compor o produto final. O gráfico 5 apresenta o desvio padrão das resistências e do alongamento das fibras.

Gráfico 5 - Desvio padrão das resistências e alongamento das fibras



Fonte: O autor (2014)

Pelo gráfico 5 visualiza-se que as fibras de sisal têm de fato uma resistência muito superior, mas também apresentam um desvio padrão também muito superior. Isso significa que existe uma variação muito grande entre a resistência de um fio e outro e dependendo do tipo de fiação podemos ter produtos de péssima qualidade. Já nas fibras de bananeira e sisal este número não é tão elevado o que facilita sua transformação em fios têxteis e ajuda a garantir a qualidade do produto final.

4.5 DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE - QFD

O QFD é um método de apoio ao desenvolvimento de produtos, que contribui para que as expectativas do consumidor sejam nele incorporadas, aumentando, conseqüentemente, o seu poder de venda. Sendo assim, de acordo com Estorilio, (2007), antes de apresentar o método, aborda-se, de maneira sucinta, a definição de desenvolvimento de produtos e em que consiste a qualidade de um produto para o consumidor.

Atualmente, o QFD permite aplicações em diferentes contextos, como no desenvolvimento de novos produtos, na associação das demandas do mercado e em especificações de projeto e de processo. (FRANK et. al., 2014).

O QFD é utilizado, nesta pesquisa para se fazer um comparativo entre as três fibras estudadas e também visando mostrar o grau de importância das características mais relevantes das fibras de bananeira.

O modelo conceitual tradicional mais conhecido do QFD é o modelo de quatro fases, que contempla as seguintes matrizes: (I) a matriz da qualidade; (II) matriz do produto; (III) matriz de processos e (IV) matriz de recursos. Dessa forma, o QFD fornece o suporte para todas as fases de desenvolvimento de um novo produto, relacionando as demandas do consumidor com as especificações de engenharia e possibilitando o desdobramento até o projeto dos componentes do produto, incluído a definição das especificações das variáveis dos processos de produção bem como a alocação inicial de recursos operacionais (FRANK et. al., 2014)

QFD é um método criado para operacionalizar o processo de planejamento da qualidade na forma de uma série de relações causa e efeito, operacionalizadas por meio de matrizes. Em cada ciclo de QFD, relacionam-se as necessidades da

qualidade (“o que se espera”) com os requisitos da qualidade (“como se pretende fazer”), identificando-se, na matriz de relações, a intensidade do relacionamento entre eles por meio de “símbolos de relações”. Cada símbolo tem um peso numérico representando esta intensidade. A importância relativa é uma classificação (priorização) de cada necessidade da qualidade (“o que se espera”) (FERNANDES, 2006).

A figura 32 apresenta uma representação simplificada do método QFD com as necessidades da qualidade “o que se espera”, Requisitos da qualidade “como se pretende fazer”, Matriz de relações, Especificações “quanto”, Requisitos priorizados e importância relativa. Com esta ferramenta é possível analisar os critérios de qualidade para saber se de fato é isso que o cliente procura e os resultados servem de base para saber onde e o quanto tem que ser melhorado de cada produto ou requisitos do produto para atendimento da necessidade do público alvo.

Figura 31 - Representação simplificada do método QFD



Fonte: FERNANDES (2006) apud BERK E BERK, (1996)

Na primeira fase dessa etapa, chamada de fase conceitual, informações sobre a demanda do mercado, juntamente com as possibilidades técnicas da empresa e outras condições são analisadas e traduzidas no conceito do produto. A concepção básica do produto é, na maioria das vezes, verbalizada, utilizando-se alguns recursos visuais de apoio. Ela fornece especificações técnicas preliminares que visam atender às expectativas dos clientes. É exatamente nesta primeira fase em que o método QFD pode ser introduzido, aplicando-se, nesse momento, a sua primeira matriz, denominada por “Casa da Qualidade”, a qual será detalhada posteriormente.

A fase seguinte denomina-se por planejamento do produto, quando os conceitos do produto são traduzidos em detalhes específicos para o projeto, incluindo mais especificações, custos, metas de investimentos e escolhas técnicas. O problema central nessa fase é conciliar os objetivos da empresa com os requerimentos do produto. Essa fase apresenta a primeira oportunidade de interpretar o produto fisicamente, através de protótipos ou modelos virtuais.

Na sequência tem-se a fase de engenharia do produto, quando se traduz as informações provenientes da fase de planejamento em projetos detalhados do produto. O problema dessa fase é transformar o produto conceitual em partes e componentes reais, satisfazendo em paralelo, os requerimentos dos negócios da empresa (como custo e valor de investimento).

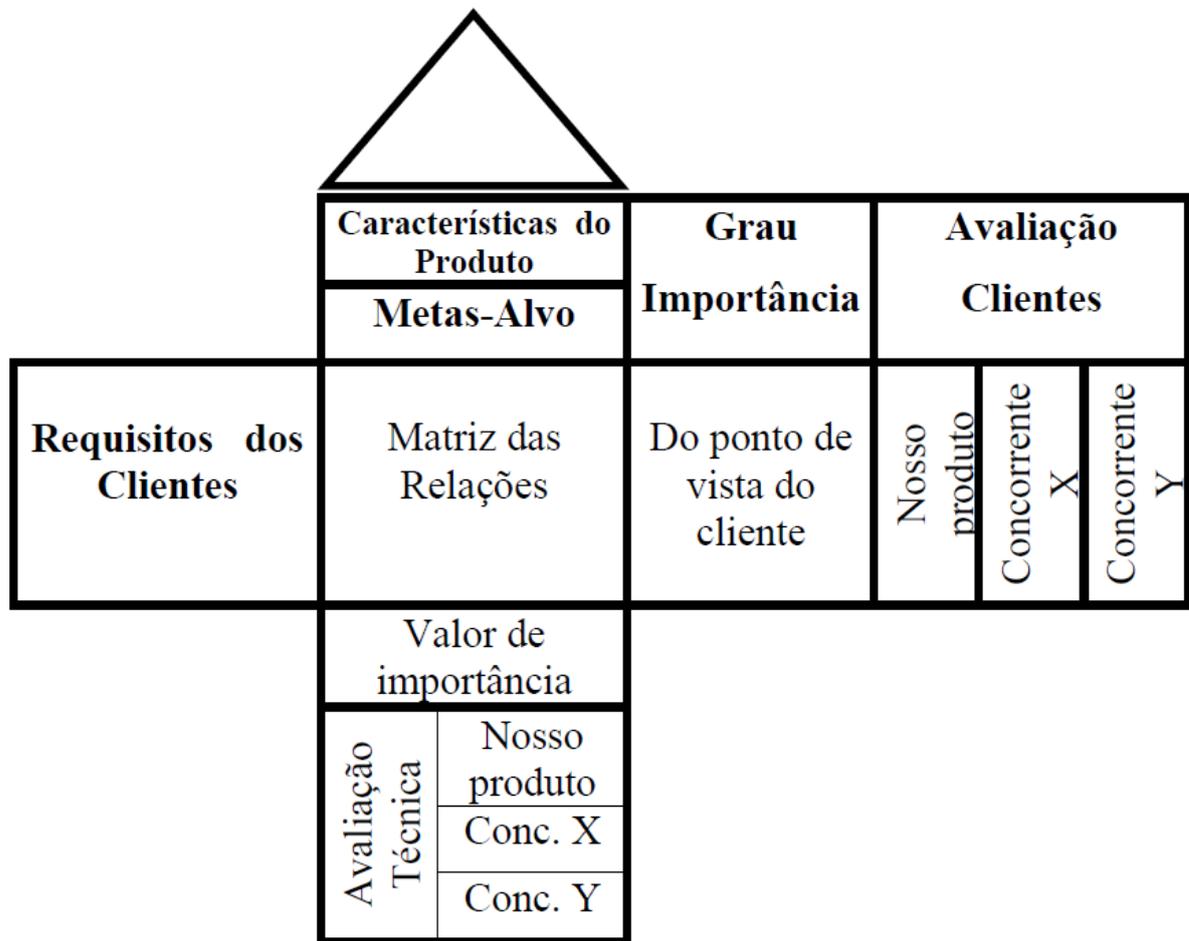
O produto pré-concebido é dividido em componentes, os quais originam projetos detalhados e vários desenhos. Com esses desenhos, em alguns casos, os componentes e subconjuntos são convertidos em protótipos, fabricados em materiais semelhantes ao previsto.

Os subconjuntos são então montados, constituindo a primeira representação física do projeto do produto. Após testar os protótipos, tanto de alguns componentes, como de subconjuntos ou do produto completo, variando de acordo com a necessidade, se verifica se o projeto está de acordo com os objetivos iniciais e as definições conceituais (ESTORILIO, 2007).

A figura 33 mostra um esquema para construção de um QFD, onde aparecem os requisitos dos clientes, as características do produto, o grau de importância e avaliação dos clientes. Neste caso, analisando sempre o produto da empresa com os concorrentes e verificando onde há oportunidade de melhoria e quais os ponto

tem que ser melhorando por ordem numérica de acordo com uma necessidade de mercado. Ao final da construção e com todos os dados apurados, uma análise é feita para poder melhorar o produto.

Figura 32 - Esquema QFD

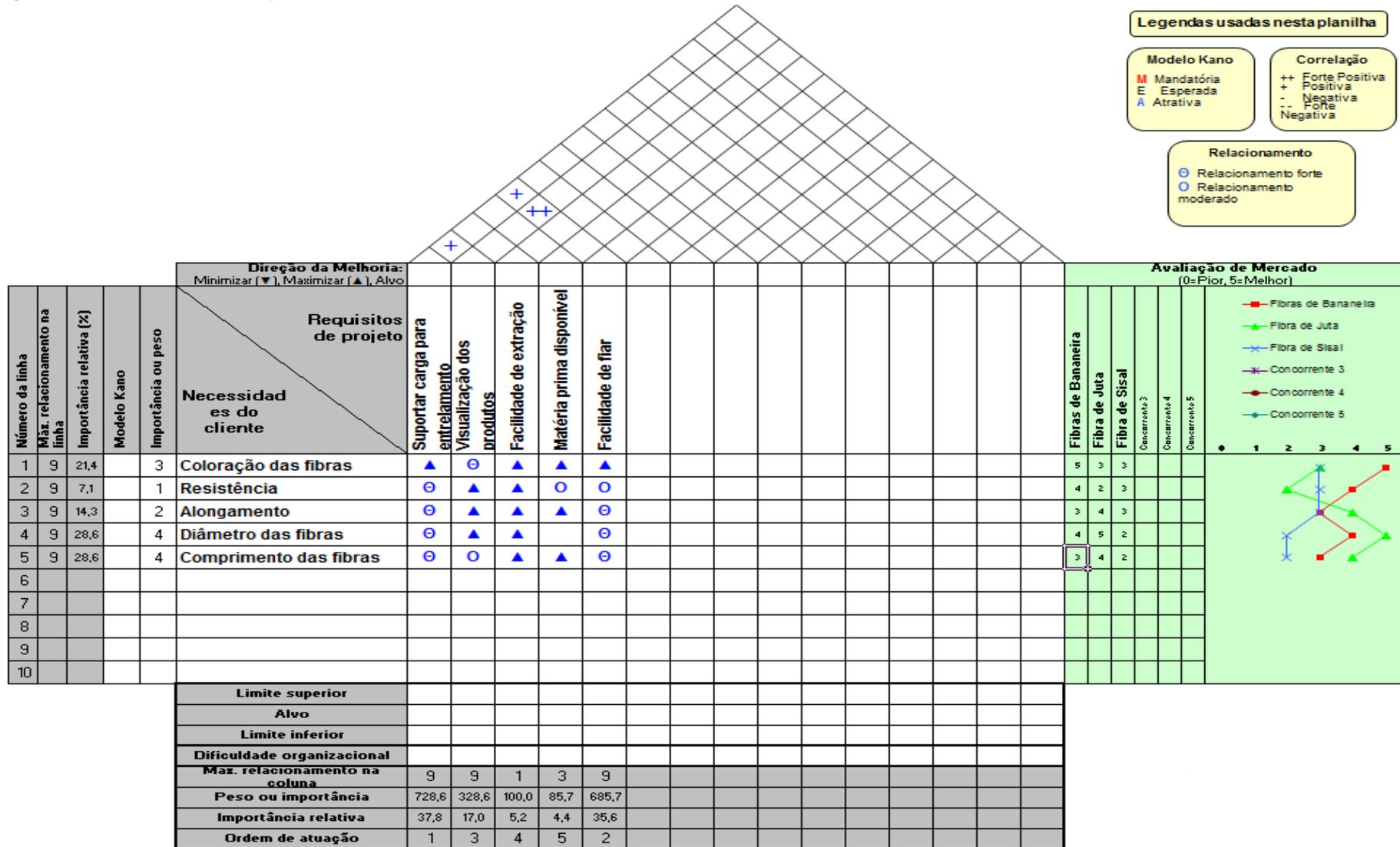


Fonte: ESTORILIO (2007)

O QFD foi usado neste projeto para fazer uma comparação em termos de qualidade das três fibras estudadas, e ao mesmo tempo correlacionar as principais características das fibras de bananeira, apontando em ordem numérica os itens que tem que ser melhorados.

A figura 34 apresenta a planilha do QFD com os seguintes pontos a serem levantados de acordo com as necessidades expressas para sua transformação em fios como coloração as fibras, resistência, alongamento, diâmetro e comprimento das fibras.

Figura 33 - QFD das fibras de juta, sisal e bananeira



Fonte: O autor (2014)

Por ordem de atuação percebe-se que suportar a carga para tecimento está em primeiro lugar o que não traz nenhuma surpresa, pois como citado em vários momentos, a resistência é a principal característica dos fios têxteis e suportar a carga de tecimento está diretamente ligado a resistência. Logo após vem a facilidade de fiar, pois não é nada fácil dependendo do tipo de fibra e do processo de fiação fazer esta transformação em fios.

Após e não menos importante vem a visualização do produto, pois de nada adianta ter fios altamente resistente, fáceis de fiar, mas um produto final com aspectos não agradáveis aos consumidor. Facilidade de extração e quantidade de matéria prima disponível estão intimamente ligadas e em alguns momentos uma depende da outra.

Em termos comparativos com base nas seguintes características colocação da fibras, resistência, alongamento, diâmetro das fibras e comprimento das fibras, pode-se perceber que o sisal obteve um pior resultado e de uma forma geral a juta e a bananeira obtiveram um resultado mais ou menos parecido.

4.6 PRODUÇÃO DOS TECIDOS

Para produção dos tecidos com os fios produzidos com as fibras de bananeira é necessário passar pelo processo de tecelagem, onde acontece a transformação dos fios em tecidos.

O tear é o instrumento para essa finalidade, definido por Pezzolo (2007) como uma máquina que “permite o entrelaçamento ordenado de dois conjuntos de fios longitudinais e transversais para a formação da trama”.

Uma das funções essenciais do tear é manter sob tensão a quantidade de fios colocados nele. A este grupo de fios é dado o nome de urdidura (o mesmo que urdume). Assim, o funcionamento do tear para a construção do têxtil. O urdume é colocado pelo pente e seus fios são mantidos com uma tensão constante. O movimento vertical do pente faz surgir a abertura (cala), por onde é passada a trama sucessivamente de um lado para outro, entrelaçando - se, assim, os dois conjuntos de fios (PIZZOLO, 2007).

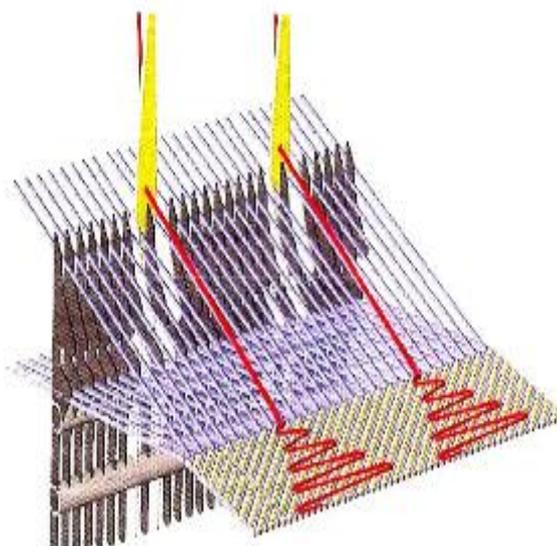
Tecelagem é o nome do artesanato que, de forma ordenada, entrelaça e cruza fios têxteis utilizando o tear. Esse equipamento serve para dispor e manter os

fios de urdume sob tensão no sentido do comprimento e, depois, utilizar outra função do equipamento para tecer a trama no sentido transversal que se cruzam perpendicularmente com a urdidura estendida para obter a armação do tecido (TREPTOW, 2007; PIZOLLO, 2007).

Para passar pelo processo de tecelagem os fios têm que passar por uma preparação que reúne uma grande quantidade de fios em rolos chamados urdume. Estes rolos alimentam os teares e possibilitam o entrelaçamento com as tramas. Neste caso, pode-se perceber que após o cruzamento da camada longitudinal (urdume) com a camada perpendicular (trama), os tecidos são formados trama a trama, fio a fio.

Na figura 35, é possível observar como é feito o entrelaçamento dos fios para produção de qualquer tipo de tecido plano, onde a camada de urdume se cruza com as tramas que são inseridas pela abertura dos fios (cala) e o pente faz o arremate ou encosto da trama. A partir daí os tecidos vão surgindo.

Figura 34 - Formação da cala do tecido para tecimento



Fonte: CASTILLO (2011)

Os tecidos também podem variar quanto ao tipo de ligamento—entrelaçamento dos fios o qual é configurado. “Um tecido tramado é feito de fios dispostos paralelamente no sentido do comprimento, conhecidos como fio de urdume, por

entre os quais passam os fios da trama no sentido da largura do tecido” (UDALE, 2009).

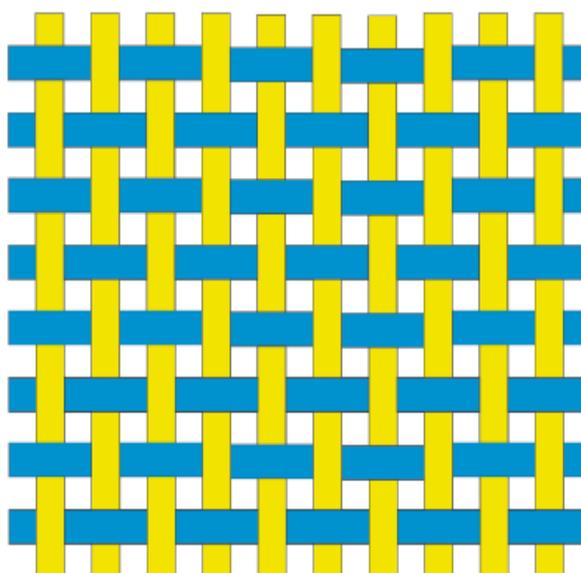
A maioria dos tecidos é atualmente produzido por alguns métodos de entrelaçamento, como a tecelagem ou malharia. A tecelagem constitui a etapa de produção na qual o processo técnico é realizado por teares que possibilitam o entrelaçamento de dois conjuntos de fios em certo ângulo um do outro, resultando em tecidos ditos planos. Os fios no sentido do comprimento são conhecidos como fios de urdume, enquanto os fios na direção da largura são conhecidos por fios de trama (AQUINO, 2008).

A representação gráfica do entrelaçamento de tecido plano é mostrada na figura 36.

A cor amarela representa os fios de urdume que aparecem sempre no sentido longitudinal dos tecidos ao passo que a cor azul está representando as tramas que por sua vez aparecem sempre no sentido transversal. Para obter tecido plano, como é conhecido, tem-se sempre que haver a junção destes dois tipos de fios.

O tecido representado na figura 36 é o entrelaçamento mais simples que existe, porém pode ser usado para várias finalidades.

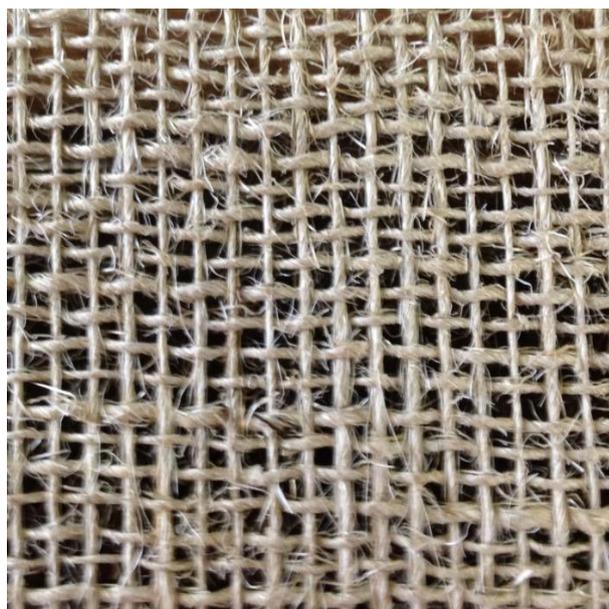
Figura 35 - Representação gráfica do entrelaçamento de tecido plano



Fonte: MACEDO (2009)

Após o processo do entrelaçamento, tem-se os tecidos como mostra a figura 37, os fios de trama e urdume já entrelaçados e o tecido formado. Neste caso temos o tecido elaborado com fios produzidos com as fibras de bananeira. A foto ampliada mostra os entrelaçamentos que formam o tecido.

Figura 36 - Tecido produzido com fibras de bananeira



Fonte: O autor (2014)

4.7 PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS

Uma vez produzido o tecido, a produção das embalagens é de um grau de dificuldade muito baixo, pois se pode planejar toda estrutura para este desenvolvimento e fabricação. Neste caso, o processo de tecelagem é convencional, não precisando muitos detalhes específicos de ordem técnica.

As embalagens produzidas, iniciaram com produtos para alimentos que foi o foco inicial, mas as opções foram aparecendo no decorrer dos estudos, chegando a alguns outros produtos como segue abaixo.

As figuras 38 e 39 apresentam dois modelos de bolsas femininas elaboradas com fios produzidos a partir das fibras de bananeira.

Figura 37 - Bolsa feminina com fios de bananeira



Fonte: O autor (2014)

Figura 38 - Bolsa feminina com fios de bananeira



Fonte: O autor (2014)

Com o tecido também foram feitas algumas embalagens para acondicionamento de produtos alimentícios, como o café por exemplo, onde atualmente são usadas fibras de juta.

A figura 40 mostra uma destas embalagens produzidas com as fibras de bananeira. O tecido foi produzido em tear que possibilitasse o tecimento nas condições ideais para este tipo de produto.

Figura 39 - Embalagem produzida com as fibras de bananeira



Fonte: O autor (2014)

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

5.1 VIABILIDADE TÉCNICA

Os resultados de todo o estudo estão sendo apresentados para análise desde as pesquisas preliminares até os resultados obtidos de fato. Os estudos iniciaram com a verificação das regiões produtoras de banana no Brasil e mais focada no estado de Santa Catarina, onde percebeu-se grande concentração desta produção, sendo o estado o terceiro colocado na produção da fruta. Isso significa dizer que a quantidade de matéria prima disponível atenderia esta demanda focada na indústria têxtil.

Feito isso, passou-se para o estudo da viabilidade técnica para produção desde a extração das fibras até o produto final, fios, tecidos e embalagens.

A tabela 7 mostra os resultados dos testes de titulação, porém os números foram adequados para termos o mesmo título de fios, pois somente desta forma há possibilidade de fazer uma análise adequada e comparações entre os três tipos de fibras estudados.

Tabela 7 - Tabela de titulação com adaptação para comparativos.

Material	Comprimento (m)	Peso (g)	Título (tex)
Juta	20	13,3434	667,02
Sisal	20	13,3434	667,02
Bananeira	20	13,3404	667,02

Fonte: O Autor (2014)

Feito a adaptação nos títulos dos fios, estes resultados foram transcritos nas tabelas 8, 9 e 10, mostrando a resistência e o alongamento dos fios com uma análise utilizando a mesma titulação, a mesma espessura. É necessário esta adaptação para que os resultados possam ser comparados, dando segurança ao fazer qualquer tipo de afirmação.

Tabela 8 - Resultados dos testes das fibras de juta com adaptação de título

	Força Máxima (N)	Força máxima (kgf)	Def. Especif. (%)
Média	98,85	10,07	1,0629
Desvio padrão	10,05	1,025	0,1579
Coef. Variação (%)	5,96	5,964	5,4759
Mínimo	80,26	8,18	0,9187
Máximo	122,0	12,44	1,3303

Fonte: O autor (2014)

Tabela 9 - Resultados dos testes das fibras de Sisal com adaptação de título

	Força Máxima (N)	Força máxima (kgf)	Def. Especif. (%)
Média	162,8	16,60	0,6942
Desvio padrão	44,21	4,508	0,0738
Coef. Variação (%)	8,444	8,405	3,3106
Mínimo	101,8	10,38	0,5684
Máximo	256,6	26,17	0,8270

Fonte: O autor (2014)

Tabela 10 - Resultados dos testes das fibras de bananeira

	Força Máxima (N)	Força máxima (kgf)	Def. Especif. (%)
Média	54,8	5,588	2,651
Desvio padrão	12,12	1,236	0,4238
Coef. Variação (%)	22,11	22,11	15,99
Mínimo	37,65	3,839	2,065
Máximo	82,82	8,446	3,644

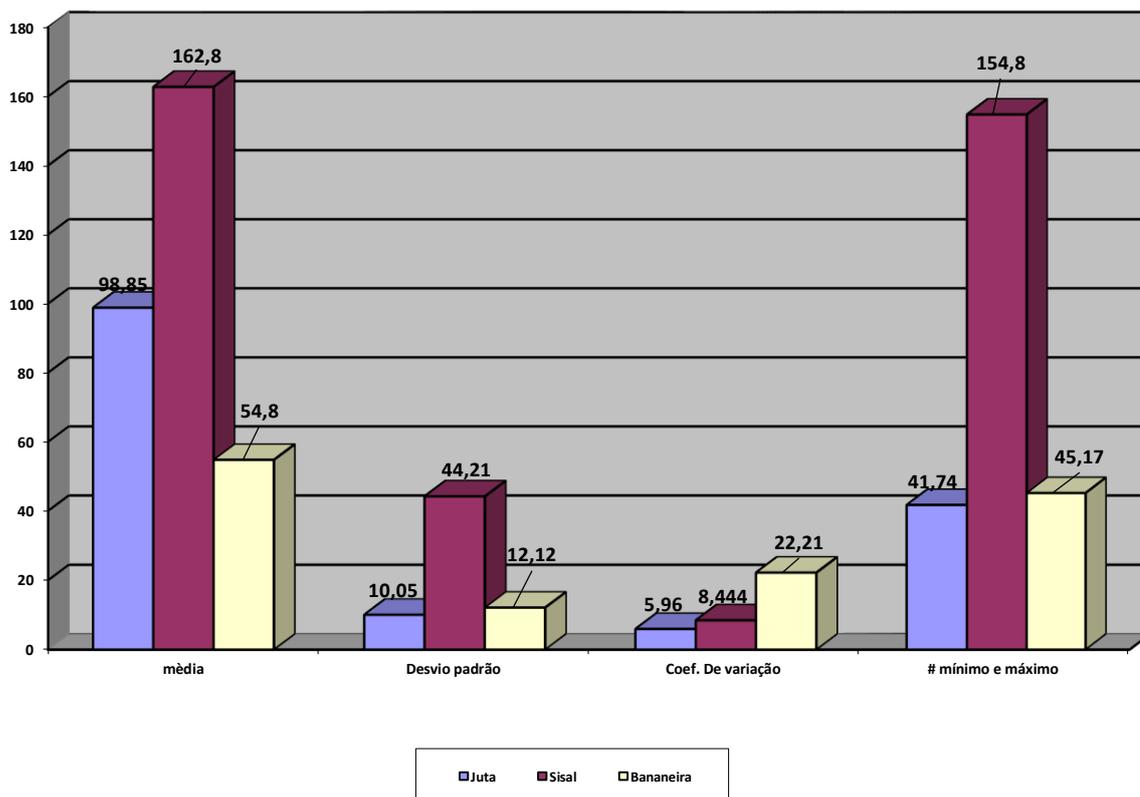
Fonte: O autor (2014)

Os dados das tabelas acima foram inseridos em gráficos para facilitar a visualização e ao mesmo tempo para fazer um comparativo entre os resultados apresentados.

No gráfico 6 estão expressos os valores dos testes de resistência em newtons (N), bem como o desvio padrão, coeficiente de variação e diferença entre o valor mínimo e máximo.

Desta forma pode-se perceber como cada um das fibras estudadas se comportam com relação a estas características, dando a possibilidade de apontar quais se destacam com relação ao aspecto qualidade.

Gráfico 6 - Gráfico de força máxima aplicada (N)



Fonte: O autor (2014)

A média no resultado nos testes de resistência, ficou da seguinte forma, o fio de sisal apresentou uma resistência maior, a juta aparece em segundo lugar e por último com o pior resultado entre as três fibras aparece a bananeira. Resultado este que não condiz com os resultados dos testes de resistência das fibras, pois a bananeira apresentou um resultado melhor que a juta.

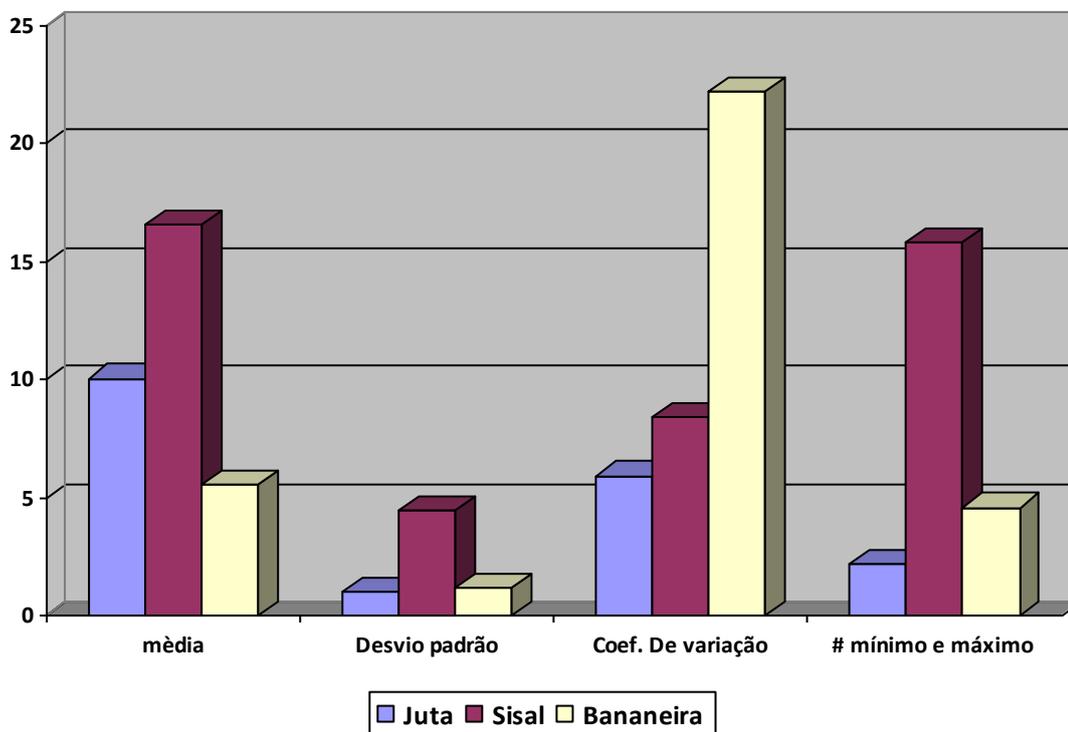
Isso se dá pelo tratamento aplicado as fibras antes da fiação, pois neste caso as fibras de bananeira não receberam nenhum tipo de preparação para serem inseridas no processo.

Com relação ao coeficiente de variação apresentado é a diferença da resistência no mesmo fio e neste caso, a bananeira apresentou um resultado muito próximo a juta, que mesmo não sendo tão elevado quando ao sisal, ainda é um número alto quando falamos em fios têxteis.

Já a diferença entre o valor máximo e mínimo, o sisal apresentou um número muito alto, e isso significa que foi o pior resultado, pois quanto mais uniforme for o fio em termos de resistência, melhor.

O gráfico 7 também demonstra a resistência, porém desta vez em kgf que é um termo muito difundido na indústria têxtil para apresentação da resistência dos fios.

Gráfico 7 - Força máxima aplicada (kgf)



Fonte: O autor (2014)

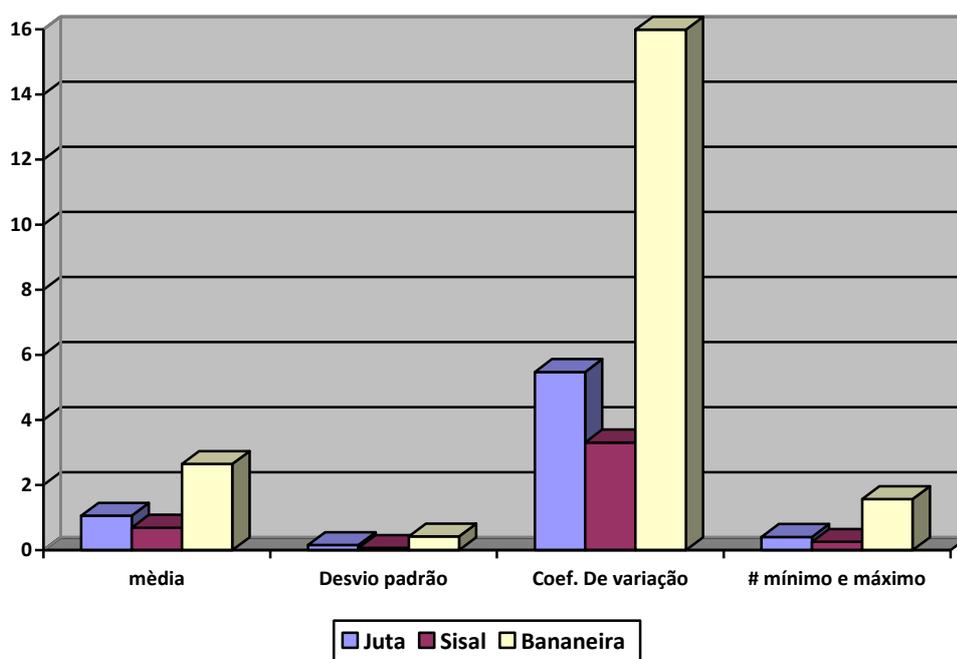
Da mesma forma, conforme no gráfico anterior 6, os resultados foram praticamente os mesmos, pois trata-se das mesmas propriedades e mesmas

medições, porém com propriedades diferentes, antes em newtons (N) e agora em kgf.

O alongamento é uma propriedade bastante importante para os fios têxteis e quanto maior for, melhor para a tecelagem, pois neste processo os fios são muito exigidos. É o percentual que o fio se alonga até seu rompimento. Se este alongamento for muito pequeno, a matéria prima pode não suportar as tensões exigidas para o tecimento.

No gráfico 8 pode-se verificar o alongamento das fibras de juta, sisal e bananeira, assim como seu desvio padrão, coeficiente de variação e diferença entre valor mínimo e máximo.

Gráfico 8 - Alongamento



Fonte: O autor (2014)

Neste sentido, a média de valores de alongamento da fibra de bananeira foi superior a juta e o sisal, porém o desvio padrão, o coeficiente de variação e a diferença entre valor mínimo e máximo também foram superiores, ou seja, o alongamento é maior mas não se tem uma constância deste alongamento, prejudicando a produção. O ideal seria que a fibra tivesse um alongamento maior,

mas com um desvio padrão, coeficiente de variação e a diferença entre valor mínimo e máximo menor.

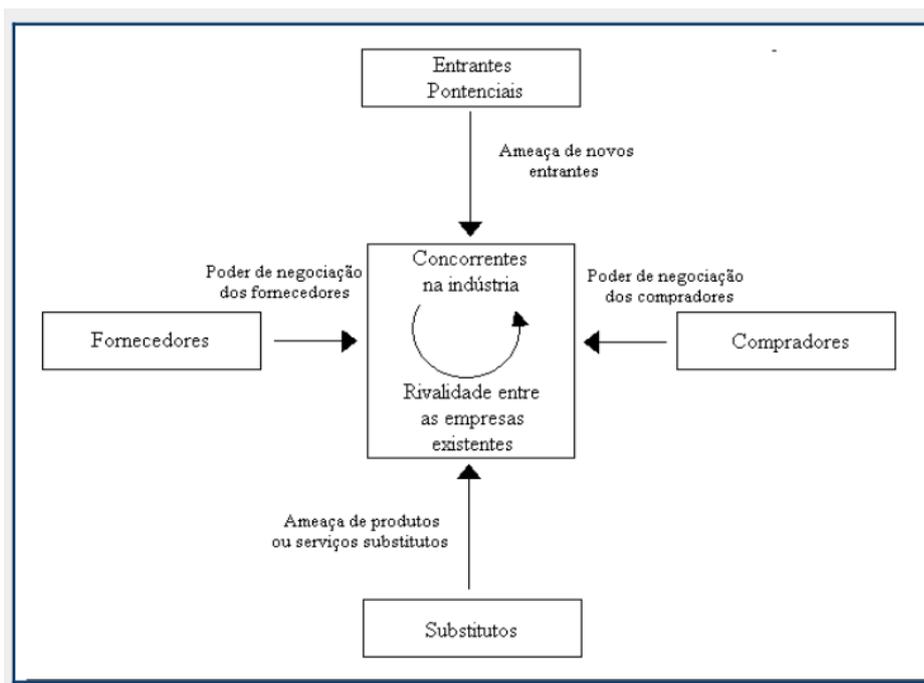
5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Segundo o consagrado modelo de Porter (1996), a concorrência no seio de uma indústria, ao condicionar as taxas de retorno, é orientada por cinco forças: (a) ameaça de novos entrantes, (b) grau de rivalidade entre as empresas existentes, (c) ameaça de produtos substitutos, (d) poder de negociação de fornecedores e (e) poder de negociação de clientes. Isoladas ou em conjunto, estas são cruciais na determinação ou formulação de estratégias empresariais.

A viabilidade econômica é o que faz suportar qualquer negócio, pois sem resultados financeiros nenhuma empresa sobrevive. Existem vários aspectos mercadológicos que podem ocasionar a perda de seu poder de negociação, podendo estes ser internos ou externos.

A figura 41 mostra alguns fatores que podem fazer com as empresas sejam viáveis economicamente, ou o que pode comprometer os resultados, conforme descrito por Porter (1996).

Figura 40 - Forças que dirigem a concorrência na indústria



Fonte: (RANGEL, et. al., 2010 apud PORTER, 1996)

5.2.1 Estudo das regiões produtoras de banana

Para que o projeto se mostre viável, é necessário ter a dimensão do mercado ou da produção de banana no Brasil, pois é desta produção que serão extraídas a matéria prima para os fios e tecidos.

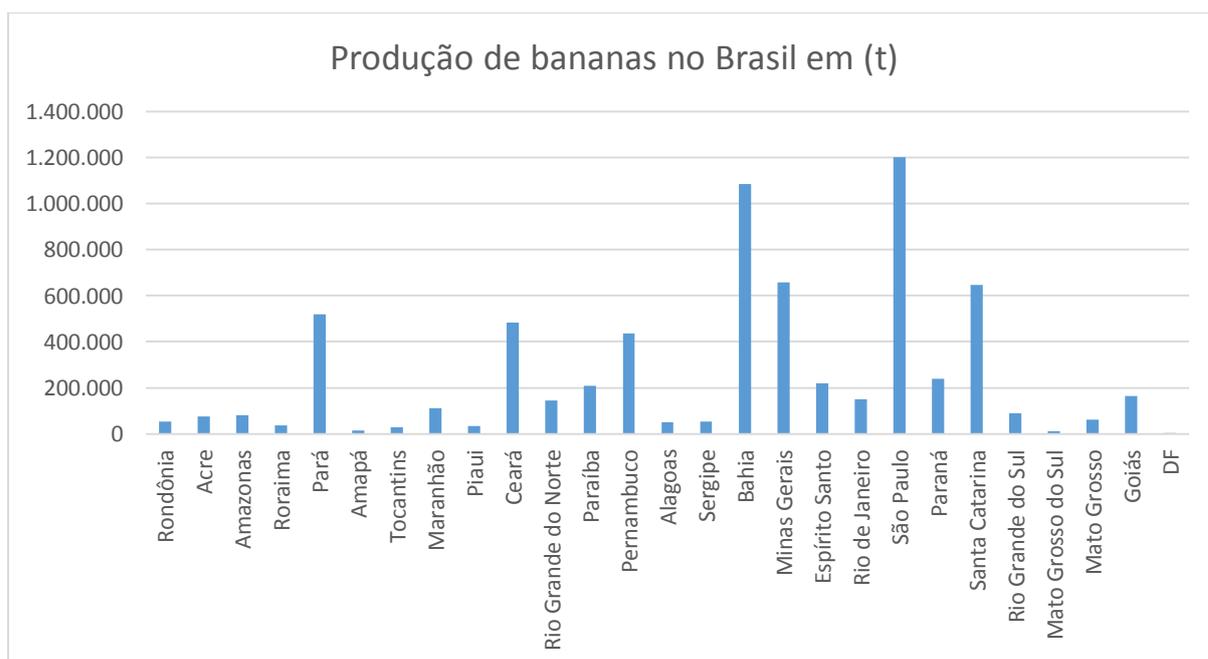
A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo na forma fresca cultivada na maioria dos países tropicais e de Norte a Sul do Brasil, garantindo emprego e renda para milhares de brasileiros (OLIVEIRA & SOUZA, 2003).

O Brasil ocupa uma posição de destaque na produção da fruta, ocupando a quinta posição mundial, com produção de 7,3 milhões toneladas em 503 mil hectares, com valor da produção de R\$ 4,37 bilhões (LUCENA et. al., 2013)

Pensando na aplicação das fibras em produção têxtil em escala industrial, se faz necessário entender melhor este mercado e ter uma noção de seu tamanho, pois de nada adianta investir tempo e recursos em pesquisa se ao final de todo o processo se chegar à conclusão que não há condições de atender a demanda das indústrias têxteis.

O gráfico 9 mostra as regiões brasileiras divididas por estados e a produção de banana em toneladas.

Gráfico 9 - Produção de banana no Brasil em toneladas



Fonte: IBGE (2013)

Pode-se observar que o estado de Santa Catarina ocupa a terceira colocação em produção praticamente junto com o estado de Minas Gerais. Isso contribui para a realização dos estudos que é focado num primeiro momento em Santa Catarina, onde se localizam grande parte das empresas têxteis do Brasil. Para o projeto, estes dados são de suma importância, uma vez que a extração e produção dos fios não podem ser feitos em regiões distintas, por uma questão de logística que terá um impacto direto no custo da matéria prima, assim como no valor final dos produtos elaborados com este material.

5.2.2 Custo de produção das fibras

Os custos são compostos por tudo o que foi gasto para produzir determinado bem. Estes custos podem ser fixos ou variáveis, sendo que os fixos independem da quantidade de produção que ele será o mesmo, já o variável, quanto maior for a produção mais elevado será este custo.

Maher (2001) explicita que as companhias industriais fabricam produtos e não é suficiente a elas apenas saber quanto pagaram para fabricar o produto, mas precisam saber os diferentes custos associados à fabricação. Os custos industriais são os custos de produção (VIANA, 2006).

Antes de iniciar qualquer processo de fabricação, é importante ter todos estes custos levantados, pois pode tornar inviável a produção de determinados bens, evitando investimentos desnecessários.

Os testes com as fibras de bananeira foram realizados sem considerar ainda a logística deste material, partindo do pressuposto que a máquina de extração se fizesse presente nos locais onde os caules fossem descartados nas plantações de banana.

Foram considerados como bases para este estudo a mão de obra com o trabalho de duas pessoas diariamente, considerando o valor de R\$ 100,00 por pessoa e o combustível (no caso da bananeira e do sisal), utilizado para fazer a máquina de extração funcionar.

Após uma semana de testes, chegou-se aos seguintes resultados apresentados pelas tabelas 11, 12 e 13, que mostram o custo por quilo nas condições normais de extração sem aproveitamento de qualquer outro material

proveniente deste processo como, por exemplo, a água e outros resíduos sólidos. O custo final, é considerando as fibras secas, pois será desta forma que elas irá ser processadas.

Na tabela 11 estão alocados os custos de extração das fibras de juta, considerando o tempo da mão de obra empregada, uma vez que para este processo não é utilizado nenhum equipamento. Não está considerado o tempo que os caules ficam em maceração, não tendo este nenhum custo aplicável.

Na tabela 12 estão mesurados os custos de extração das fibras de sisal, neste caso, com a utilização de uma máquina desfibradora, sendo os custos compostos por combustível e mão de obra.

A tabela 13, mostra os custos para extração das fibras de bananeira, que, assim como no sisal, usa uma máquina desfibradora e mão de obra. Nas três tabelas ao final aparecem o custo final por quilo de fibra.

Tabela 11 - Custo por quilo de fibra de juta

Dia	Fibra		Fibra seca (kg)	Mão de obra	Combustível	Custo total	Custo por kg
	Caule (kg)	úmida (kg)					
1	1600	480	192	R\$ 250,00	R\$ 0,00	R\$ 250,00	R\$ 1,35
2	1420	426	170,4	R\$ 250,00	R\$ 0,00	R\$ 250,00	R\$ 1,47
3	1587	476,1	190,44	R\$ 250,00	R\$ 0,00	R\$ 250,00	R\$ 1,31
4	1200	360	144	R\$ 250,00	R\$ 0,00	R\$ 250,00	R\$ 1,74
5	1320	396	158,4	R\$ 250,00	R\$ 0,00	R\$ 250,00	R\$ 1,58
Total	7127	2138,10	855,24	R\$ 1250	R\$ 0,00	R\$ 1250	R\$ 1,46

Fonte: o Autor (2014)

Tabela 12 - Custo por quilo de fibra de sisal

Dia	Fibra		Fibra seca (kg)	Mão de obra	Combustível	Custo total	Custo por kg
	Caule (kg)	úmida (kg)					
1	3100	248,0	124,0	R\$ 100,00	R\$ 57,00	R\$ 157,00	R\$ 1,024
2	2700	216,0	108,0	R\$ 100,00	R\$ 42,00	R\$ 142,00	R\$ 1,315
3	3520	281,6	140,8	R\$ 100,00	R\$ 75,00	R\$ 175,00	R\$ 1,243
4	2982	238,5	119,3	R\$ 100,00	R\$ 63,00	R\$ 163,00	R\$ 1,366
5	2900	232,0	116,0	R\$ 100,00	R\$ 51,00	R\$ 151,00	R\$ 1,302
Total	15.202	1.216,16	608,08	R\$ 500,00	R\$ 288,00	R\$ 788,00	R\$ 1,296

Fonte: O autor (2014)

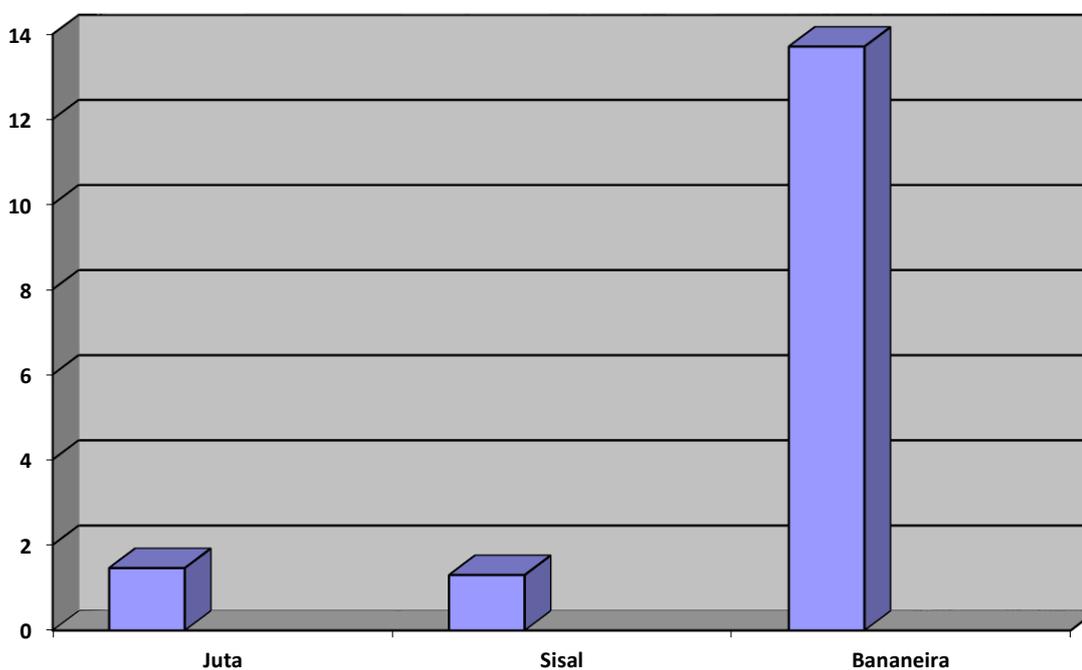
Tabela 13 - Custo por quilo de fibra de bananeira

Dia	Fibra		Fibra seca (kg)	Mão de obra	Combustível	Custo total	Custo por kg
	Caule (kg)	úmida (kg)					
1	800	40	16	R\$ 200,00	R\$ 15,00	R\$ 215,00	R\$ 13,46
2	722	36,1	14,44	R\$ 200,00	R\$ 11,50	R\$ 211,50	R\$ 14,65
3	970	48,5	19,4	R\$ 200,00	R\$ 18,00	R\$ 218,00	R\$ 11,23
4	630	31,5	12,6	R\$ 200,00	R\$ 14,80	R\$ 214,80	R\$ 17,36
5	790	39,5	15,8	R\$ 200,00	R\$ 13,00	R\$ 213,00	R\$ 13,48
Total	3.912	195,6	78,24	R\$ 1000	R\$ 72,3	R\$ 1072,3	R\$ 13,71

Fonte: O autor (2014)

Os resultados dos testes das tabelas estão apresentados no gráfico 10, onde pode-se ver que os custos das fibras de juta e sisal são muito abaixo das fibras de bananeira. Se for feita uma comparação com relação ao percentual de rendimento de cada fibra, não há uma diferença muito grande entre o sisal e a bananeira, ficando cada uma delas em torno de 2 a 4 %. Já na juta o rendimento é significativamente maior, em torno de 10 a 12 %. O custo da fibra de bananeira acabou ficando muito mais alto por conta de toda a preparação que tem de ser feita antes da extração, onde cada cinta tem que ser retirada para colocação na máquina de extração.

Gráfico 10 - Custo por quilo das fibras de juta, sisal e bananeira



Fonte: O autor (2014)

Ao final do estudo chega-se ao resultado de R\$ 13,71 por quilo de fibra de bananeira produzida, um valor muito acima das fibras de juta que no ano de 2014 foi comercializada em média por R\$ 2,17 de acordo com o (MAPA e Sistema OCB/Sescoop-AM). Isso impossibilita sua aplicação nos produtos atualmente feitos com juta ou mesmo o complemento da produção.

Os testes foram realizados para chegar a estes custos aconteceram em 5 dias consecutivos de trabalho em mesmas condições de extração, utilizando a máquina que foi adaptada da extração de sisal.

Os caules de bananeira foram coletadas na plantação, levadas a um local específico para facilitar os trabalhos. Após a extração foram postas para secar e após isso foram pesadas e realizados os cálculos para se ter as dimensões destes custos.

Sendo assim, o projeto mostra a viabilidade técnica para esta produção, porém para se tornar viável economicamente, alguns ajustes tem que ser feitos por conta dos custos desta matéria em virtude do percentual baixo desde material ao serem extraídas do caule.

Para que o projeto possa ser viabilizado também economicamente, os estudos mediante as fibras tem que ser aprofundados para que fios mais refinados possam ser construídos, agregando desta forma valor ao produto final. Mesmo assim ainda não resolveria a inviabilidade, mas sim realizando estudos com a água da bananeira inerente ao processo de extração. Como a quantidade de água é muito grande, 94% do peso total do caule, tendo uma aplicação rentável, as fibras podem ser tornar viáveis.

Existem alguns estudos iniciados pertinentes ao assunto, porém nada ainda concreto. Por exemplo, existem testes para utilização desta água para isotônicos e fertilizantes que precisam ser aprofundados. Uma vez encontrada uma forma de uso para esta água, o projeto das fibras passa a ser viável, pois seriam extraídas no mesmo momento da extração da água.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto destinou-se a testar o uso de fibras de bananeira como matéria prima para a transformação em fibras fiáveis e fios têxteis para a produção de tecidos usados na confecção de embalagens, adequando os processos industriais utilizados para a transformação da juta e do sisal, analisando a viabilidade técnica e econômica.

As fibras de bananeira atenderiam à demanda por novas fibras para produção industrial e ao mesmo tempo supriria uma falta de fibras como as de juta, por exemplo, evitando que as empresas tenham que importar matéria prima para manter sua produção.

Os estudos iniciaram com um levantamento das regiões produtoras de banana no Brasil e também no estado de Santa Catarina, onde foi verificado o interesse destes produtores para fornecer estas fibras para produção dos fios. O interesse foi grande por parte destes produtores, pois poderiam transformar em uma renda extra, algo que é descartado na colheita das frutas. Além disso ocuparia o tempo ocioso, por conta da colheita não acontecer todos os dias da semana.

Feito isso, iniciaram os estudos para verificar de que forma estas fibras pudessem ser extraídas que não fosse totalmente manual, pois há uma grande demanda para este tipo de fibras. Após intensa pesquisa chegou-se à conclusão que a forma de extração de sisal seria muito provavelmente o que seria usado para as fibras de bananeira.

Esta fase inicial passou para uma pesquisa prática, onde foram visitados alguns produtores de sisal no estado da Bahia e também uma empresa que desenvolve máquinas para o desfibrar sisal. Foram verificados todos os princípios de trabalho e realizado ainda na Bahia testes com as fibras de bananeira onde foi constatado que esta atenderia a necessidade com alguns pequenos ajustes.

Com embasamento teórico e prático, foi desenvolvida a máquina e testada juntamente com os produtores de banana e iniciada a extração das fibras para realização dos testes na fiação para produção dos fios. O equipamento desenvolvido, contou com um motor a diesel, o que possibilitou seu fácil deslocamento entre as plantações.

As fibras foram extraídas e secas nas próprias propriedades rurais e ao se conseguir um montante satisfatório para o processamento na fiação, estas fibras foram prensadas para seu transporte até a fiação.

Por se tratar de fibras extremamente longas, foram realizados testes em fiações tradicionais de algodão e poliéster, sem sucesso, pois as fibras acabavam quebrando e por serem mais grossas não conseguiam a aderência para se juntar e fazer a torção, sendo desta forma impossível a utilização destes métodos. Ao verificar a similaridade com as fibras de juta é que veio a ideia de testar este tipo de processo para produção destes fios.

Os testes foram realizados no estado do Pará na cidade de Castanhal. As fibras foram extraídas em Santa Catarina e levadas em pequena quantidade para serem testadas na fiação de juta. O resultado foi bastante satisfatório desde a cardagem até a produção do fio. Desta forma, pode-se concluir que de fato é possível produzir fios com as fibras de bananeira em um processo fabril com alta produção.

Quanto à viabilidade econômica para esta fabricação, os valores por quilo de fibra de bananeira nas condições estudadas até o momento fazem com que não seja viável, dado o alto custo por quilo de fibra produzido e será necessário que seja encontrada uma aplicação rentável para a água que representa em torno de 94 % do peso total do caule.

Neste sentido, foi realizada uma pesquisa prévia e encontrados algumas pesquisas a respeito, porém ainda sem grande embasamento teórico e principalmente prático. Sendo assim, é possível afirmar que a utilização desta água torna o projeto com as fibras viável.

Como proposta para trabalhos futuros, fica a pesquisa e desenvolvimento de produtos a partir da água inerente ao processo de extração das fibras que representam 94 % do peso total do caule da bananeira. Desta forma, seriam aproveitados em sua totalidade todos os caules cortados na colheita das frutas. Existem estudos prévios, sem nenhum embasamento para uso desta água para produção de fertilizantes, sendo assim, esta poderia ser usada para este fim, as fibras como produto têxtil e os resíduos sólidos não fibrosos para adubação do solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. V.; FARIAS, C. A. S.; LEITE, J. C. A. **Avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos na agroindústria de algodão branco: O caso de uma indústria têxtil de Cajazeiros–PB.** Programa de Pós Graduação em Sistemas Agroindustriais (Dissertações e Teses), v. 3, n. 1, 2014.
- AGUIAR NETO, Pedro Pita **Fibras Têxteis** – Rio de Janeiro: SENAI-DN: SENAI CETIQT: Cnpq: IBICT: PADCT: TIB, Volume 1, 1996.
- ALBINANTE, S. R.; PACHECO, E. B. A. V.; VISCONTE, L. L. Y. e TAVARES, M. I. B. **Caracterização de fibras de bananeira e de coco por ressonância magnética nuclear de alta resolução no estado sólido.** *Polímeros*. 2012, vol.22, n.5, pp. 460-466. Epub Oct 11, ISSN 0104-1428, 2012.
- ANTONELLI, G. C. **Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Indústria de Fios de Algodão.** 2007. 118 f. Tese (Doutorado)-Programa de Doutorado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2007
- AQUINO, M. S. **Apostila de métodos e processo de manufatura de malha I.** Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008.
- ARAÚJO, M. **Manual de Engenharia Têxtil: volume I.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 1-694, 1978.
- AUGUSTO, C. A.; SOUZA, J. P. D.; DELLAGNELO; E. H. L., CARIO, S. A. F. **Pesquisa Qualitativa: rigor metodológico no tratamento da teoria dos custos de transação em artigos apresentados nos congressos da Sober (2007-2011).** *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(4), 745-764, 2013
- AZEVEDO, G. H. W. **A indústria têxtil brasileira: desempenho, ameaças e oportunidades.** Universidade Federal de Rio de Janeiro, Instituto de Pós Graduação e Pesquisa em Administração, 1997.
- BEZERRA, C. M.; GONÇALVES, D. C. S.; FREITAS, D. O.; SOUTO, O., K. K.; BARBOSA, R. X.; FERREIRA, T. R.; **Fibras Celulósicas**, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Departamento de engenharia de produção têxtil, 2003.
- BISANDA, E.T.N. **The effect of alkali treatment on the adhesion characteristics of sisal fibers.** *Applied Composite Materials*, Hingham, V.7, p.331-339, 2000.
- BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose based fibres. **Progress in polymer science**, v. 24, n. 2, p. 221-274, 1999.
- BRADDOCK, S.; O'MAHONY, M. **Techno textiles: revolutionary fabrics for fashion and design**, London, pp. 6-135, 2005.

CANTALINO, A. L.; TORRES, E. A.; **Prospecção tecnológica sobre processos e equipamentos para o desfibramento do sisal e outras plantas fibrosas com base no depósito de patentes**, v. 7, n. 3, p. 399, 2014.

CASTILLO, C. S. **Machines and Accessories of preparation and weaving: technologies innovations observed in the ITMA 2011-** SENAI-CETIQT – Rio de Janeiro – RJ, 2011.

CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade Sustentável**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

CHAVAN, R. B. Eco. Fibres and eco. Friendly Textiles In: XXI CONGRESSO NACIONAL DE TÉCNICOS TÊXTEIS – II SIMPOSIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA TÊXTIL, 2004. Natal. Brasil. Anais ... 2004.

CHEREM, L. F. C.; SOUZA, S. M. A. G. U.; SOUZA, A. A. U. **Predição da alteração dimensional de tecidos de malha de algodão**. Revista Química Têxtil, n. 81, p. 44-63, dez. 2005.

COSTA M. A. B.; **Verticalização na indústria têxtil – O caso de fiação do Ceará**. Espaço & Geografia, Vol.8, No1, 71:98, 2005.

CRYSOSTOMO, U. C. **Juta**. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 5, p. 76-81, 2014.

ELDEN, M.; CHISHOLM, R. F. **Emerging varieties of action research: introduction to the Special issue**, Human Relations, Vol.46, pp.121-42, 1993.

ENGEL, G. I. , **Pesquisa-ação Educar em Revista**, núm. 16, pp. 81-191 Universidade Federal do Paraná - Paraná, Brasil, 2000.

ESTORILIO, C.; **QFD - Desdobramento da Função Qualidade** Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Gerência de Ensino e Pesquisa Departamento Acadêmico de Mecânica, 2007.

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations. **Statistical Bulletin 2012**. Disponível - http://www.fao.org/filestore/user:upload/future/docs/STATISTICAL_BULLETIN_2012.pdf. Acesso em 12 de outubro de 2014.

FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G.; **Proposal of a method to integrate QFD and FMEA**. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 2, p. 245-259, 2006.

FERREIRA, A. J. S.; NUNES F.; FERNANDO B.; OLIVEIRA, F. R. **Têxteis Inteligentes: Uma breve revisão da literatura**. REDIGE, v. 5, n. 1, fibers, Progress. Polymer Science. V. 24, N° 2, p. 201-274, 2014.

FERREIRA, D. D. M.; SPANHOL, G. K.; KELLER, J. **Gestão do processo têxtil: Contribuições à sustentabilidade dos recursos hídricos**. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão: Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade, Niterói, p.1-19, 2009.

FRANK, A. G.; PEDRINI, D. C.; ECHEVESTE, M. E.; RIBEIRO, J. L. D. **Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos.** vol. 24, n.2, pp. 295-310, 2014.

GALO, N. R.; COTRIM, S. L.; LEAL, G. C. L. **Análise de fatores causadores de problemas produtivos em uma indústria de fios têxteis.** Revista Tecnológica, v. 1, n. 24, p. 57-63, 2014.

GUIMARÃES, B. M. R. **Tratamento químico de partículas de pseudocaule da bananeira visando à produção de painéis aglomerados.** UFLA 2013.

IDICULA M., NEELAKANTAN N. R., KURUVILLA Z. O. K. J., THOMAS S. **A Study of the Mechanical Properties of Randomly Oriented Short Banana and Sisal Hybrid Fiber Reinforced Polyester Composites.** Journal of Applied Polymer Science, Vol. 96, 1699–1709 © 2005 Wiley Periodicals, Inc, 2005.

INDIRA, K. N.; PARAMESWARANPILLAI J.; THOMAS, S. **Mechanical Properties and Failure Topography of Banana Fiber PF Macrocomposites Fabricated by RTM and CM Techniques** - Hindawi Publishing Corporation, ISRN Polymer Science, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE - **Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil** ISSN 0103-443X Levant. Sistem. Prod. Agríc. Rio de Janeiro v.26 n.8 p.1-84 agosto. Rio de Janeiro, RJ – Brasill, 2013.

LUCENA, C. C., ROCHA, H., de ALBUQUERQUE, A. F. A., AMORIM, E., & BORGES, A.; **Caracterização dos principais polos de produção de banana no Brasil.** Fortaleza: Instituto Frutal: Acorbat Internacional, 2013.

MACEDO, A. M. K. S. **Análise de malhas.** Curso técnico têxtil: Malharia e confecção. Araranguá: IFSC. 2009.

MAHER, M. **Contabilidade de custos: criando valor para a administração.** Editora Atlas, São Paulo, 2001.

MAIA, F. A. **Fibras da Amazônia na produção de moda: uma proposta de indicação geográfica.** Aparecida (SP): Idéias & Letras, [103] p., 2009.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F., **Action research in production engineering: A structure proposal for its conduction:** Vol.22 (1), 2012.

NEMOTO, M. C. M. O. **Inovação tecnológica: um estudo exploratório de adoção do RFID (Identificação por Radiofrequência) e redes de inovação internacional.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, A. P.; SOUZA, C. M. **Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (Cosmopolites sordidus)**

em um pomar de bananeiras (*Musa spp.*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, p.345-347, 2003.

OLIVEIRA, J. F.; SILVA, J. L.; KACHBA, Y. R.; **Comparação entre fibras celulósicas provenientes de diferentes matérias prima**. Anais do I Simpósio Paranaense de Engenharia Têxtil, v. 1, n. 1, 2014.

PEREIRA, T. V. C., FIDELIS, M. E. A., GOMES, O. D. F. M., SILVA, A. F., & FILHO, R. D. T. **Investigação da influencia morfológica via análise de imagens na resistência à tração de fibras naturais**. 67º Congresso ABM - Internacional, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2012,

PEZZOLO, D.B. **Tecidos: História, tramas, tipos e usos**. São Paulo: SENAC, 2007.

PIRES, E. N., MERLINI, C., AI-QURESCHI, H. A., SALMÓRIA, G. V., & BARRA, G. M. **Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. *Polímeros*, 22(4), 339-344, 2012.

PORTER, M. E. (1996). **Estratégia competitiva**. Rio de Janeiro: Campus.

PROVENZANO, C. C.; **Moda, Inovação e Sustentabilidade: Estudo de Casos Múltiplos**. Dissertação de Mestrado em Administração – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 2014.

RANGEL A.S.; SILVA M.M.; COSTA B. K.; **Competitividade da Indústria Têxtil Brasileira** - *Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 151-174, jan./mar. 2010.

ROMEIRO, A.R. **Desenvolvimento Sustentável e Mudança Institucional: Notas Preliminares**, 1999.

SHIM, W. KIM J. LEE, J. KOH, J. KIM I. **Probing of Environmentally Friendly Regenerated Cellulose: Material Having Bimorphic Behavior**. *Fibers and Polymers*, Vol.9, No.6, 691-697, 2008.

SILVA, C. CAVACO-PAULO A. **Biotransformations in synthetic fibres**. University of Minho, Textile Engineering Department, 2008.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.; **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. UFSC, Florianópolis, 4a. edição, 2005.

SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M.; CARTAXO, W. V.; SOFIATTI, V.; FILHO, J. L. S.; CARVALHOL, O. S.; COSTA, L. B.; **Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro**, Campina Grande, PB - Julho, 2008.

SILVA, P. R. **PRÁTICAS DE PESQUISA: Apontamentos sobre a pesquisa qualitativa e seu uso nos estudos em administração**. *Maringá Management*, v. 10, n. 3, p. 26-39, 2014.

SLACK, N; LEWIS, M. **Estratégia de Operações**, 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SOUSA, E. M. M.; NETO, P. C. R.; PIMENTEL, A. C. L.; MÂSIH R. T. **Gestão de resíduos em indústria têxtil: Implantação de melhoria com impacto em custos logísticos de aquisição**, 2012.

SOUZA, M. C. M. **A produção de têxteis de algodão orgânico: uma análise comparativa entre o subsistema orgânico e o sistema agroindustrial convencional**. II *Workshop de Gestão de Sistemas Agroindustriais*. Ribeirão Preto: FEA/USP. 1999.

TIMENI, S. H., PIRES, L. D., SILVA, J. V., & SOUZA, S. S. **A operacionalização da máquina de limpeza de fios no processo produtivo de uma indústria têxtil**. *CONNEXIO-ISSN 2236-8760*, 3(2), 127-138, 2014.

TREPTOW, D. **Inventando moda: planejamento de coleções**. 4. Blumenau: Brusque, 2007.

UDALE, J. **Fundamentos de design de moda: tecidos e moda**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

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

VIANA, H. R. G. **Lições preliminares sobre custos industriais**. Qualitymark, Rio de Janeiro, 2006.

VOLPATO, F. B. **Mapeamento de processo: Um Estudo de caso em uma indústria de produção de fios singelos**. XXXI Enegep, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.1-14, 2011.

VOLPATO, F. B.; LEAL, G. C. L.; SOUZA, F. A.; CARDOZA, E.; **Mapeamento de processos: Um estudo de casos em uma indústria de produção de fios singelos**. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011.

ZIMMERMANN. Matheus V. G.; TURRELLA, Taís C.; ZATTERA, Ademor L. e SANTANA, Tuth M. C. **Influencia do tratamento químico da fibra de bananeira em compósitos de polietileno-co-acetato de vinila) com e sem agente de expansão**. *Polímeros*, vol.24, n.1, pp 58-64. ISSN 0104-1428, 2014.

VASCO, M. C. **Efeito da radiação gama sobre as propriedades mecânicas de compósito de fibras de sisal/poliuretana sem uso de agentes de acoplamento** – Dissertação de Mestrado - UTFPR, 2015.

IZQUIERDO, I. S. RAMALHO, M. A. **Aplicação de cinzas residuais e de fibra de sisal na produção de argamassas e concretos: Revisão**. Vol.32, n.2, pp. 344-368. ISSN 0122-3461, 2014.

PIRES, E. N., MERLINI, C., AI-QURESCHI, H. A., SALMÓRIA, G. V., & BARRA, G. M. **Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi.** *Polímeros*, 22(4), 339-344, 2014.

ALMEIDA, N. M. B. G.; **Estudo estrutural de compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras de juta.** Relatório de Dissertação do MIEM - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, 2012.

PAIVA, A. M.; **Agricultura camponesa no contexto da produção de juta e malvana vázea do estado do Amazonas, Universidade Federal do Amazonas – Manacapuru,** 2008.

PEREIRA, G. S.; **Introdução a tecnologia têxtil.** Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – CEFET/SC, Araranguá, 2002.

CANTALINO, A. L.; TORRES, E. A. **Prospecção tecnológica sobre processos e equipamentos para desfibramento do sisal e outras plantas fibrosas com base no depósito de patentes.** *Cadernos de Prospecção*, v. 7, n. 3, p. 399, 2014.

SILVA, O. R. R.; BELTRÃO, N. E. M. **O Agronegócio do Sisal no Brasil.** Brasília: Embrapa – SPI: Campina Grande: Embrapa - CNPA. 1999.

GLOSSÁRIO

Filiformes – Que tem forma de fio

Extrusão – Usa polímeros derretidos e empurra através de pequenos orifícios formando os filamentos que formam os fios.

Mercerização – tratamento das fibras com soda cáustica para dar maior brilho.

Celulose – parte sólida dos vegetais.

Hemicelulose – hemiceluloses encontram-se intercaladas às microfibrilas de celulose dando elasticidade e impedindo que elas se toquem.

Lignina – se impregna nas células e constitui a parte essencial do tecido lenhoso.

Cala – Abertura que os fios fazem para a trama poder ser inserida.

Trama – Fios inseridos transversalmente no tear para entrelaçamento com urdume.

Urdume – Rolo de fios que alimentam o tear.

Pente – Responsável em ancorar as tramas para formar o tecido.

Anexo D - Resultado dos testes de resistência dos fios de juta com vários cabos reunidos

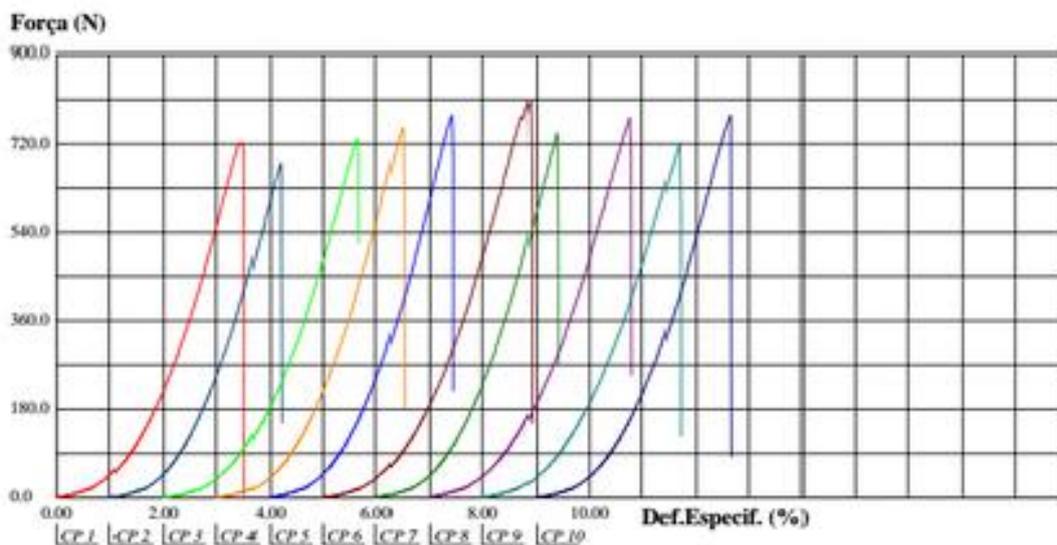
SENAI - CETEX

LANTEVE - Laboratório de Análises Têxteis e do Vestuário

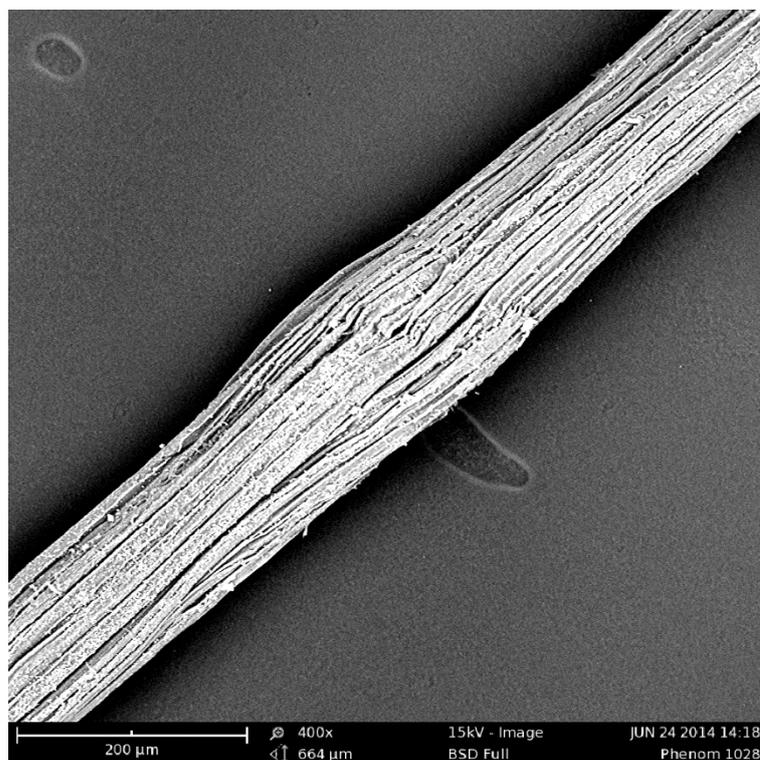
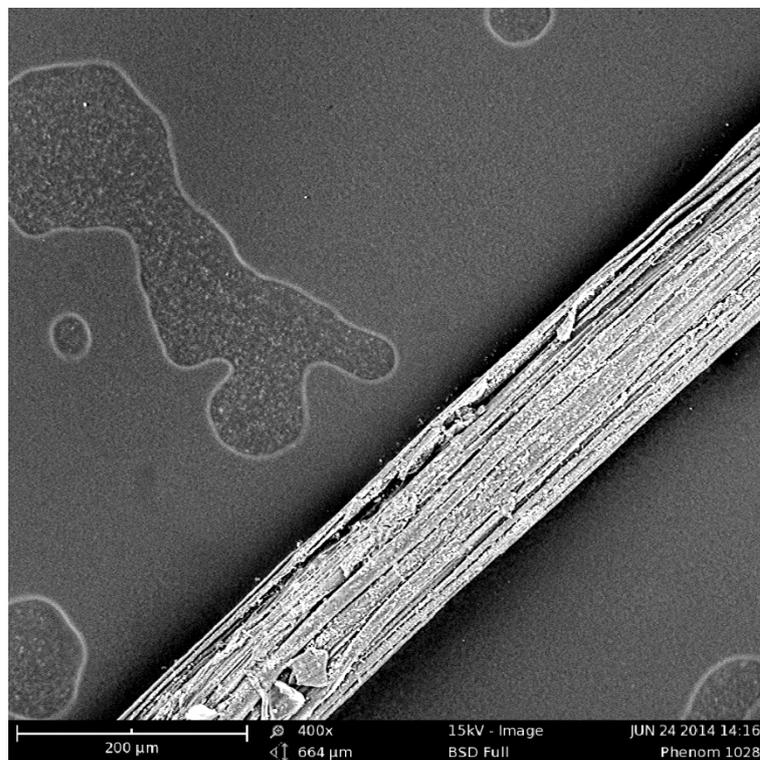
Relatório de Ensaio

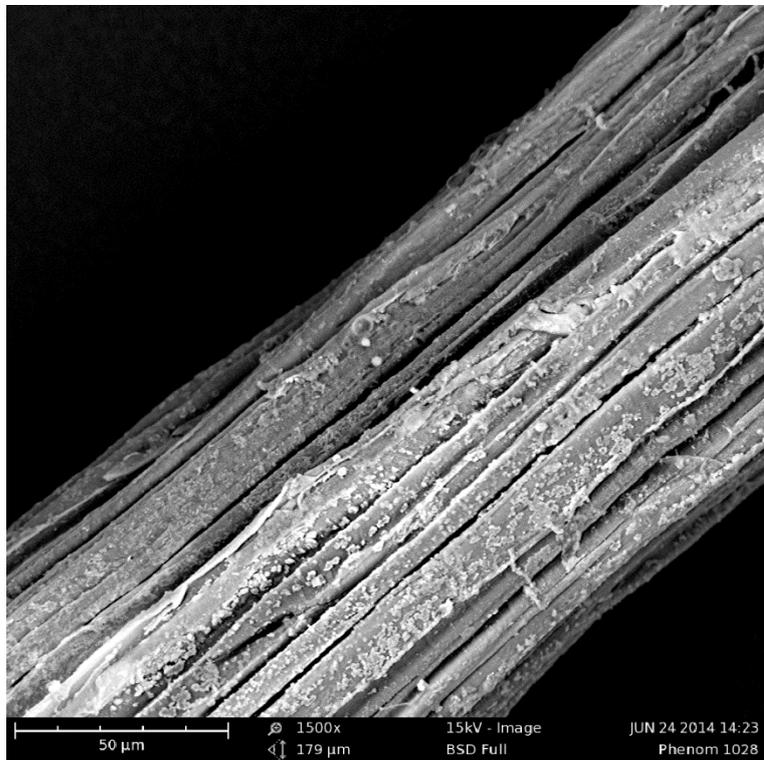
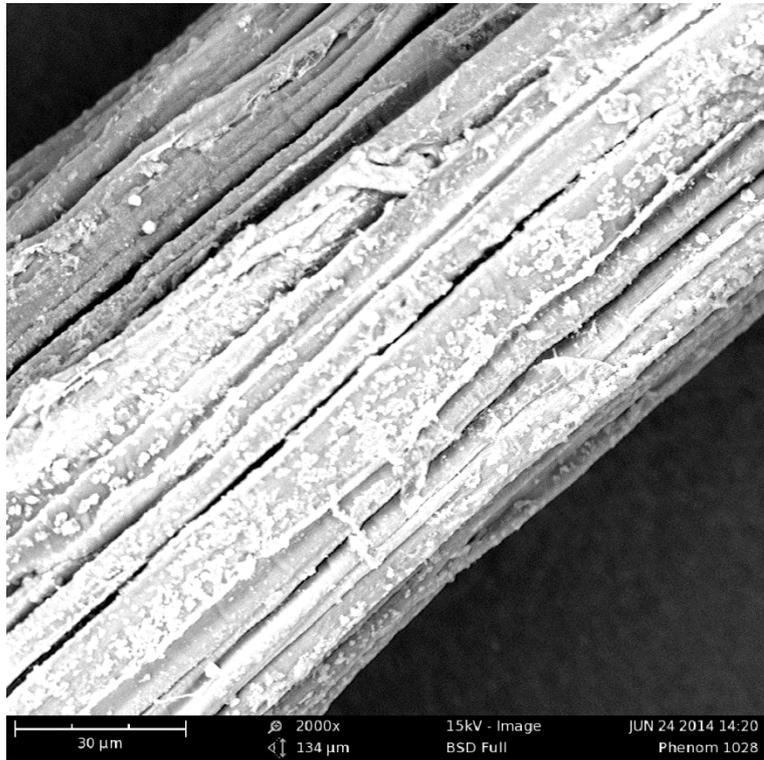
Máquina: **Emic DL2000** Célula: **Trd 24** Extensômetro: - Data: **23/10/2014** Hora: **17:30:29** Trabalho nº **0356**
 Programa: **Tesc versão 3.04** Método de Ensaio: **Det resist ruptura e alongamento ruptura - linha de costura**
 Ident. Amostra: >>>>> Ordem de Serviço: **FIO GROSSO TOTAL** Produto: **BANANEIRA - JAIRO** Analista: **ALOISIO**

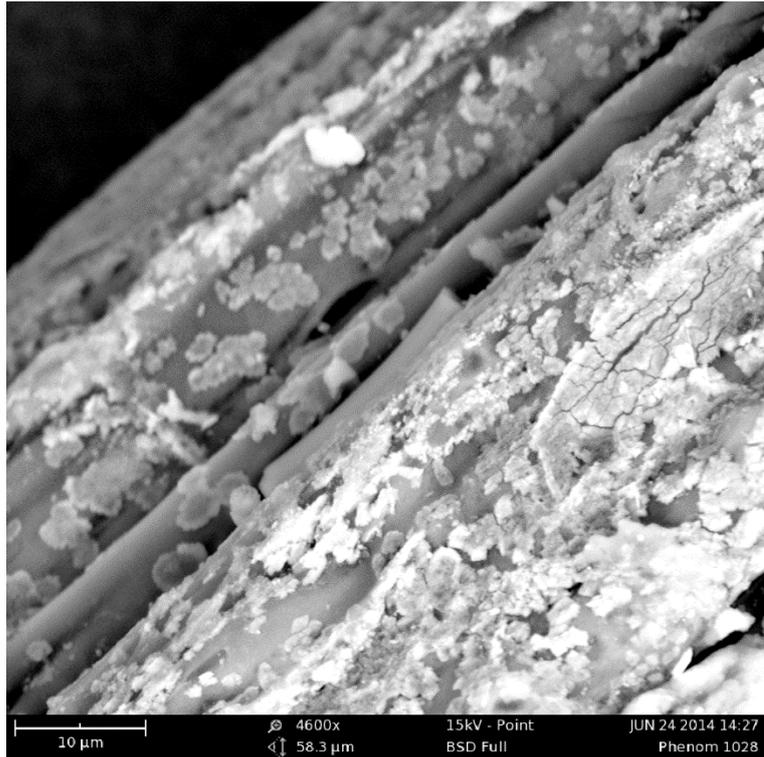
Corpo de Prova	Compr. Base (mm)	Força @ Força Max. (N)	Força @ Força Max. (kgf)	Def. Especif. @ Força Max. (%)
CP 1	500,0	723,3	73,8	3,5
CP 2	500,0	680,2	69,4	3,2
CP 3	500,0	730,2	74,5	3,6
CP 4	500,0	753,1	76,8	3,5
CP 5	500,0	777,8	79,3	3,4
CP 6	500,0	807,5	82,3	3,9
CP 7	500,0	742,0	75,7	3,4
CP 8	500,0	773,1	78,8	3,8
CP 9	500,0	722,5	73,7	3,7
CP 10	500,0	777,8	79,3	3,7
Média	500,0	748,7	76,35	3,568
Desv. Padrão	0,0000	36,78	3,750	0,2019
Coef. Var. (%)	0,0000	4,912	4,912	5,658
Mínimo	500,0	680,2	69,36	3,209
Máximo	500,0	807,5	82,35	3,890



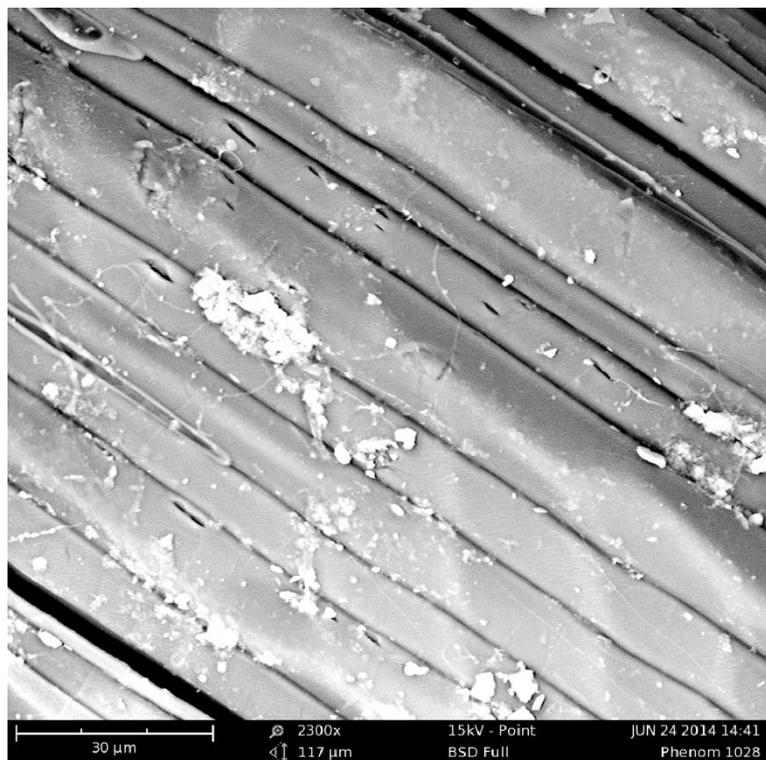
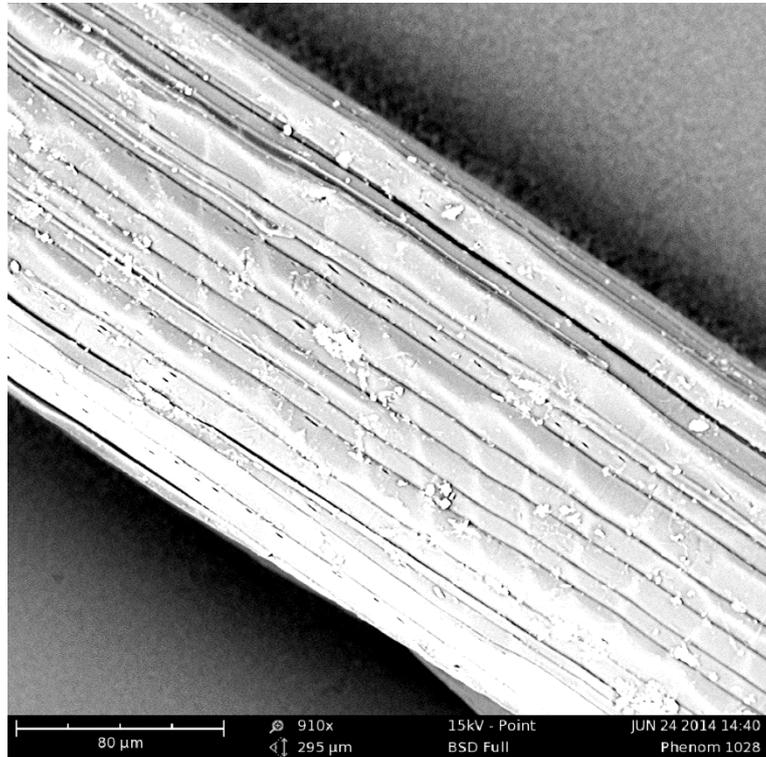
ANEXO E - Resultado das fotos como microscópio eletrônico de varredura das fibras de bananeira.

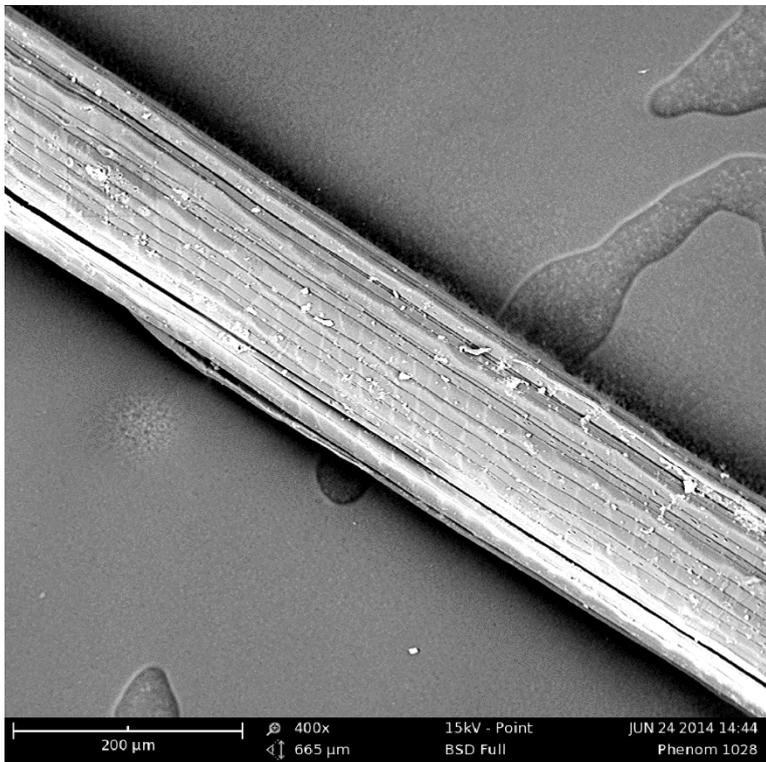






ANEXO F - Resultado das fotos com microscópio eletrônico de varredura das fibras de juta.





ANEXO G - Resultado das fotos com microscópio eletrônico de varredura das fibras de sisal.

