

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

LAIS GONÇALVES DE ANDRADE PENNAS

Caracterização Têxtil da Fibra do Tucum (*Astrocaryum chambira* Burret)

São Paulo

2019

LAIS GONÇALVES DE ANDRADE PENNAS

Caracterização Têxtil da Fibra do Tucum (*Astrocaryum chambira* Burret)

Versão Corrigida

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

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 03 de setembro de 2019. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração:

Materiais e Processos Têxteis.

Orientadora:

Profa. Dra. Júlia Baruque Ramos

São Paulo

2019

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

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

CRB 8- 4936

Pennas, Lais Gonçalves de Andrade
Caracterização têxtil da fibra do Tucum (*Astrocaryum
chambira* Burret) / Lais Gonçalves de Andrade Pennas ;
orientadora, Julia Baruque Ramos. – 2019
169 f. : il

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

1. Indústria têxtil. 2. Fibras têxteis. 3. Fibras naturais.
4. Fibras vegetais - Análise físico-química. 5. Palmeiras -
Uso. I. Baruque-Ramos, Julia, orient. II. Título.

CDD 22.ed. –. 677

Nome: PENNAS, Lais Gonçalves de Andrade

Título: Caracterização Têxtil da Fibra do Tucum (*Astrocaryum chambira* Burret)

Dissertação apresentada à escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciências. Programa de pós-graduação em Têxtil e Moda.

Área de Concentração: Materiais e Processos Têxteis.

Orientadora: Profa. Dra. Júlia Baruque Ramos

Aprovada em: 03 / 09 / 2019

Banca Examinadora

Prof. Dr. Holmer Savastano Jr.

Instituição: FZEA/USP

Julgamento: Aprovada

Assinatura: _____

Prof. Dr. Fernando Gasi

Instituição: UFABC

Julgamento: Aprovada

Assinatura: _____

Prof. Dr. Camilla Borelli

Instituição: Centro Universitário da FEI

Julgamento: Aprovada

Assinatura: _____

*Dedico este trabalho a todos moradores da comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá,
detentores do lindo saber tradicional de manipulação desta fibra especial.*

Agradecimentos

Agradeço ao Guilherme Roma Feliciano meu companheiro de vida e maior incentivador.

À minha família, pelo apoio de sempre.

À professora Júlia Baruque Ramos, pela orientação, paciência e dedicação.

À Fernanda Simon, por ter me apresentado a fibra do tucum.

À Christiana Oticca, moradora e educadora da comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá, por todo o suporte.

À Larissa Oliveira Duarte, Lais Kohan, Luciano Fonseca Pinheiro e Letícia Gabriela Galatti, com quem compartilho além de estudos, caminhos e ideais.

Ao Fábio Fatalla e todos colegas da Interface Engenharia Aduaneira, pela compreensão nos dias em que estive ausente, em especial ao Guilherme Venâncio e Isaías Ruffino, meus parceiros de trabalho, por todo apoio e a todos os funcionários do laboratório, pelos ensaios que realizaram por mim.

Aos professores Paulo Alfieri, Pedro Luiz e Ricardo Rossi, com quem aprendi muito e recebi orientações ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Holmer Savastano Jr. e Patrícia das Neves da FZEA/Pirassununga; à Barbara Leonardi da Golden Technology e à Lia Coelho do CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, pelo apoio técnico que todos me deram.

Ao professor António Pedro Garcia Valadares Souto e Ana Patrícia Veiga da Silva da Universidade do Minho, por todo auxílio no laboratório, no tempo em que estive em Portugal.

Agradeço também a esse caminho, que eu escolhi e escolho trilhar. Me encontro nele todos os dias.

“A inexistência de uma trilha predeterminada não é um problema. Pelo contrário: liberta-nos de visões dogmáticas. Porém, exige maior clareza sobre onde queremos chegar. Não importa apenas o destino, mas também o caminho ou os caminhos para uma vida digna, garantindo a todos os seres – humanos e não humanos – um presente e um futuro, e assegurando assim, a sobrevivência da Humanidade”.

(ACOSTA, 2016, p.41)

RESUMO

PENNAS, Lais Gonçalves de Andrade. **Caracterização Têxtil da Fibra do Tucum (*Astrocaryum chambira* Burret)**. 2019. 169f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Versão Corrigida.

A utilização de fibras vegetais nativas como fonte de matéria-prima na área têxtil é interessante por tratarem-se de recursos naturais e em razão da enorme variedade de plantas disponíveis na biodiversidade. A palmeira *Astrocaryum chambira* Burret, conhecida como “tucum” na Amazônia brasileira, é fonte de fibras têxteis a partir de suas folhas. O objetivo deste trabalho foi estudar a fibra do tucum, reunindo desde os aspectos culturais até parâmetros técnicos da fibra, como suas características físicas e químicas, como ela se comporta como fio, e por fim, como tecido, formando assim uma base de dados de tal fibra. Com isso, de caráter inédito, os principais resultados encontrados na caracterização da fibra foram: comprimento: 90 ± 12 cm; densidade: $1,51\pm 0,07$ g/cm³; regain (Recuperação Percentual de Umidade): $10\pm 0,34\%$; Índice de Cristalinidade: 82,31%; tenacidade: $37,4\pm 5,6$ cN/tex; alongamento: $6,6\pm 0,4\%$; Módulo de Young: $8,3\pm 1,0$ N/tex; a partir das análises de TGA e DTG, as porcentagens estimadas das constituintes foram, 68,4% de celulose e 21,7% de lignina; comportamento relativo ao branqueamento e ao tingimento. Tais parâmetros foram comparados com fibras de reconhecida empregabilidade têxtil, encontrando similaridade com fibras de folhas como o sisal. Através da análise das imagens de MEV, estruturas de sílica foram encontradas uniformemente distribuídas ao longo de sua superfície transversal. O fio artesanal conhecido como “Linha do Tucum”, confeccionado pela comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá (IPIXUNA, AM), foi explorado neste estudo, relatando o processo de confecção do fio pela comunidade e analisando seus parâmetros técnicos de: título 317,70 Tex; tenacidade 19,26 cN/Tex; alongamento 7,02%; torção “Z” 309,20 t/m e retorção “S” 174,50 t/m. Amostras de tecido plano de urdume e trama foram confeccionadas em tear manual e caracterizadas, com carga de ruptura de 570 N e 2% de alongamento, mostrando-se bastante resistente. Com esse estudo pretendeu-se estender desde a questão cultural até os parâmetros técnicos da fibra do tucum (*A. chambira* Burret), inserindo-a no rol de possíveis alternativas sustentáveis às matérias-primas têxteis convencionais.

Palavras-chave: Têxtil. Fibras naturais. Tucum. *Astrocaryum chambira*. Fibras de palmeiras.

ABSTRACT

PENNAS, Lais Gonçalves de Andrade. **Textile Characterization of the Tucum Fiber (*Astrocaryum chambira* Burret)**. 2019. 169f. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2019. Corrected version.

The use of native plant fibers as a source of raw material in the textile area is interesting because these fibers are natural resources and because of the huge variety of plants available in biodiversity that can be researched. The *Astrocaryum chambira* Burret palm, known as “tucum” in the Brazilian Amazon, is a source of textile fibers from its leaves. The objective of this work was to study the tucum fiber, gathering since cultural aspects to the technical parameters of the fiber, as its physical and chemical characteristics, how it behaves as yarn, and finally as a fabric, thus forming a database that will assist future studies to develop textile applications with such fiber. Thus, of unprecedented character, the main results found in fiber characterization were: fiber length: 90 ± 12 cm; density: 1.51 ± 0.07 g / cm³; regain: $10 \pm 0.34\%$; Crystallinity Index: 82.31%; tenacity: 37.4 ± 5.6 cN / tex; elongation: $6.6 \pm 0.4\%$; Young’s Modulus: 8.3 ± 1.0 N / tex; from the TGA and DTG analyzes, the estimated percentage values of the constituents were 68.4% cellulose and 21.7% lignin; bleaching and dyeing relative behavior. These parameters were compared with fibers of recognized textile employability, finding similarity with leaf fibers such as sisal. Through the analysis of SEM images, amorphous silica structures were found uniformly distributed along its transverse surface. The handmade yarn known as “Tucum Line”, made by the community Vila Ecológica Céu do Juruá (Ipixuna, AM), was explored in this study, reporting the process of making the yarn by the community and analyzing its technical parameters of: Count number 317 70 Tex; tenacity 19.26 cN / Tex); elongation 7.02%; “Z” twist 309.20 t / m and “S” retwist 174.50 t/m. Samples of warp and weft plain fabric were made in manual loom and characterized, with a rupture load of 570 N and 2% of elongation, being very resistant. This study aimed to extend from the cultural issue to the technical parameters of the tucum fiber (*A. chambira* Burret), inserting it in the list of possible sustainable alternatives to conventional textile raw materials.

Keywords: Textile. Plant fibers. Tucum. *Astrocaryum chambira*. Palm fibers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confeções	29
Figura 2 - Classificação das Fibras Têxteis.....	30
Figura 3 - Representação da molécula de celulose.	31
Figura 4 - Capulho de algodão maduro.....	33
Figura 5 - (a) Caule fibroso de cânhamo; (b) Fibra de Juta sendo seca em varal.	34
Figura 6 - Fibra extraída do coco.	35
Figura 7 - (a) Agave sisalana; (b) Fibra do Sisal	36
Figura 8 - Fios singelos fiados	37
Figura 9 - Sentido da torção.....	38
Figura 10 - Fios retorcidos	38
Figura 11 - Retorcidos Múltiplos	39
Figura 12 - Estrutura de (a) Tecido Plano; (b) Malha de Trama e (c) Malha de Urdume.	39
Figura 13 - Palmeira do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret).	54
Figura 14 - Frutos da <i>Astrocaryum chambira</i>	55
Figura 15 - (a) Extração da pina feita com facão; (b) Extração da fibra	60
Figura 16 - (a); (b); e (c) - Artesanatos Colombianos feitos de <i>A. chambira</i>	61
Figura 17 - Microscopia da seção transversal da juta.	65
Figura 18 - Espectro de infravermelho obtido para as membranas de acetato de celulose de transmitância versus comprimento de onda.	67
Figura 19 - Representação esquemática do fenômeno de difração.	69
Figura 20 - Exemplo de Difratoграмas de raio X.....	69
Figura 21 - Localização da comunidade "Vila Ecológica Céu do Juruá".	73
Figura 22 - (a) Equipamento de recobrimento SCD050 (Baltec); (b) Microscópio Eletrônico de Varredura Stereoscan S440 – Ambos localizados na EPUSP.	76
Figura 23 - (a) Esquema da fibra em cápsula de resina; (b) Esquema do corte transversal.	77
Figura 24 - Retângulos de cartolina branca de (7 x 18) mm, vazados.	78
Figura 25 – 4 amostras de fibra do tucum (2g cada).....	85
Figura 26 – Equipamento Ahiba spectradye	85
Figura 27 - Gráfico de ensaio - tingimento reativo	88
Figura 28 - Torcímeter Marte, modelo 2200.....	90
Figura 29 - Dinamômetro do Laboratório Têxtil da Interface Engenharia Aduaneira.....	91
Figura 30 - Tear manual utilizado para a confecção do tecido plano.....	91
Figura 31 – Estrutura do ligamento Tela (tafetá)	92
Figura 32 – (a) Tear com fios de urdume; (b) Primeira tira confeccionada.....	92
Figura 33 - 5 amostras de tecido plano de urdume e trama 100% tucum	93
Figura 34 - Detalhe da amostra de tecido plano de urdume e trama 100% tucum.....	93
Figura 35 - Medidas sendo tiradas na Amostra 5. (a) Comprimento; (b) Largura.	94
Figura 36 - Lente conta fios marca Intex	95
Figura 37 - Medidor de espessura Marca Mainard	96
Figura 38 - Análises dos comprimentos das fibras do tucum utilizando o software Minitab. (a) Histograma; (b) Teste de normalidade para distribuição.	98
Figura 39 - Análises dos diâmetros das fibras do Tucum utilizando o software Minitab. (a) Histograma; (b) Teste de normalidade para distribuição.	100
Figura 40 – Microscopia óptica longitudinal da fibra do tucum. Aumentos de (a) 51x, (b) 80x e (c) 128x.....	101
Figura 41 - Microscopia óptica transversal da fibra do Tucum com aumentos de (a) 320x, (b) 640x e (c) 1.280x.	101

Figura 42 - Microscopia óptica transversal da fibra do tucum com aumento de 1.280x com determinação de valores de diâmetros celulares.	102
Figura 43 – Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: (a) 2000x e 50 µm; (b) 6000x e 20 µm (ESEM, Quanta 650 FEG, FEI).....	103
Figura 44 - Pontos de microanálise por EDS	104
Figura 45 - Espectros da microanálise por EDS (Pontos 1, 2 e 3, de cima para baixo respectivamente)	104
Figura 46 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: (a) 250x e 500 µm; (b) 1000x e 100 µm (ESEM, Quanta 650 FEG, FEI).....	106
Figura 47 - Vista transversal da fibra do tucum - MEV.....	106
Figura 48 - Gráfico comparativo de densidades de fibras vegetais.....	107
Figura 49 - FTIR de 400 a 500 cm ⁻¹ e transmitância de 96,4% - 99,8%, sendo linha azul o tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret); linha amarela Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> Mart.) e linha vermelha o Tururi (<i>Manicaria saccifera</i> Gaertn).....	108
Figura 50 - FTIR de 400 a 500 cm ⁻¹ e transmitância de 96,4% - 99,8%, sendo linha preta o tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret); linha verde água o Sisal (<i>Agave sisalana</i>) e linha vermelha o Curauá (<i>Ananas erectifolius</i>).	109
Figura 51 - Gráfico comparativo de valores de Regain	112
Figura 52 - Difratoograma (DRX) da fibra do Tucum. (D5000, DIFFRAC PLUS XRD, Siemens), I002 = 4227 cps e Iam = 835 cps.....	113
Figura 53 - Gráfico comparativo de valores do Índice de Cristalinidade	114
Figura 54 - Gráfico DSC 1º Aquecimento da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) (Diferencial Scanning Colorimeter DSC Q20 V24.11 Build 124).....	115
Figura 55 - Gráfico DSC 2º Aquecimento da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) (Diferencial Scanning Colorimeter DSC Q20 V24.11 Build 124).....	115
Figura 56 - Curva TGA e sua derivada DTG correspondentes ao tucum (TGA Q500 V20. 13 Build 39)	117
Figura 57 - Curva TGA – Fibras de tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)	118
Figura 58 - Curva DTG - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)	118
Figura 59 - Curvas DSC e TGA - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)	119
Figura 60 - Curva Tenacidade x Alongamento – Exemplo.....	121
Figura 61 - Curva Tenacidade x Alongamento - Fibras de tucum (de 1 a 25).....	121
Figura 62 - Curva Tenacidade x Alongamento - Fibras de tucum (de 26 a 50).....	122
Figura 63 - Fibra de tucum em cru e após tratamento de branqueamento.	124
Figura 64 - Fibra de Tucum tingida com corante reativo amarelo, azul e vermelho.	125
Figura 65 - Linha do Tucum	126
Figura 66 – (a) Obtenção da fibra de tucum a partir da folha com auxílio de faca; (b) Fibra do tucum tingida de Urucum, sendo lavada no rio por moradora da comunidade.	128
Figura 67 - Exemplo de uma amostra que não rompeu após ensaio de Tração	130
Figura 68 - Exemplo de uma amostra que rompeu após ensaio de Tração	131
Figura 69 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 2000x e 50 µm.....	151
Figura 70 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 6000x e 20 µm.....	151

Figura 71 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 6000x e 20 μm , com medidas.	152
Figura 72 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 20.000x e 5 μm	152
Figura 73 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 20.000x e 5 μm , com medidas.	153
Figura 74 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 20.000x e 5 μm , com medidas.	153
Figura 75 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 250 x e 500 μm	154
Figura 76 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 400 x e 300 μm	154
Figura 77 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 400 x e 300 μm , com medidas.	155
Figura 78 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret) com aumento e escala, respectivamente: 1000 x e 100 μm	155
Figura 79 - Análise por EDS nas fibras de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret). (a) Área ensaiada; (b) Resultado por camadas. (Análise 1)	156
Figura 80 - Resultado da análise EDS por camadas separadas. (a) Carbono; (b) Oxigênio; (c) Cálcio; (d) Sílica. (Análise 1)	157
Figura 81 - Análise por EDS nas fibras de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret). (a) Área ensaiada; (b) Resultado por camadas. (Análise 2)	158
Figura 82 - Resultado da análise EDS por camadas separadas. (a) Carbono; (b) Oxigênio; (c) Cálcio; (d) Sílica. (Análise 2)	159
Figura 83 - Difratoograma (DRX) da fibra do Tucum. (I002 = 160000 cps e Iam = 25000 cps). (Análise 2).	162
Figura 84 - Curva TGA – Fibras de tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)	163
Figura 85 - Curva DTG - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)	164
Figura 86 - Curvas DSC e TGA - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)	165

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição Química de fibras vegetais comercialmente importantes.....	32
Tabela 2 - Formulação empregada para branqueamento da fibra de tucum em relação de banho 1:20, isto é, 1g para 20 ml, em relação à quantidade de fibra de tucum.....	84
Tabela 3 - Corantes reativos utilizados no tingimento da fibra de tucum	86
Tabela 4 - Formulação empregada para tingimento da fibra de tucum em relação de banho 1:20, isto é, 1g para 20 ml, em relação à quantidade de fibra de tucum.	87
Tabela 5 - Valores calculados pelo software Minitab a partir dos comprimentos medidos das fibras do Tucum.	99
Tabela 6 - Valores calculados pelo software Minitab a partir dos diâmetros medidos das fibras do tucum.	100
Tabela 7 - Densidade das fibras de tucum.....	107
Tabela 8 - Bandas de infravermelho determinadas para material fibroso de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret), Tururi (<i>Manicaria saccifera</i>), Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>), Sisal (<i>Agave sisalana</i>) e Curauá (<i>Ananas erictifolius</i>) e suas respectivas atribuições.....	110
Tabela 9 - Bandas FTIR (infravermelho médio) para elementos constituintes de materiais vegetais.....	111
Tabela 10 - Determinação do teor de Regain das fibras do tucum.....	112
Tabela 11 - Estimativa de concentrações de hemicelulose, α -celulose e lignina na fibra do tucum através da análise das curvas de TGA; DTG e DSC	120
Tabela 12 - Comparação da estimativa de concentrações de hemicelulose, α -celulose e lignina em outras fibras lignocelulósicas.	120
Tabela 13 - Propriedades mecânicas da fibra do tucum	122
Tabela 14 - Propriedades mecânicas da fibra do tucum	122
Tabela 15 - Comparação com outras fibras - Tenacidade/Alongamento/Módulo Young	123
Tabela 16 - Resultados grau de branco (escala de Berger).	123
Tabela 17 - Resultados de força colorística (K/S e Reflectância R%) das fibras de Tucum após tingimento com corantes reativos.....	124
Tabela 18 - Caracterização das fibras do tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret)	125
Tabela 19 - Caracterização básica do fio de tucum	129
Tabela 20 - Caracterização das amostras de tecido 100% tucum.....	129
Tabela 21 - Resultados dos testes de Tração em dinamômetro no sentido do urdume das amostras de tecido 100% tucum.....	130
Tabela 22 - Comprimento da fibra de tucum.....	149
Tabela 23 - Diâmetro das fibras de tucum	150
Tabela 24 - Densidade da fibra de Tucum	160
Tabela 25 - Valores encontrados no ensaio de Regain feito com a fibra de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i>).....	161
Tabela 26 - Valores de Densidade Linear (Tex), Carga Máxima (N), Carga de Ruptura (N) e Tenacidade na Ruptura (cN/Tex) obtidos nos testes em dinamômetro com a fibra de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i>)	166
Tabela 27 - Valores de Alongamento Máxima (mm), Alongamento na Ruptura (mm), % de Alongamento (%) e Módulo Young (N/Tex) obtidos nos testes em dinamômetro com a fibra de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i>)	167

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diversidade do termo tucum encontrado na literatura.....	52
Quadro 2 – Principais estudos sobre as fibras de <i>A. chambira</i> usadas por comunidades tradicionais.....	56

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Transmítância.....	67
Equação 2 – Transmítância (%)	67
Equação 3 – Absorbância	67
Equação 4 – Entalpia de transição.....	70
Equação 5 – Título Médio.....	75
Equação 6 – Cálculo da densidade.....	80
Equação 7 – Cálculo da densidade.....	80
Equação 8 - Regain (%)	81
Equação 9 – Índice de Cristalinidade.....	81
Equação 10 – Tenacidade (cN/Tex)	83
Equação 11 – Módulo de Young	83
Equação 12 – Grau de Brancura	86
Equação 13 – Força Colorística (K/S)	88
Equação 14 – Cálculo da Gramatura	95
Equação 15 – Média	96
Equação 16 – Desvio Padrão	96
Equação 17 – Coeficiente de Variação	97

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVO	21
2.1. Geral.....	21
2.2. Específicos.....	21
3. JUSTIFICATIVA.....	22
4. REVISÃO DA LITERATURA	24
4.1. Sustentabilidade	24
4.1.1. Histórico da questão ambiental em nível mundial	24
4.1.2. Desenvolvimento Sustentável	26
4.2. Cadeia Têxtil	28
4.2.1. Introdução à cadeia têxtil	28
4.2.2. Fibras Têxteis.....	29
4.2.2.1. Fibras Vegetais	31
4.2.2.2. Fibras Vegetais no Brasil.....	36
4.2.3. Processos têxteis.....	37
4.2.3.1. Fiação.....	37
4.2.3.2. Tecelagem/Malharia.....	39
4.2.3.3. Beneficiamento	40
4.2.3.4. Confecção	40
4.2.4. Moda	40
4.2.4.1. Sustentabilidade na Moda	41
4.2.4.2. <i>Slow Fashion</i> – Moda Lenta	42
4.2.4.3. Moda Artesanal	43
4.3. Sociobiodiversidade	45
4.3.1. O conceito de Sociobiodiversidade.....	45
4.3.2. População tradicional.....	46
4.3.3. Relação Homem – Natureza	47
4.3.4. Saberes Tradicionais	48
4.3.5. Etnoconservação	50
4.4. Tucum	51
4.4.1. Diversidade do termo tucum	51
4.4.2. Família <i>Arecaceae</i> (antigo <i>Palmae</i>).....	53

4.4.3.	Gênero <i>Astrocaryum</i>	53
4.4.4.	Espécie <i>Astrocaryum chambira</i>	53
4.4.5.	A fibra do tucum (<i>A. chambira</i> Burret) e as comunidades tradicionais	55
4.5.	Fibra do tucum (<i>A. chambira</i> Burret) da comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá 57	
4.5.1.	Extração da fibra	58
4.5.2.	Processamento da fibra	60
4.5.3.	Produtos – rendimento.....	61
4.5.4.	Comercialização e aspectos econômicos	62
4.5.5.	Aproveitamento sustentável.....	63
4.6.	Procedimentos Analíticos de Caracterização	64
4.6.1.	Comprimento	64
4.6.2.	Microscopia	65
4.6.3.	FTIR.....	66
4.6.4.	Regain e umidade	68
4.6.5.	Difração de Raio X (DRX)	68
4.6.6.	Digital Scanning Colorimetry (DSC)	70
4.6.7.	Thermogravimetric Analysis (TGA).....	71
4.6.8.	Ensaio Tênsil de Tração	71
5.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	73
5.1.	Origem das fibras.....	73
5.2.	Instalações para realização de caracterização	74
5.3.	Caracterização da Fibra do Tucum	74
5.3.1.	Climatização das Amostras	74
5.3.2.	Comprimento	75
5.3.3.	Determinação do Título Médio das Fibras.....	75
5.3.4.	Microscopia Eletrônica de Varredura	75
5.3.5.	Microscopia Óptica das Fibras.....	77
5.3.6.	Densidade	80
5.3.7.	FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)	80
5.3.8.	Determinação do Teor de Regain.....	80
5.3.9.	Difração de Raio X (DRX)	81
5.3.10.	Digital Scanning Colorimetry (DSC)	82
5.3.11.	Thermogravimetric Analysis (TGA).....	82
5.3.12.	TGA/DSC	82

5.3.13.	Ensaio de Tração de Fibras	83
5.3.14.	Branqueamento.....	83
5.3.15.	Tingimento	86
5.4.	Caracterização do Fio de Tucum (<i>A. chambira</i> Burret).....	89
5.4.1.	Origem do fio artesanal de tucum (<i>Astrocaryum chambira</i> Burret)	89
5.4.2.	Título do fio	89
5.4.3.	Torção/Retorção	90
5.4.4.	Propriedades mecânicas.....	90
5.5.	Desenvolvimento e caracterização do Tecido de Tucum (<i>A. chambira</i> Burret) .	91
5.5.1.	Desenvolvimento	91
5.5.2.	Caracterização dos Tecidos	94
5.5.2.1.	Dimensões.....	94
5.5.2.2.	Gramatura	95
5.5.2.3.	Densidade de Fios	95
5.5.2.4.	Espessura.....	95
5.5.2.5.	Carga de Ruptura a Alongamento.....	96
5.6.	Análise estatística dos resultados.....	96
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
6.1.	Caracterização físico-química das fibras do tucum (<i>A. chambira</i> Burret)	98
6.1.1.	Comprimento	98
6.1.2.	Título das fibras	99
6.1.3.	Microscopia Óptica das fibras.....	99
6.1.3.1.	Microscopia Longitudinal.....	99
6.1.3.2.	Microscopia transversal.....	101
6.1.4.	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	102
6.1.4.1.	Vista Longitudinal.....	103
6.1.4.2.	Vista transversal.....	105
6.1.5.	Densidade	107
6.1.6.	FTIR.....	108
6.1.7.	Teor de Regain (Recuperação Percentual de Umidade)	111
6.1.8.	Difração de Raio X (DRX)	113
6.1.9.	Digital Scanning Colorimetry (DSC) – 1º ensaio	114
6.1.10.	Thermogravimetric Analysis (TGA) – 1º ensaio.....	116
6.1.11.	Digital Scanning Colorimetry (DSC) / Thermogravimetric Analysis (TGA)	

6.1.12.	Propriedades mecânicas.....	120
6.1.13.	Branqueamento.....	123
6.1.14.	Tingimento	124
6.1.15.	Sumarização dos resultados.....	125
6.2.	A “Linha do Tucum”	126
6.2.1.	Caracterização do Fio de Tucum	128
6.3.	Caracterização do Tecido de Tucum (<i>A. chambira</i> Burret).....	129
6.3.1.	Carga de Ruptura (N) e Alongamento (%).....	129
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
8.	CONCLUSÃO	134
	REFERÊNCIAS.....	135
	NORMAS TÉCNICAS	148
	APÊNDICE A – DADOS DE COMPRIMENTO DAS FIBRAS DE TUCUM	149
	APÊNDICE B – DADOS DE DIÂMETRO DA FIBRA DO TUCUM.....	150
	APÊNDICE C – IMAGENS DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	151
	APÊNDICE D – ANÁLISE POR EDS DAS FIBRAS DE TUCUM	156
	APÊNDICE E – DENSIDADE DA FIBRA DE TUCUM	160
	APÊNDICE F – REGAIN	161
	APÊNDICE G – SEGUNDA ANÁLISE DRX DAS FIBRAS DE TUCUM	162
	APÊNDICE H – TGA DAS FIBRAS DE TUCUM	163
	APÊNDICE I – DTG DAS FIBRAS DE TUCUM.....	164
	APÊNDICE J – DSC DAS FIBRAS DE TUCUM	165
	APÊNDICE K –TESTES EM DINAMÔMETRO COM A FIBRA DO TUCUM	166
	ANEXO I – RESULTADO DE ANÁLISE EM TECIDO DE ALGODÃO FORNECIDO PELO LABORATÓRIO INTERFACE	169

1. INTRODUÇÃO

Inovações relacionadas à sustentabilidade dos têxteis normalmente tem como foco reduzir os níveis de recursos utilizados, como por exemplo água, energia e químicos. Como a matéria prima é o elemento base da indústria da moda, inovações relacionadas a este campo são as mais comuns de serem encontradas (FLETCHER; GROSE, 2012).

As folhas da palmeira de nome científico *Astrocaryum chambira* são uma potencial fonte de fibra vegetal, diversos estudos são encontrados na literatura abordando o uso das fibras desta palmeira por comunidades tradicionais localizadas ao longo de toda região amazônica (GARCIA et al., 2014; LINARES et al., 2008; CASTAÑO et al., 2007; VORMISTO, 2002; COOMES, 2004; GUEL e PENN, 2009; JENSEN; BALSEV, 1995).

O conhecimento tradicional de extração, fiação e confecção de artigos, bem como a importância econômica e emocional dessa fibra para tais comunidades, são os pontos mais explorados pelos autores.

Este processo de convivência harmoniosa com a floresta, deixado pelas antigas populações, aliado ao saber popular atual são verdadeiros patrimônios cultural, arqueológico e histórico, que devem ser valorizados e preservados pelas gerações do presente, para garantir que as futuras gerações também possam usufruir destes valiosos recursos e benefícios que a Amazônia possui (SOUSA et al., 2015).

Segundo Brown e Freitas (2002), a Reserva Extrativista do Vale do Juruá, sudoeste da Região Amazônica, é considerada uma das regiões mais ricas em biodiversidade de todo o mundo e deixa claro que as intervenções realizadas pelas comunidades tradicionais do Vale do Juruá contribuem para sua conservação.

Na comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá (localizada no município de Ipixuna, sudoeste do Amazonas, próximo à fronteira com o Acre, Brasil), as fibras da palmeira de *A. chambira* Burret, são popularmente conhecidas como “fibras do tucum” e através de conhecimento tradicional mantido de geração em geração, os povos da região confeccionam um fio conhecido regionalmente como “Linha do Tucum” que dá origem a diversos artesanatos (ABREU; NUNES, 2012).

A discussão atual sobre o papel das comunidades na conservação ambiental pauta-se na integração dos conhecimentos tradicionais aos conhecimentos científicos (HANAZAKI et al., 2010; BOHENSKY; MARU, 2011).

Assuntos como cadeia têxtil, fibras vegetais e sociobiodiversidade são abordados na revisão bibliográfica do presente estudo pois fazem parte do contexto que a fibra envolve. A

cultura dos povos amazônicos e a relação entre a fibra e as comunidades tradicionais são pontos especiais dos temas abordados, entendidos como essenciais e indissociáveis do estudo desta fibra.

A caracterização física e química inédita das fibras de *A. chambira* Burret, ou “fibras do tucum” foi realizada, analisando parâmetros de comprimento; título; caracterização tênsil - força e alongamento de ruptura, tenacidade e módulo de Young; regain (Recuperação Percentual de Umidade); microscopia óptica transversal e longitudinal; MEV com microanálise por EDS; densidade; TGA e DSC (com estimativa de teores de lignina, celulose e hemicelulose); FTIR; DRX e comportamento relativo ao branqueamento e ao tingimento.

O estudo sobre o fio conhecido como “Linha do Tucum”, confeccionado pela comunidade Vila ecológica Céu do Juruá foi desenvolvido, descrevendo os processos que fazem parte do conhecimento tradicional da comunidade a partir de dados bibliográficos já elaborados, e realizando uma caracterização física em laboratório, estimando valores de título, torção, tenacidade e alongamento obtidos pela fiação artesanal e tradicional.

Além disso, amostras de tecido plano de urdume e trama foram confeccionadas em tear manual com as fibras de tucum (*A. chambira* Burret). As dimensões, gramatura, densidade de fios de trama e urdume e espessura das amostras foram registradas e a carga máxima de ruptura dos tecidos foram ensaiadas em testes de tração em dinamômetro, a fim de ilustrar como a fibra se comportaria mecanicamente em uma estrutura têxtil.

Os resultados obtidos na presente pesquisa serão uma base de dados completa sobre as fibras de tucum (*A. chambira* Burret), reunindo desde contextos culturais até parâmetros técnicos. Com isso, pretende-se ser um ponto de partida para futuras pesquisas que venham a abordar o potencial de aplicação desta fibra.

2. OBJETIVO

2.1. Geral

Realizar a caracterização têxtil e físico-química da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret), do seu fio artesanal e da estrutura têxtil 100% tucum (tecido plano, ligamento tela).

2.2. Específicos

- Realizar revisão bibliográfica sobre fibras de *A. chambira*, incluindo aspectos técnicos e seu emprego por comunidades amazônicas;
- Realizar a caracterização têxtil e físico-química da fibra do tucum (*A. chambira* Burret), a partir de testes comprimento; título; caracterização tênsil (força e alongamento de ruptura, tenacidade e módulo de Young); regain; microscopia óptica transversal e longitudinal; MEV com microanálise por EDS; densidade; TGA e DSC (com estimativa teores de lignina, celulose e hemicelulose); FTIR; DRX e comportamento relativo ao branqueamento e tingimento;
- Comparar os resultados com outras fibras de reconhecida empregabilidade têxtil, notadamente fibras de folhas e/ou outras espécies de palmeiras;
- Realizar a caracterização têxtil do fio artesanal confeccionado pela comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá (Ipixuna, AM) com fibras de *A. chambira* Burret, conhecido como “Linha do Tucum e de uma estrutura têxtil simples feita com esse fio (tecido plano, ligamento tela).

3. JUSTIFICATIVA

O uso excessivo de matéria prima e energias não renováveis, somado a elevados níveis de geração de resíduo, tem fortalecido uma demanda por criação de alternativas nos campos científico e tecnológico. O principal propósito desse novo olhar, é garantir que as necessidades da geração atual sejam atendidas sem comprometer as necessidades das gerações futuras, descrição de desenvolvimento sustentável definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987 (LAHR, SAVASTANO JUNIOR, FIORELLI, 2015; WCED, 1987).

Recentemente, com a crise ambiental mundial e suas inúmeras possibilidades que de certa forma têm estimulado o reconhecimento da diversidade social que conforma a região amazônica, tornou-se recorrente no discurso de acadêmicos e de porta-vozes do governo, de movimentos sociais e de empresas, a necessidade do repensar o uso da biodiversidade, agregando valor aos produtos extrativistas e valorizando o conhecimento tradicional dos povos da floresta (PORTO-GONÇALVES, 2001; LIRA et al., 2009; PORRO; SHIRAIISHI NETO, 2013).

A dependência direta das comunidades tradicionais com o ambiente configura uma modalidade de relação sociedade-natureza (DIEGUES e ARRUDA, 2001; TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2009). É uma relação considerada de baixo impacto ambiental (CUNHA; ALMEIDA, 2000) e, portanto, que pode propiciar a conservação da diversidade biológica (SHEN et al., 2012; SILVA; FRAXE, 2013). Nesse sentido, frente à crise ambiental, o modo de vida e os saberes dessas populações têm sido arrolados como importantes instrumentos para a conservação ambiental (PEREIRA; DIEGUES, 2010).

Os impactos ambientais da indústria têxtil e da moda estão presentes em toda a cadeia, incluindo marketing, vendas e transporte, bem como a fase de uso do consumidor e o descarte. As maiores questões ambientais da indústria da moda envolvem o consumo de energia e água, o uso de tóxicos e a geração de um grande volume de lixo. Algumas questões sociais são comumente encontradas na indústria da moda atual, como péssimas condições de trabalho, trabalho infantil e salários injustos nos países em desenvolvimento (ALLWOOD et al., 2015).

As fibras vegetais alternativas às convencionais, por serem abundantes, de baixo impacto ambiental e oferecerem propriedades tecnológicas adequadas à algumas aplicações, estão se tornando alternativas atrativas na indústria têxtil, do ponto de vista econômico e sustentável, o que vem aumentando o número de pesquisas orientadas à sua utilização (GUIMARÃES et al., 2010).

As folhas da palmeira *Astrocaryum chambira* Burret, conhecida como “tucum” na Amazônia ocidental brasileira, são uma potencial fonte de fibra vegetal. Tais fibras já foram estudadas por autores, os quais relacionaram pontualmente sua utilização com comunidades tradicionais, porém, a caracterização físico-química e têxtil da fibra e do fio não foi encontrada em estudos anteriores.

Portanto, essa pesquisa possui um caráter inédito sobre a caracterização das fibras de *A. chambira* Burret.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Sustentabilidade

4.1.1. Histórico da questão ambiental em nível mundial

A tendência contínua e acelerada de mudança tecnológica que marcou o século XX exerceu efeitos multiplicativos e revolucionários sobre quase todos os campos da vida humana (SEVCENKO, 2001). O processo de extrema globalização econômica e cultural trouxe em seu seio um processo de desterritorialização e fragmentação do tempo, criando um estado de coisas em que “a competitividade comanda nossas formas de ação, o consumo comanda nossas formas de inação e a confusão dos espíritos impede o nosso entendimento do mundo, do país, do lugar, da sociedade e de cada um de nós mesmos” (SANTOS, 2000).

A compreensão geral da relação homem x natureza foi desenvolvida até o século XIX considerando-os como dois polos excludentes, tendo subjacente a concepção de uma natureza objeto, fonte ilimitada de recursos à disposição do homem. Com base nesta concepção desenvolveram-se práticas, por meio de um processo de industrialização, em que a acumulação se realizava por meio da exploração intensa dos recursos naturais, com efeitos perversos para natureza e para o homem (CUNHA; GUERRA, 2003).

Conforme descreve Derani (2009), foi justamente a dominação humana que nos trouxe o que é hoje chamada de crise ambiental, que remete ao perigo das bases de sustentação do sistema produtivo vigente e está associada à dilapidação dos recursos naturais decorrentes da dominação estritamente utilitarista, na qual a natureza é um recurso do qual o homem não faz parte. É uma relação sujeito e objeto em dois mundos: o mundo social e o mundo natural.

Segundo Guido Soares (2001), o século XX herdou dos séculos anteriores à ideia de que o desenvolvimento material das sociedades era o valor supremo a ser almejado, tal como potencializado pela revolução industrial, sem atentar-se, entretanto, que as atividades industriais têm um subproduto altamente nocivo para a natureza e em consequência para o homem, que depende desta para ter uma vida digna e com saúde.

Os efeitos da exploração desordenada dos recursos naturais passam a ser percebidos pela sociedade na medida em que os impactos, ou seja, os subprodutos nocivos mencionados por Guido Soares (2001), prejudicam o meio ambiente em que vive o homem, afetando sua saúde, moradia, bem-estar etc.

Neste sentido diversos estudos foram realizados, podendo ser mencionada a publicação do livro intitulado “Limites do Crescimento” (MEADOW, 1972), produto do trabalho do Clube de Roma, grupo de seletos intelectuais, que comprovou matematicamente que a terra não suportaria o padrão de desenvolvimento e consumo das sociedades atuais.

Segundo Derani (2009), quanto mais a relação com a natureza se dissocia da compreensão de seu movimento intrínseco, quanto mais o homem se relaciona com o seu meio como um sujeito situado num plano apartado de seu objeto, mais a domesticação da natureza se transforma em pura atividade predatória.

Neste cenário, em 1972 emerge na pauta da Organização das Nações Unidas (ONU) a questão ambiental, com a realização em Estocolmo da 1ª Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano que teve como produtos uma declaração de 26 princípios norteadores, um Plano de Ação para o Meio Ambiente. A conferência é considerada um divisor de águas em relação ao despertar da consciência ecológica (GADOTTI, 2000).

Ainda no mesmo ano foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA): instituído por meio da Resolução nº 2.997, é o órgão subsidiário da Assembleia Geral da ONU para tratar de assuntos ambientais (GADOTTI, 2000).

Em 1980 o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) publicou Uma estratégia mundial para a conservação, documento que também corroborava a visão crítica do modelo de desenvolvimento dos países industrializados. Em 1981, Lester Brown, fundador do *World Watch Institute*, publica o livro “Building a Sustainable Society”, que trazia uma visão bastante avançada da questão da sustentabilidade (MOUCHREK, 2014).

Para este fim foi criada uma Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida pela Primeira Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, que preparou um relatório sobre a questão ambiental mundial e o apresentou a Assembleia Geral da ONU em 1987. “Our Common Future - Relatório Brundtland” ou “Nosso Futuro Comum” é o título da versão em português publicada pela FGV, ficou muito conhecido por inaugurar o conceito de desenvolvimento sustentável, além de trazer à tona as preocupações, os desafios e os esforços comuns a toda humanidade para a lida com os problemas ambientais (BRUNDTLAND, 1988).

Em 1992, vinte anos após Estocolmo, mais maduro intelectualmente, o PNUMA realiza a 2ª Conferência Internacional desta vez sobre Meio Ambiente e *Desenvolvimento* realizada no Brasil na cidade do Rio de Janeiro. Conhecida como ECO 92 ou RIO 92, foi sem dúvida o evento internacional de maior expressão na área ambiental, teve uma dimensão muito maior que a primeira de Estocolmo 1972, contou com a participação de 178 Governos, com a presença de mais de 100 Chefes de Estados e cerca de 1.786 Organizações Não Governamentais (ONGs), segundo relatório da delegação brasileira (GADOTTI, 2000).

A ECO 92 teve como resultados uma Declaração sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como “Declaração do Rio” ou “Carta da Terra” que consagrou

conceitos importantes, como a proteção às presentes e futuras gerações, reconheceu a responsabilidade dos países industrializados por serem os principais causadores dos danos ao meio ambiente mundial, e trouxe uma gama de princípios basilares para uma política ambiental. Foi aprovada também uma Declaração de Princípios sobre o Consenso Global no Manejo, Conservação e Desenvolvimento Sustentável de todos os tipos de Florestas (GADOTTI, 2000).

Além disso, durante a Conferencia foi aprovada a Agenda 21, podendo ser considerada como uma agenda de compromissos para o século XXI, pois determina as ações que devem ser realizadas pelos Estados para o estabelecimento de um programa global de política de desenvolvimento e ambiental, levando em consideração as disparidades existentes entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento (GADOTTI, 2000).

Nos anos que se seguiram, o debate sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável ampliou-se e popularizou-se. Na virada do milênio, estes termos ganharam vida própria e distanciaram-se de seu sentido original. Na visão de Engelman (2013), por meio do uso cotidiano cada vez mais frequente e inapropriado, “a palavra sustentável se tornou sinônimo para o adjetivo igualmente vago e inquantificável verde”, perdendo força e impacto, sendo frequentemente utilizada pelas empresas para promoção de uma imagem pública confiável, mascarando muitas vezes uma atuação sócio-econômico-ambiental neutra ou questionável.

4.1.2. Desenvolvimento Sustentável

Conforme pode ser visto anteriormente, segundo o Relatório o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1988).

Mas antes e para isso devemos considerar dois conceitos chaves: primeiramente atender às necessidades básicas de todos, em especial dos pobres do mundo; depois considerar as limitações que o estado da tecnologia e de organização social impõe ao meio ambiente. O desenvolvimento supõe uma transformação progressiva da economia e da sociedade, em que o uso dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais concretizam o potencial de atendimento das necessidades humanas do presente e do futuro. (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – CMMAD, 1991).

Segundo Sachs (1993, p.21) “(...) tem-se a necessidade maior de crescimento econômico com formas, conteúdos e usos sociais completamente transformados, atendendo as necessidades das pessoas buscando uma distribuição mais justa da renda, a conservação dos recursos e enfatizando técnicas mais limpas de produção (...)”.

Ainda, de acordo com Sachs (2004), ao planejar o desenvolvimento devemos considerar as cinco dimensões da sustentabilidade simultaneamente:

- Sustentabilidade social: Desenvolvimento social baseado em outro tipo de crescimento, desvinculando-se da lógica do consumo e considerado de forma multidimensional, abrangendo todo o espectro das necessidades materiais e não materiais de todos;
- Sustentabilidade econômica: Possibilitada por uma alocação e gestão mais eficientes dos recursos e por um fluxo regular do investimento público e privado. Direção dos investimentos em prol da sustentabilidade. A eficiência econômica deve ser avaliada mais em termos macrosociais do que apenas por critérios de lucratividade empresarial;
- Sustentabilidade ecológica: Usando as seguintes alavancas:
 - Uso dos recursos potenciais de cada ecossistema, com mínimo de dano aos sistemas de sustentação da vida e para propósitos socialmente válidos;
 - Limitação do uso de combustíveis fósseis e produtos facilmente esgotáveis ou ambientalmente prejudiciais, substituindo-os por recursos e/ou produtos renováveis ou abundantes e ambientalmente inofensivos;
 - Redução do volume de resíduos e poluição;
 - Autolimitação do consumo material pelos países ricos e pelas camadas sociais privilegiadas de todo mundo;
 - Intensificação das pesquisas em tecnologias limpas e que utilizem de modo mais eficiente recursos para promoção do desenvolvimento urbano, rural e industrial;
 - Definição das regras para uma adequada proteção ambiental;
- Sustentabilidade espacial: Do espaço rural ou urbano, em uma configuração mais equilibrada e uma melhor distribuição social de assentamentos humanos e atividades econômicas. Com projetos modernos de agricultura regenerativa e agroflorestamento, operados por pequenos produtores, para isso o acesso a pacotes técnicos adequados, ao crédito e ao mercado;
- Sustentabilidade cultural: Privilegiando processos de mudança no seio da continuidade cultural e traduzindo o conceito normativo de codesenvolvimento em uma pluralidade de soluções particulares que respeitem as especificidades de cada ecossistema, de cada cultura e de cada local, fomentando a visão plural.

4.2. Cadeia Têxtil

4.2.1. Introdução à cadeia têxtil

Segundo a ABIT (2017), o setor têxtil é o 2º maior empregador da indústria de transformação no Brasil, perdendo apenas para o setor de alimentos e bebidas. Possui 1,5 milhão de empregados diretos, dos quais 75% são de mão de obra feminina. Sendo assim, a indústria têxtil representa 16,7% dos empregos e 5,7% do faturamento da Indústria de Transformação Brasileira.

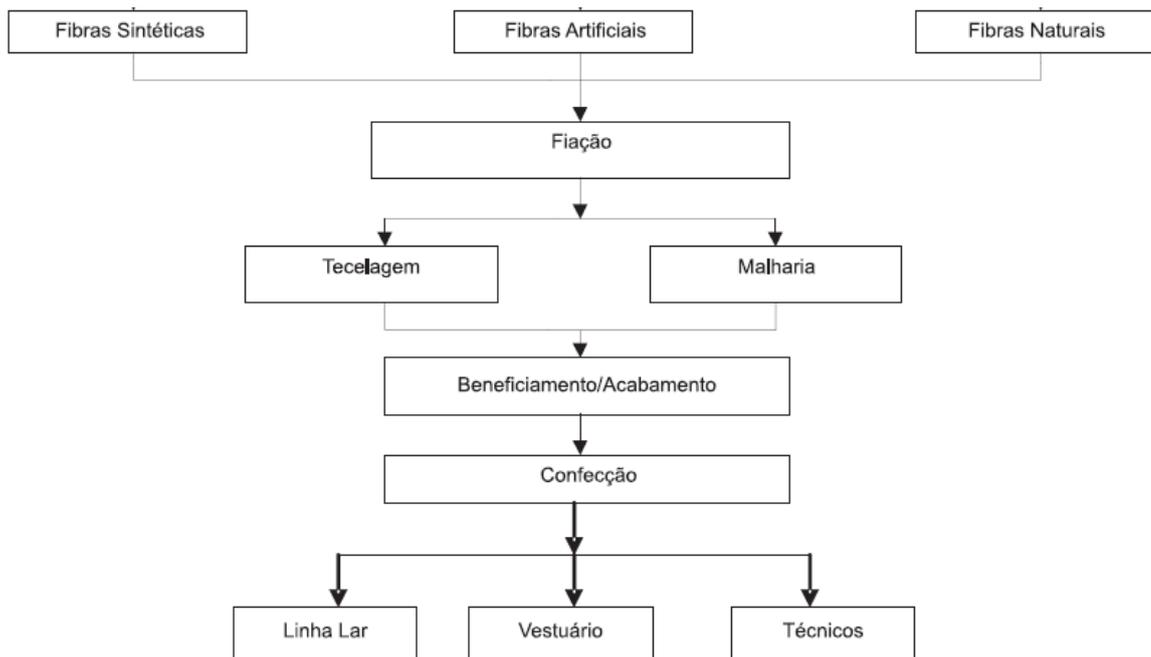
O Brasil é a última cadeia têxtil completa do Ocidente, sendo o 5º maior produtor têxtil do mundo, com a produção das fibras, como plantação de algodão, até os desfiles de moda, passando por fiações, tecelagens, beneficiadoras, confecções e varejo (ABIT, 2017).

A cadeia produtiva têxtil e de confecção é formada por diversos segmentos industriais que são autônomos, cuja interação, porém, é fundamental para a sua organização (COSTA; ROCHA, 2009).

As indústrias se fragmentam nas diferentes etapas, iniciando com a matéria prima, recebendo e preparando as fibras; transformando as fibras em fio na fiação; transformando o fio em tecidos ou em outros produtos em tecelagens e malharias; e tingindo e finalizando esses materiais de diversas formas possíveis, conforme as necessidades. O produto final de cada etapa é a matéria prima da etapa seguinte (GHOSH; GANGOPADHYAY, 2000).

Assim, os produtos finais chegam ao consumidor em forma de vestuário, artigos para o lar, ou são obtidos para fins técnicos como nãotecidos e feltros (BABU et al., 2007).

Alguns dos processos da cadeia têxtil podem ser vistos na **Figura 1**.

Figura 1 - Estrutura da Cadeia Produtiva Têxtil e de Confeções

Fonte: (COSTA; ROCHA, 2009).

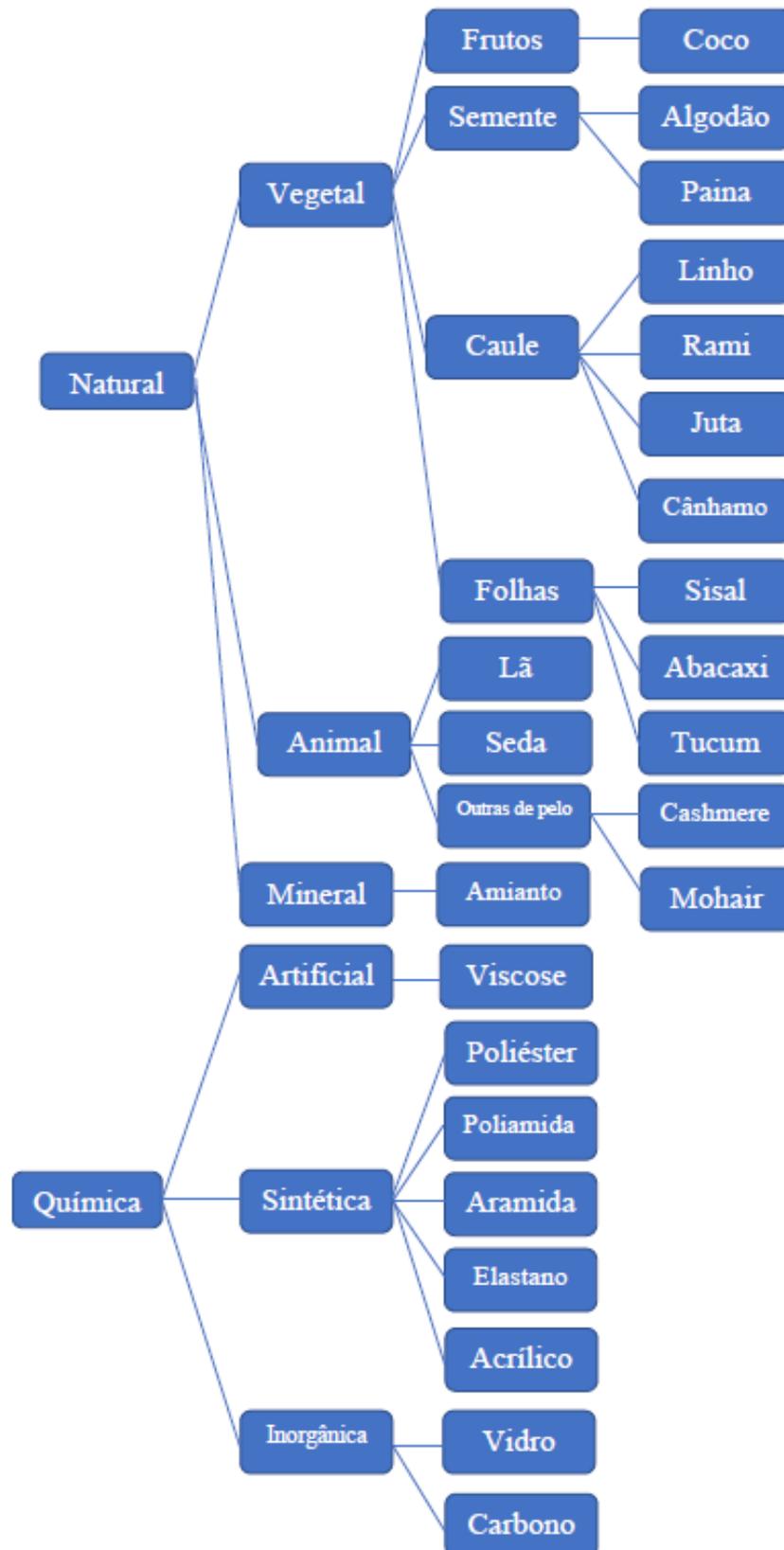
4.2.2. Fibras Têxteis

Fibra têxtil é um termo genérico para vários tipos de materiais, naturais ou químicos, constituídos por elementos filiformes, que formam os elementos básicos para fins têxteis. Caracterizam-se por apresentar um comprimento pelo menos cem vezes superior à sua largura ou diâmetro (AGUIAR NETO, 1996).

Uma definição feita pelo *The Textile Institute*, instituição estabelecida na Inglaterra para facilitar o aprendizado, reconhecer os resultados e disseminar as informações entre as indústrias têxteis globais, aborda a fibra como a matéria prima têxtil, geralmente caracterizada pela flexibilidade, finura e grande razão entre comprimento e finura. Para cada aplicação as fibras precisam de uma combinação de força e estabilidade (HEARLE, 2009).

Considerando sua origem, as fibras têxteis são classificadas em dois grandes grupos: naturais e químicas (manufaturadas) (MARINELLI et al., 2008), conforme pode ser visto na **Figura 2**.

Figura 2 - Classificação das Fibras Têxteis



Fonte: Adaptado de Sinclair (2015).

4.2.2.1. Fibras Vegetais

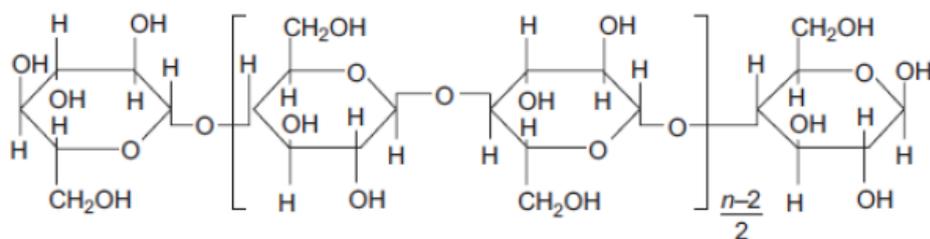
Acredita-se que na busca de elementos para a produção de vestes destinadas ao aquecimento corporal, centenas de fibras foram coletadas e examinadas como potencial matéria prima. Tal busca incluiu pelo de animais, as partes fibrosas das plantas, desde as mais grosseiras como as urtigas até as bem finas como a pluma de algodão. Também os filamentos formados por insetos, como a teia de aranha e o fio do casulo do bicho da seda, foram testados para torção e formação de fios (COOK, 2001).

A utilização de fibras naturais de origem vegetal, além das comumente conhecidas e empregadas (tais como algodão, linho, rami, juta, etc.) é destacada em razão da enorme variedade de plantas disponíveis na biodiversidade, passíveis de serem pesquisadas, e por ser uma fonte de recurso renovável (NECHWATAL et al., 2003).

Além disso, as fibras vegetais apresentam vantagens relevantes em sua utilização comparando-se com outras fibras pelas boas propriedades mecânicas e térmicas, facilidade de separação, biodegradabilidade, baixo custo, entre outras (SANTOS et al., 2009).

A celulose é o principal componente das fibras vegetais. As categorias de celulose natural incluem fibras de sementes, fibras de caule, fibras de folhas e até fibras de cascas como de coco. Celulose caracteriza-se por ser um polímero linear de cadeia longa e não é solúvel em água devido ao seu tamanho. Trata-se de um hidrato de carbono composto por 44,4% de carbono; 6,2% de hidrogênio e 49,4% de oxigênio (**Figura 3**) (SINCLAIR, 2015).

Figura 3 - Representação da molécula de celulose.



Fonte: (SINCLAIR, 2015).

Para a construção das fibras celulósicas, feixes de moléculas de celulose se agregam em forma de microfibrilas, e estas constroem fibrilas que constituem as fibras. Os componentes químicos principais das fibras vegetais são substâncias polares, como a celulose, lignina e hemicelulose, e por isso podem ser chamadas de fibras lignocelulósicas. Há também em sua

construção pequenos percentuais de pectina, substâncias solúveis em água e ceras (BENINI, 2011).

Na **Tabela 1** apresenta-se a composição química de fibras têxteis vegetais comercialmente importantes.

Tabela 1 - Composição Química de fibras vegetais comercialmente importantes.

Fibras	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Pectina (%)
Algodão	92	6	-	<1
Juta	72	13	12	-
Linho	81	14	3	4
Sisal	73	13	11	2
Cânhamo	74	18	4	1
Fibra de Côco	43	<1	45	4
Rami	76	15	1	2
Palha	40	28	17	8
Paina	13	-	-	-

Fonte: (MWAIKAMBO; ANSELL, 2002; GUIMARÃES, 2014).

A composição química das fibras vegetais pode apresentar variações de acordo com as características da região de cultivo da planta, condições climáticas e tipos de solo. E o aprimoramento da sua qualidade tem início com os cuidados no cultivo das plantas, nos métodos de colheita, nos processos que antecedem a fiação (PEZZOLO, 2012).

As partes das fibras onde as moléculas de celulose se encontram paralelizadas são chamadas cristalinas; no caso contrário, são chamadas amorfas. Se as moléculas são paralelas ao eixo longitudinal, há um elevado grau de orientação molecular. Geralmente, a orientação e a cristalinidade elevada implicam em força, rigidez, baixo alongamento e baixa elasticidade (CYU, 2014).

Segundo Trombetta (2010), as fibras vegetais ou lignocelulósicas podem ser extraídas de diversas partes, como: caule (juta, banana, linho, cânhamo, kenaf, rami, malva); folha (abacaxi, sisal, henequém, curauá); fruto (côco, açaí) ou semente (algodão, paina).

Como pode ser visto no esquema a cima, o tucum, por ser retirado das folhas de uma palmeira, pode ser considerado como uma “fibra têxtil natural vegetal de folha”.

- Fibras de Semente

As fibras da semente são provenientes de células epidérmicas de algumas plantas, possuem estrutura unicelular e constituem-se basicamente de celulose. Como exemplo de fibras da semente pode-se citar o algodão (fibra proveniente da semente do algodoeiro *Gossypium*), que é a mais utilizada delas (KUASNE, 2008) (**Figura 4**).

Figura 4 - Capulho de algodão maduro.



Fonte: (ZUCA, 2016).

- Fibras de Caule

As denominadas fibras liberianas ou fibras macias têm origem no caule das plantas dicotiledôneas ou exógenas (de crescimento para fora), ocorrem na região fibroliberiana, ou floema, que está localizada em torno do lenho ou xilema e logo abaixo da casca do caule, podendo ser lignificadas ou não, com textura macia e flexível. As fibras liberianas “verdadeiras” são feixes multicelulares, agregados de células esclerenquimatosas em que as extremidades se sobrepõem formando filamentos contínuos por toda a extensão do caule, estes são cimentados por tecidos do floema, gomas e ceras e também por fibrilas ou fibras elementares que os compõem (MEDINA, 1959).

São exemplos de fibras vegetais do caule o cânhamo (fibra proveniente do líber do cânhamo ou *Cannabis sativa* L. – Canabaceas (**Figura 5a**), a juta (fibra proveniente do líber de *Corchorus capsularis* L. – Tiliaceae e de *Corchorus olitorius* L. - Malvaceae) (**Figura 5b**), o linho (fibra proveniente do líber do linho *Linum usitatissimum* L. - Linaceae) e o rami (Fibra proveniente do líber da *Boehmeria nivea* Gaudich. – Urticaceae) (KUASNE 2008).

Figura 5 - (a) Caule fibroso de cânhamo; (b) Fibra de Juta sendo seca em varal.



(a)

(b)

Fonte: (a) (GUIMARÃES, 2016); (b) (TOLEDO; SOUZA, 2010).

Os filamentos ou feixes podem ser isolados dos tecidos vegetais circundantes por vários processos, sendo um dos mais comuns o processo biológico de maceração, o mesmo aplicado no cânhamo, linho e juta, por exemplo. Esse processo consiste em submeter o material à ação de microrganismos que decompõem os tecidos que circundam os feixes fibrosos e parcialmente também as substâncias intercelulares. Dessa maneira são facilmente separados por lavagem manual ou mecânica, conhecida como descorticação, em que as cascas detentoras de fibras são separadas em forma de cintas do lenho. No entanto, isso não exclui a necessidade de maceração ou tratamento químico posterior, que tem o intuito de eliminar substâncias e tecidos que mantêm os feixes fibrosos unidos entre si (MEDINA, 1959).

- Fibras de Fruto

Segundo Araújo e Castro (1984), as fibras de fruto são compostas essencialmente por celulose, com substâncias intercelulares formadas por hemicelulose e lignina. A fibra de coco (**Figura 6**) é a mais utilizada dentre as fibras oriundas dos frutos das plantas. É originária do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), a qual é uma palmeira de estipe (caule) cilíndrico liso.

Figura 6 - Fibra extraída do coco.



Fonte: (PLANTA SONYA, 2018).

- Fibras de Folha

As fibras de folha têm sua origem nas folhas de monocotiledôneas ou endógenas (de crescimento para dentro). Ocorrem em feixes ou fascículos compostos de células individuais, denominadas fibras elementares ou fibrilas, unidas entre si por gomas e ceras, espécie de um cimento vegetal, e com as extremidades sobrepondo-se, formando filamentos contínuos em todo o comprimento da folha. Esses feixes dão resistência e rigidez à folha e sustentam os vasos condutores de seiva (MEDINA, 1959).

Como exemplo de fibra vegetal oriunda das folhas destaca-se a de sisal, que provém de uma planta tropical perene pertencente à família das *Amarilidáceas*.

Poucas espécies são cultivadas comercialmente para a produção de fibras, sendo a mais importante, neste particular, a *Agave sisalana* (**Figuras 7a e 7b**). As fibras do sisal são extraídas das folhas cujo comprimento varia entre 80 e 100 mm de largura e 1500 a 2000 mm de comprimento (MARTIN et al., 2009). Apresentam excelente resistência à ruptura e ao alongamento, além de notável resistência à água salgada (aumento de resistência quando molhadas).

Figura 7 - (a) Agave sisalana; (b) Fibra do Sisal



(a)



(b)

Fonte: (a) (MIRANDA, 2018); (b) (NOTÍCIA DA SERRA, 2018).

Comercialmente, assim como na indústria têxtil, as fibras extraídas da folha são utilizadas sob a forma de feixes em todo seu comprimento original, as quais, após a separação dos demais tecidos da folha, geralmente por processo mecânico, são denominadas filamentos, ou no comércio apenas fibras. O principal uso final está na manufatura de muitos tipos de cordas e barbantes, embora sejam também empregadas na fabricação de tecidos grosseiros (MEDINA, 1959).

4.2.2.2. Fibras Vegetais no Brasil

No território brasileiro concentra-se uma das mais ricas biodiversidades do planeta: a Floresta Amazônica. Com uma área de floresta densa com aproximadamente 5,5 milhões de quilômetros quadrados, dos quais 3,6 milhões estão no Brasil, esta região apresenta uma riqueza incalculável em diversidade de organismos, bem como a maior concentração de água doce do planeta (MARINELLI et al., 2008).

Sendo um país megadiverso, tem um potencial enorme de aproveitamento da biodiversidade para obtenção de produtos naturais, farmacêuticos, têxteis, cosméticos, alimentícios, entre outros, aliada à conservação ambiental, principalmente considerando quão pouco ainda se sabe sobre essa biodiversidade (FERRO et al., 2006).

Essa riqueza extraordinária, com recursos naturais abundantes, condições climáticas favoráveis e solo fértil, possibilita uma grande produção de fibras vegetais no Brasil, tais como:

algodão, fibra de bananeira, fibra de coco, sisal, juta, malva, piaçava, buriti, abacaxi e curauá, etc. (SANTOS, 2013).

4.2.3. Processos têxteis

De acordo com Maluf e Kolbe (2003), as demais etapas do processo produtivo têxtil e da moda são como descritas nos itens a seguir.

4.2.3.1. Fiação

O processo de fiação pode ser descrito como a etapa de obtenção do fio a partir das fibras têxteis utilizadas como matéria-prima. As propriedades físicas da matéria-prima fibrosa condicionam e definem o processo de fiação a ser utilizado.

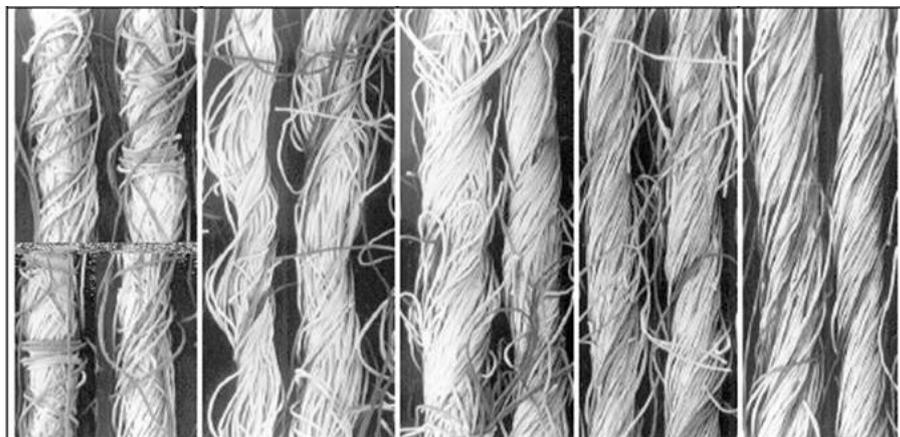
Em geral, o fio pode ser definido como um agrupamento de fibras lineares ou filamentos, que formam uma linha contínua com características têxteis. Dentre as principais características têxteis, podem-se incluir a boa resistência (durabilidade) e a alta flexibilidade.

Segundo Lord (2003), os fios têxteis podem ser construídos de diversas formas conforme resumido a seguir:

- Fios Simples (singelos)

São fios constituídos de apenas um cabo e podem ser obtidos por diferentes processos, como por exemplo, os fios fiados, que são constituídos por fibras descontínuas reunidas por torção ou outro método de coesão (**Figura 8**).

Figura 8 - Fios singelos fiados



Fonte: (LORD, 2003).

A torção do fio pode ser dada no sentido “S” ou “Z” (**Figura 9**).

Figura 9 - Sentido da torção



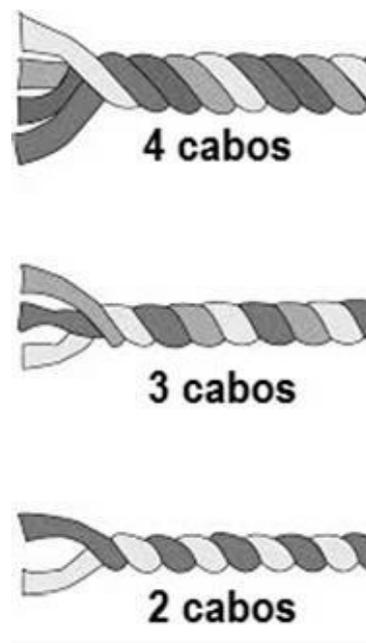
Fonte: (FATALLA, 2016).

No caso das fibras sintéticas, o fio não necessariamente é fiado. Ele pode também ser de monofilamentos ou multifilamentos que são mantidos juntos com ou sem torção.

- Fios retorcidos

São fios constituídos pela junção de vários cabos de fios singelos, normalmente por torção (fio retorcido) (**Figura 10**) (ARAUJO; CASTRO, 1986).

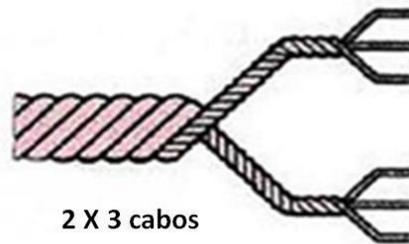
Figura 10 - Fios retorcidos



Fonte: (FATALLA, 2016).

Podendo ainda ser retorcidos múltiplos, onde são obtidos pela torção de dois ou mais fios retorcidos (**Figura 11**) (ARAUJO; CASTRO, 1986).

Figura 11 - Retorcidos Múltiplos



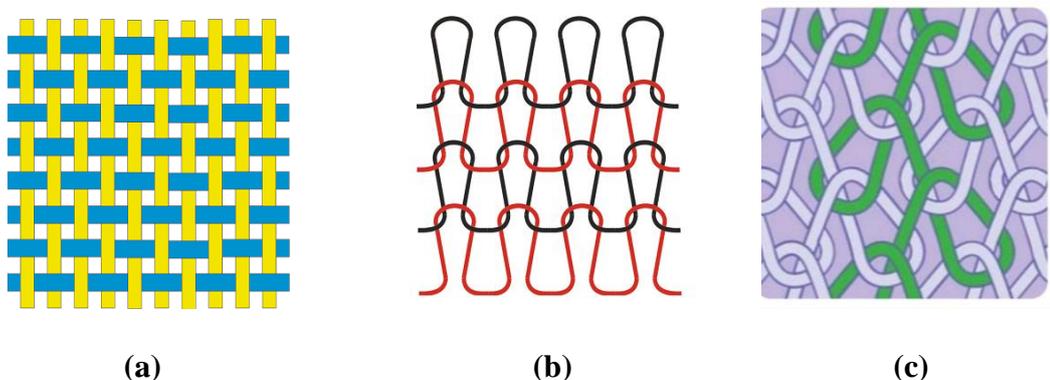
Fonte: (FATALLA, 2016).

4.2.3.2. Tecelagem/Malharia

Durante o processo de tecelagem ou malharia, podem ser obtidos dois produtos distintos: o tecido plano e a malha, sendo as principais diferenças entre eles relacionadas com a estrutura e a geometria particulares de cada um dos artigos, obtidas a partir do emprego de processos de produção distintos, conferindo diferentes características ao produto final como, por exemplo, a maior flexibilidade e elasticidade da malha se comparada a maior resistência dos tecidos planos.

A formação do tecido plano é caracterizada pelo entrelaçamento de fios em estruturas lineares, já a formação do tecido de malha é caracterizada por laçadas com os fios. O setor de malharia pode ser dividido em duas categorias: malharia de trama (subdividida em circular e retilínea) e malharia de urdume (**Figura 12**).

Figura 12 - Estrutura de (a) Tecido Plano; (b) Malha de Trama e (c) Malha de Urdume.



Fonte: (a) e (b) (PIANCÓ, 2016); (c) (OLIVETE, 2014).

4.2.3.3. Beneficiamento

De maneira geral, pode-se dizer que o processo de beneficiamento têxtil visa melhorar as características físico-químicas dos substratos têxteis (fibras, fios, tecidos planos, malhas, peças confeccionadas), tendo processos e etapas variadas para cada um deles, uma vez que cada substrato requer uma preparação específica de acordo com a necessidade do seu aproveitamento.

4.2.3.4. Confecção

A última etapa do processo de produção do setor têxtil consiste na facção e/ou confecção de peças de vestuário, sendo sua atividade fundamentada especificamente na prestação de serviços de corte, costura e acabamentos diversos.

4.2.4. Moda

Moda está relacionada com novidade e mudança (KAWAMURA, 2005), e atualmente isso ocorre de uma maneira muito acelerada, com constantes mudanças de tendências, rápida produção, infinitas oportunidades de compra, sem limitações de tempo e espaço, tudo isso acoplado a preços baratíssimos que mantem os consumidores sempre incentivados a comprar mais e mais (AAKKO, 2014).

As pessoas amam as roupas pela sua estética, funcionalidade e satisfação emocional que elas trazem, mas o atual modelo de consumo responsável por um acelerado comprar-descartar-comprar um novo, mais conhecido como Fast Fashion, traz graves consequências para o meio ambiente e para a sociedade como um todo (AAKKO; KOSKENNURMI-SIVONEN, 2013).

As principais características do atual sistema de moda atual são prazos curtos, grandes volumes de produção e preços baixíssimos e tudo isso somente é possível devido à materiais de baixa qualidade e baixo custo, além da mão de obra barata de países subdesenvolvidos. A indústria da moda notadamente contribuiu para problemas ambientais com o uso de tóxicos e químicos e a geração de grandes volumes de lixo, como também para problemas sociais, incluindo péssimas condições de trabalho, trabalho infantil e salários injustos (ALLWOOD et al., 2015; FLETCHER, 2010).

Fast Fashion é a rápida produção, consumo e descarte de peças de moda. O Sistema do Fast Fashion provoca nas pessoas o que Lee (2003) chama de “Gratificação instantânea” que causa um temporário “...sentimento eufórico de orgulho e de autoconfiança”. Tudo isso

incentiva um consumismo em massa e o acelerado descarte das peças logo após elas não serem mais “tendências”. Muitas peças de *fast fashion* se desgastam com menos de 10 vezes em que foram utilizadas, o que realça a não sustentabilidade dessas roupas (MCAFEE et al., 2004).

Frente a isso, fortalece-se uma mentalidade de consumo generalizada, em grande parte apoiada pelo “discurso sedativo dos meios de comunicação (GUATARRI, 1990). Em um círculo vicioso, quanto mais infelizes as pessoas se sentem, mais consomem, em uma busca inconsciente de resolver as questões que as afligem e “restaurar a aceitabilidade de um contexto de vida que está sendo degradado” (MANZINI, 2008).

4.2.4.1. Sustentabilidade na Moda

Práticas de sustentabilidade vem sendo utilizadas nas mais diversas áreas do conhecimento. A utilização deste termo na moda pode parecer contraditório, pois, a moda do atual sistema é baseada em mudanças, porém quando colocado junto ao termo “Sustentável”, imagina-se algo que se preserva, algo contínuo (CLARK, 2015).

Termos como “Green Fashion” e “Eco Fashion” já eram anteriormente utilizados nos anos 90, porém o termo “moda sustentável” surgiu no início dos anos 2000 com a ideia de um novo mercado de moda que fosse ambientalmente, socialmente e economicamente melhor (THOMAS, 2008).

Moda sustentável não tem uma definição exata, ao invés disso, é um termo guarda-chuva para uma variedade de proatividades e práticas adotadas para atingir cada situação específica em que as questões de sustentabilidade aparecem. Algumas alternativas dão mais atenção a práticas ambientais, outras a sociais, mas tudo está interconectado (AAKKO; KOSKENNURMI-SIVONEN, 2013).

Pode ser vista como um movimento contrário à crescente visão de que a moda traz danos aos recursos naturais e de que é responsável por práticas de trabalho injustas nos países em desenvolvimento (AAKKO; KOSKENNURMI-SIVONEN, 2013).

Inovações relacionadas à sustentabilidade dos têxteis normalmente tem como foco reduzir os níveis de recursos utilizados, como por exemplo água, energia e químicos. Também se encontram desenvolvimentos em fibras naturais, biodegradáveis e em fibras recicladas (FLETCHER; GROSE, 2012).

Como a matéria prima é o elemento base da indústria da moda, inovações relacionadas a este campo são as mais comuns abordagens para a sustentabilidade na moda, porém, nenhuma

fibra é considerada 100% sustentável, todas tem seus pontos positivos e seus pontos negativos (CHEN; BURNS, 2006).

Ao fazer uma análise dos aspectos ambientais das fibras, normalmente leva-se em consideração a quantidade de energia utilizada e a poluição causada na obtenção e processamento de tais fibras. Deve ser analisado também se tratasse de uma fibra de fonte renovável ou não, bem como sua biodegradabilidade e as possibilidades de reciclagem (CHEN; BURNS, 2006).

Mesmo com os atuais métodos de análise de ciclo de vida, fica difícil dizer qual fibra é a melhor. Fibras naturais não podem ser tratadas como a melhor opção ambientalmente falando, simplesmente porque crescem na natureza. Por exemplo, o algodão tem questões complexas no que diz respeito ao seu cultivo, uso de químicos e de água trazendo sérios danos ao meio ambiente (GROSE, 2009).

Sarmento (2104) afirma que é ineficaz pensar apenas em ciclo de vida dos produtos sem compreender as conexões socioambientais existentes em cada material, porém, acredita que a maioria dos designers ainda dedicam pouca atenção a atividades que poderiam favorecer a manutenção da biodiversidade e aos serviços a ela agregados, trabalhando com materiais sem muitas vezes nem sequer questionarem sua origem, de onde vêm, quem os extrai e como é feita a extração.

Segundo Berlim (2009), na moda, o que se refere à sustentabilidade abarca os aspectos sociais, ambientais, econômicos, políticos e culturais, analisando desde o processo produtivo até o consumo e o descarte destes produtos.

Um movimento que vem se opondo ao *Fast Fashion* é o *Slow Fashion* (moda lenta) – que é um sistema de moda que se movimenta em um ritmo mais devagar, desconsidera tendências, valoriza o artesanal e as emoções ligadas às peças de moda (TREJO, 2014).

4.2.4.2. *Slow Fashion* – Moda Lenta

O *Slow Fashion* (Moda Lenta) vem como uma alternativa vital ao atual sistema de moda, enfatizando aspectos como qualidade, durabilidade e diversidade de estilos, o que ajuda a construir uma apreciação às peças, diminuindo o ritmo de consumo. Luta desta forma por um equilíbrio nas esferas econômica, social e ambiental, promovendo produção de pequena escala, artesanato e técnicas tradicionais e, portanto, oferece um ponto de partida diferente do atual sistema de moda (FLETCHER, 2010).

O conceito de *Slow* foi introduzido em 1986 com o movimento “Slow Food” que enfatizava “satisfação lenta e prolongada” da alta qualidade do alimento, melhorando a qualidade de vida (SLOW FOOD MANIFESTO, 1989).

O *Slow Food* surgiu em resposta às cadeias de *Fast Food* que estimulam a homogeneidade dos alimentos com a rápida produção e consumo, em escala global. Este movimento contrário, valoriza os ingredientes locais, a boa qualidade e a forma de preparo quase que artesanal. Assim como o *Slow Food* surgiu como uma resposta ao *Fast Food*, o *Slow Fashion* vem como uma resposta ao *Fast Fashion* (TREJO, 2014).

Pequena escala de produção é um fator integral ao *Slow Fashion* pois uma maior atenção à qualidade é dada às pessoas e ao meio ambiente. Trabalhar com escalas menores pode ser mais efetivo para alcançar uma maior qualidade no produto final (TREJO, 2014).

Com tudo isso, o *Slow Fashion* representa uma diferente visão, em termos de lógica econômica, valores e objetivos do atual modelo de negócio, o Fast Fashion. No lugar de produção em massa e tendências globalizadas, o *Slow Fashion* promove produção artesanal, o uso de mão de obra e materiais locais e a diversidade de estilos, ao invés de quantidade, valoriza qualidade (FLETCHER, 2010).

O *Slow Fashion* também defende valores emocionais atribuídos às roupas, como a apreciação da estética da peça e a conexão entre o produtor e o consumidor. Esses valores aumentam o ciclo de vida dos produtos (NIINIMAKI, 2010).

A valorização das artes têxteis de fiação artesanal, tecelagem manual e tingimento natural, por exemplo, fazem dos ideais do *Slow Fashion*, uma realidade com impactos sociais, econômicos e culturais (TREJO, 2014).

Dentro do paradigma do *Slow Fashion*, o custo das roupas costuma ser mais elevado quando comparado a peças do mercado Fast Fashion. Algo necessário a ser feito é reconstruir o valor de algo. Pois, ao mesmo tempo que peças estão sendo vendidas à um preço muito baixo, alguém está pagando este preço. Seja o meio ambiente, os materiais ou os trabalhadores (JOY et al., 2012).

4.2.4.3. Moda Artesanal

“Artesanal” é comumente associado a alimentos, como pão, queijo, café e chocolate. Isso quer dizer que esses alimentos foram produzidos de maneiras especiais, como feito à mão ou baseado em técnicas e receitas tradicionais. Na moda, a palavra artesanal também se refere

ao feito à mão, não industrial, com a utilização de técnicas tradicionais e feito em pequena escala (AAKKO, 2014).

Em um nível simbólico, o “feito à mão” pode reforçar ligações e conexões emocionais do consumidor com a peça. O uso do artesanal pode ser uma boa maneira de adicionar detalhes únicos à peça e, portanto, de enfatizar sua exclusividade. Em algumas fases da produção, também pode garantir melhor qualidade. Como mencionou Clark (2015), peças feitas à mão podem oferecer algo especial, sendo um caminho para ampliar as qualidades sensoriais do produto. Tais peças podem ser consideradas com valor tanto econômico quanto sensorial, emocional (AAKKO; KOSKENNURMI-SIVONEN, 2013).

O trabalho artesanal, normalmente é facilmente reconhecido na peça. Até mesmo pequenas irregularidades e “imperfeições” são impossíveis de serem replicadas por uma máquina e, portanto, são um elemento diferencial e humano do artesanal (AAKKO, 2014).

Na moda, métodos artesanais se referem a antigas técnicas têxteis, como o tricotar e o bordado, a fiação e tecelagem manual, tingimento natural, entre outros. A abordagem artesanal na moda não é um sistema rígido, ao invés disso, pode ser usada em diferentes fases da produção, de maneiras e quantidades diferentes (FLETCHER, 2010).

Muito no artesanal é mantido por tradição e vem sendo desenvolvido ao longo dos anos. Dominar uma técnica como o bordado ou o tricô, pode levar muitos anos de estudos e práticas. Historicamente, habilidades artesanais são transmitidas de geração em geração, do mais experiente ao mais novato (AAKKO, 2014).

Ainda segundo Aakko (2014), produtos feitos à mão tem todo um valor simbólico pois possuem uma pessoa por trás do processo, no que diz respeito a habilidades, mas também ao tempo. A peça recebeu muita atenção de uma pessoa que provavelmente trabalhou naquilo durante muito tempo. Junto com esse senso de presença humana, vem também um senso de emoção humana envolvida no processo e tudo isso junto – tempo, energia e habilidades – é introduzida simbolicamente na peça.

É um desafio para o designer associar tradição e inovação, identidade e originalidade, no desenvolvimento de produtos com o diferencial da afetividade e por isso mais duráveis. O afeto que um produto pode representar evita o descarte prematuro; identidade é também sustentabilidade na moda (CARLI, 2013).

Com uma menor necessidade de consumo e uma maior atenção às qualidades especiais e funcionalidades das roupas, os consumidores desenvolvem empatia, conexão e amor pelas roupas, o que pode levar relações de longo prazo (CHAPMAN, 2012).

4.3. Sociobiodiversidade

4.3.1. O conceito de Sociobiodiversidade

A ideia de que a biodiversidade pertence ao domínio das ciências naturais, mas que, ao mesmo tempo, esteja permeada por aspectos culturais, vem aumentando nos últimos anos, com a compreensão de que o conhecimento de populações tradicionais tem sido de grande valia para a o uso e manuseio das espécies (DIEGUES, 1999).

Segundo Sarmiento (2014), a valorização da biodiversidade precisa ser compreendida por uma abordagem sistêmica que leve em conta as habilidades, os recursos, os impactos e a cultura local.

O termo sociobiodiversidade tem sido usado para descrever a relação entre bens e serviços gerados a partir de recursos naturais, voltados à formação de cadeias produtivas de interesse de povos e comunidades tradicionais e de agricultores familiares. O conceito de sociobiodiversidade busca integrar a conservação da natureza com o enfoque cultural, englobando produtos, saberes, hábitos e tradições próprias de determinado lugar ou território (MDA, 2012 apud SARMENTO, 2014).

Dessa maneira, a biodiversidade passa a não ser entendida apenas como classificações e listagens de espécies animais e vegetais, descontextualizadas do domínio cultural, uma vez que a apropriação material e simbólica é parte da vida dos seres humanos (DIEGUES, 1999).

Portanto, sociobiodiversidade é a tentativa de reunir duas grandes áreas do conhecimento que são as ciências sociais e as ciências naturais. A conservação da Sociobiodiversidade pode ser entendida como a integração da conservação da biodiversidade e também dos aspectos culturais relacionados a ela (DIEGUES, 2012).

É um conceito relativamente novo e ganhou notoriedade após a Convenção Internacional de Biodiversidade (1992). “Expressa a interrelação entre a diversidade biológica e a diversidade de sistemas socioculturais” (MDA, 2009, p. 9). Assim, entende-se por produtos da sociobiodiversidade: (...) bens e serviços (produtos finais, matérias-primas ou benefícios) gerados a partir de recursos da biodiversidade, voltados à formação de cadeias produtivas de interesse dos povos e comunidades tradicionais e de agricultores familiares, que promovam a manutenção e valorização de suas práticas e saberes, e assegurem os direitos decorrentes, gerando renda e promovendo a melhoria de sua qualidade de vida e do ambiente em que vivem (MDA, 2009 apud SARMENTO, 2014).

E conforme a definição do Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade, entende-se por Cadeia Produtiva da Sociobiodiversidade:

(...) um sistema integrado, constituído por atores interdependentes e por uma sucessão de processos de educação, pesquisa, manejo, produção, beneficiamento, distribuição, comercialização e consumo de produtos e serviços da sociobiodiversidade, com identidade cultural e incorporação de valores e saberes locais e que asseguram a distribuição justa e equitativa dos seus benefícios (MDA, 2009 apud SARMENTO, 2014).

Dessa forma, o uso múltiplo de recursos florestais pela população que vive nas florestas públicas tem sido visto como uma estratégia simultânea de conservação e desenvolvimento rural. Diversos cientistas acreditam que a melhor maneira para harmonizar esse propósito contraditório seria com o aproveitamento dos produtos e serviços oferecidos pela biodiversidade, a partir de uma economia do conhecimento da natureza (BECKER, 2009).

A proposta é que sejam criadas cadeias de valor ligadas a produtos florestais e serviços ecossistêmicos com base nos quais possam ser desenvolvidos negócios que beneficiem as populações locais (SARMENTO, 2014).

A ideia, que contempla o potencial da floresta em pé, ainda se expressa com muita timidez, necessitando mais investimentos em ciência e tecnologia e conhecimentos interdisciplinares (ABRAMOVAY, 2012).

4.3.2. População tradicional

O termo “população tradicional” está no cerne de diversas discussões e sua implicação ultrapassa a procura pela teorização, envolvendo uma série de problemáticas relacionadas às políticas ambientais, territoriais e tecnológicas, uma vez que os diversos organismos multilaterais que trabalham em torno deste assunto apresentam dificuldades e discordâncias na tentativa de indicar uma definição aceita universalmente (PEREIRA; DIEGUES, 2010).

Porém, de uma forma geral, comunidades tradicionais, povos tradicionais, populações tradicionais podem ser entendidas como grupos sociais culturalmente diferenciados das sociedades urbanas – industriais (HANAZAKI et al., 2010). Nessa categoria, são listados: indígenas, quilombolas, quebradeiras de coco, caiçaras, coletores da mangaba, seringueiros, ribeirinhos, extrativistas, pescadores, dentre outros.

Entre algumas de suas características, Pereira e Diegues (2010) destacam o uso e manejo dos recursos naturais e, conseqüentemente, o desenvolvimento de atividades produtivas (pesca, caça, cultivo agrícola, criação de animais etc.), no qual se estabelece também uma forte ligação com o território.

No Brasil, o decreto n.º 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, refere-se ao termo populações tradicionais como povos ou comunidades tradicionais, os quais são definidos pelo Artigo 3 como:

I – Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (BRASIL, 2007 apud PEREIRA; DIEGUES, 2010).

No cenário que envolve as populações tradicionais e respectivos conhecimentos, encontram-se características marcantes destes povos, (COLCHESTER, 2000; MACAULY; MAXWELL, 2006), entre as quais são evidenciadas a transmissão oral, a existência de uma ampla ligação com o território habitado, os sistemas de produção voltados para a subsistência e o caráter econômico pré-capitalista (ARRUDA, 2000; CUNHA, 1999).

4.3.3. Relação Homem – Natureza

Na concepção mítica das sociedades primitivas e tradicionais existe uma simbiose entre o homem e a natureza, tanto no campo das atividades do fazer, das técnicas e da produção, quanto no campo simbólico. Essa unidade é muito mais evidente nas sociedades indígenas brasileiras, por exemplo, onde o tempo para pescar, caçar e plantar é marcado por mitos ancestrais, pelo aparecimento de constelações estelares no céu, por proibições e interdições. Mas ela também aparece em culturas como a caiçara do litoral sul e ribeirinhos amazonenses, de forma menos clara talvez, mas nem por isso menos importante (DIEGUES, 2008).

Marques (2001) demonstra que são a partir destes elementos que a população age com o meio natural e desenvolve seus sistemas tradicionais de manejo. Existe uma relação de respeito, gratidão, medo e cumplicidade com a natureza, o que se apresenta como causa direta da preservação ambiental das localidades nas quais as populações tradicionais habitam.

A dependência direta das comunidades tradicionais com o ambiente configura uma modalidade de relação sociedade-natureza diferenciada das sociedades ocidentais (DIEGUES; ARRUDA, 2001; TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2009). É uma relação considerada de baixo impacto ambiental (CUNHA; ALMEIDA, 2000) e, portanto, que pode propiciar a conservação da diversidade biológica (SHEN et al., 2012; SILVA; FRAXE, 2013). Nesse sentido, frente à crise ambiental, o modo de vida e os saberes dessas populações têm sido arrolados como importantes instrumentos para a conservação ambiental (PEREIRA; DIEGUES, 2010).

As culturas tradicionais estão associadas a modos próprios de sociedades em que o trabalho ainda não se tornou mercadoria, onde há grande dependência dos recursos naturais e dos ciclos da natureza, em que a dependência do mercado existe, mas não é total. Essas culturas distinguem-se daquelas próprias ao modo de produção massivo, em que não só a força de trabalho, como a própria natureza, se transforma em objeto de compra e venda (mercadoria) (DIEGUES, 2008).

Cunha (1999) assinala a existência da indissociabilidade entre o homem e a natureza, já que o meio ambiente significa “o meio essencial de sua sobrevivência social – fonte de sua vida e de sua identidade cultural – e, por conseguinte, significa a possibilidade de continuarem vivendo na história”.

O fato de o modo de produção não se enquadrar completamente aos padrões da sociedade urbano-industrial e ser caracterizado em parte como de subsistência remete ao sistema de manejo de recursos naturais que estas populações utilizam. Ainda segundo Diegues (2008), este manejo é diferenciado, uma vez que, fundamentalmente, não visa ao lucro, mas está interligado com a reprodução social e cultural, adicionado de percepções acerca da natureza e seus ciclos.

É possível considerar ainda que a necessidade do uso racional dos recursos naturais configura-se também como um requisito para a perpetuação das populações tradicionais nos ambientes nos quais estão inseridas, ao mesmo tempo em que a diversidade biológica das áreas nas quais estas populações estão presentes depende da continuidade do manejo tradicional dos recursos. (PEREIRA; DIEGUES, 2010)

O sucesso da adaptação humana em meio ambiente florestal depende das suas habilidades para manter as relações terra-população a um nível que permitirá extrações sustentáveis, que depende da sua capacidade de organizar e aplicar o conhecimento sobre a estrutura e composição da floresta (ELLEN, 1997). Coloca-se a ideia de que o manejo dos recursos naturais, típico do modo de vida das populações tradicionais, é permeado pela necessidade do uso racional desses recursos (ALMEIDA; CUNHA, 2000), mas transcende a existência desta noção pelo simples existir, pois alcança a práxis, sendo uma das poucas práticas humanas atuais que consegue se caracterizar como sustentável.

4.3.4. Saberes Tradicionais

Os saberes tradicionais ou saberes ecológicos tradicionais são um conjunto de conhecimentos sobre a vida, o meio ambiente, os seres vivos, o homem etc., bem como a

interação entre todos esses elementos expressos por meio de crenças, usos e práticas de um grupo social (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2009; REYES-GARCÍA, 2009).

Segundo Revel (2005), encontra-se a transmissão oral como mecanismo de difusão desse saber, a qual estabelece uma relação contínua com os conteúdos disseminados:

Oralidade é simultaneamente conteúdo e processo. Ela impõe maior atenção aos movimentos de audição, percepção e memória, coerência de pensamento e criatividade como desenvolvimento do enredo narrado (REVEL, 2005).

O fenômeno resultante é um processo histórico de acumulação e transmissão de conhecimentos, não isento de experimentação, que toma a forma de uma espiral em várias escalas espaço-temporais, já que o conhecimento vai se aperfeiçoando (e adaptando) geração pós-geração, à realidade local de cada presente (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2009).

Portanto, o conhecimento destas populações, segundo Arruda e Diegues (2001), é composto pelo “conjunto de saberes e saber-fazer a respeito do mundo natural e sobrenatural, transmitido oralmente, de geração em geração”. Schmidt (2001) acrescenta que a construção dos conhecimentos tem vasta relação com o ambiente físico e social habitado por estas populações.

Tudo isso surge de um processo que pressupõe um sujeito cognitivo em constante interação entre o trabalho mental e manual, e entre este e seu entorno (ALLUT, 2001).

Dessa forma, no saber local existem conhecimentos detalhados sobre constelações, plantas, animais, fungos, rochas, neves, águas, solos, paisagens e vegetação, ou sobre processos geofísicos, biológicos e ecológicos, tais como movimentos de terras, ciclos climáticos ou hidrológicos, ciclos de vida, períodos de floração, frutificação, germinação, zelo ou nidificação, e fenômenos de recuperação de ecossistemas (sucessão ecológica) ou de manejo da paisagem (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2009).

Para compreender de maneira adequada os saberes tradicionais, é então necessário entender a natureza da sabedoria local, que se baseia em uma complexa inter-relação entre as crenças, os conhecimentos e as práticas. As sabedorias tradicionais baseiam-se nas experiências que se têm sobre o mundo, seus feitos e significados, e sua valorização de acordo com o contexto natural e cultural onde se desdobram (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2009).

Este processo de convivência harmoniosa com a floresta, deixados pelas antigas populações, aliado ao saber popular atual são verdadeiros patrimônios cultural, arqueológico e histórico, que devem ser valorizados e preservados pelas gerações do presente, para garantir que as futuras gerações também possam usufruir destes valiosos recursos e benefícios que a Amazônia

possui (SOUSA et al., 2015).

A conclusão é de que o conhecimento tradicional deve ser contemplado em sua íntima ligação com seu sistema de crenças. O surgimento e desenvolvimento da etnoecologia, com seu enfoque holístico e multidisciplinar, permitiram o estudo do complexo integrado pelo sistema de crenças (*kosmos*), o conjunto de conhecimentos (*corpus*) e de práticas produtivas (*praxis*), o que torna possível compreender cabalmente as relações que se estabelecem entre a interpretação e leitura e o uso ou manejo da natureza e seus processos (TOLEDO, 1991, 2002; BARRERA-BASSOLS; TOLEDO, 2005).

4.3.5. Etnoconservação

Devido à demanda global a favor da proteção da natureza, juntamente com o crescimento de correntes ambientalistas detentoras de perspectivas diferentes da preservacionista, as populações tradicionais passaram a ser consideradas importantes agentes responsáveis pela proteção do ambiente natural no qual estão inseridas, visto que apresentam um modo de vida humana capaz de coexistir dentro de certo equilíbrio com a natureza (PEREIRA, DIEGUES, 2010).

Deste modo, a valorização dos conhecimentos tradicionais surge como uma alternativa capaz de auxiliar na conservação de áreas naturais remanescentes. Porém, para que isto aconteça, faz-se necessário que estes conhecimentos sejam compreendidos e analisados como uma probabilidade para a conservação da natureza, o que determina uma nova especificidade para a área da etnociência, designada por etnoconservação, ainda em processo de definição e consolidação de alguns dos seus aspectos (PEREIRA; DIEGUES, 2010).

A partir de 1990, as questões ambientais contemporâneas influenciaram o desenvolvimento da análise dessa relação por meio de uma perspectiva mais abrangente, gerando a possibilidade da associação entre a conservação de alguns recursos naturais com os conhecimentos e práticas dessas populações (BERKES, 1999).

Toledo (2001) expõe alguns dados que procuram articular a presença de populações tradicionais em áreas naturais protegidas, acrescentando informações sobre a existência de espécies endêmicas nas regiões apontadas e o elevado nível da diversidade biológica. Por meio desses dados, o autor consegue indicar a coexistência desses elementos como benéfica para a natureza, visto que o manejo dos recursos naturais desenvolvidos pelas populações tradicionais e proporcionado pela acumulação dos conhecimentos transmitidos ao longo do tempo entre as gerações contribui para o fortalecimento e aumento da biodiversidade.

Estas constatações permitiram a constituição da etnoconservação a partir da associação da conservação da natureza *in situ* com os conhecimentos tradicionais e o manejo dos recursos naturais que estes proporcionam, posicionando-se como uma alternativa para a conservação de áreas naturais (DIEGUES, 2000).

A etnoconservação da natureza direciona seu foco para as questões relacionadas às áreas naturais protegidas e às populações tradicionais, de modo que possibilita a inserção de uma nova perspectiva, sensível à percepção de que o manejo sustentado dos recursos naturais desenvolvidos por essas populações contribui para a conservação dos mesmos (ARRUDA; DIEGUES, 2001; DIEGUES, 2000).

Inseridos nesta perspectiva, os estudos da etnoconservação se direcionam para a classificação dos elementos naturais segundo os mitos, valores e visões de mundo das populações tradicionais. Procura-se a compreensão do modo como estes elementos culturais influenciam ou até mesmo determinam o manejo dos recursos naturais, ao mesmo tempo em que proporcionam a conservação dos mesmos. A etnoconservação da natureza, mais que uma área do conhecimento científico, é uma possibilidade em potencial para a proteção dos recursos naturais, principalmente para os países em desenvolvimento. Neste sentido, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92) enfatizou a necessidade de se proteger essas populações, assim como os conhecimentos dos quais são detentoras (PEREIRA; DIEGUES, 2010).

A discussão atual sobre o papel das comunidades na conservação ambiental pauta-se na integração dos conhecimentos tradicionais aos conhecimentos científicos (HANAZAKI et al., 2010; BOHENSKY; MARU, 2011) e na inclusão dos habitantes na gestão dos recursos naturais para conservação e utilização sustentável (CHARNLEY et al., 2007; POTTER-BOLLAND et al., 2012).

O diálogo de saberes entre a academia e a sociedade pode ser visto como uma via de mão dupla: há muito que a academia aprender com os povos tradicionais e estes têm algo a aprender com os acadêmicos. Como dizia Paulo Freire, onde houver homens, mulheres e crianças, há sempre o que aprender. (BARROS et al., 2015).

4.4. Tucum

4.4.1. Diversidade do termo tucum

O termo “tucum” vem do tupi-guarani, representando plantas cujas folhas os índios utilizam (CHAPELLE, 1982). Mais especificamente, tal termo apresentou-se um comum quando referido à palmeira, pois muitos estudos que abordam diferentes palmeiras, as chamam

popularmente de tucum, ainda que as espécies sejam divergentes. Essa diversidade é demonstrada no **Quadro 1** abaixo.

Quadro 1 - Diversidade do termo tucum encontrado na literatura

Nome Popular	Espécie	Foco do Estudo	Estudo
Tucum do Brejo	<i>Bactris setosa</i>	Distribuição da população/ Frutos comestíveis	MONTEIRO; FISCH (2005); DANTAS (2016)
Tucum do cerrado	<i>B. hatschbachii</i>	Distribuição da população	MONTEIRO; FISCH (2005)
Tucum	<i>Bactris inundata Martius</i>	Fibras para uso na fabricação de papel	PEREIRA et al. (2002)
Tucum	<i>Bactris glaucescens Drude</i>	Fibras para uso em nano compósitos	SILVA et al. (2009)
Tucum do cerrado; Tucum do brejo; Uva da serra	<i>Astrocaryum huaimi Mart.</i>	Germinação das sementes	SOUZA et al. (2014)
Tucum	<i>Astrocaryum vulgare</i>	Frutos; fibras; amêndoa	OBOH (2009); ROMANATTO et al. (2014); PESSOA (2016)
Tucum	<i>Astrocaryum sp.</i>	Fibras	FONSECA et al. (2018)
Tucum	<i>Astrocaryum chambira</i> Burret	Fibras	ABREU; NUNES (2012)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

De acordo com Kahn (2008), que realizou um profundo estudo sobre o gênero *Astrocaryum*, muitas espécies deste gênero são conhecidas como tucum. Dentre elas podemos citar: *Astrocaryum aculeatum* G. Mey; *Astrocaryum murumuru* Mart. e *Astrocaryum chambira* Burret. (KAHN, 2008).

A presente pesquisa estuda as fibras retiradas das folhas da palmeira *Astrocaryum Chambira* Burret, presente na Amazônia brasileira. Mais especificamente, “tucum” com origem na região da comunidade “Vila Ecológica Céu do Juruá” localizada no município de Ipixuna/Amazonas (ABREU e NUNES, 2012).

A palmeira *Astrocaryum chambira* Burret, tem classificação científica obedecendo a seguinte ordem: Reino – Plantae; Divisão – Magnoliophyta; Classe: Liliopsida; Ordem:

Arecales; Família – Arecaceae; Gênero – *Astrocaryum*; Espécie – *A. chambira*; Nome Binomial: *Astrocaryum chambira* Burret (KAHN, 2008).

Observadas as ressalvas acima, deste modo, no presente estudo, o termo “tucum” será designado à fibra originada das folhas da palmeira de espécie *Astrocaryum chambira* Burret.

4.4.2. Família Arecaceae (antigo Palmae)

Arecaceae é a família que engloba as espécies conhecidas pelo nome comum de palmeiras, um dos grupos de plantas economicamente mais importantes do mundo que incluem cerca de 700 espécies na América do Sul (BALSLEV et al., 2008).

Numerosos produtos derivados das palmeiras são utilizados e a maioria das espécies são importantes para a subsistência de populações locais. Algumas espécies têm maior importância como fonte de alimentos (*Bactris gasipaes* – “pupunha”, *Mauritia flexuosa* – “buriti”, *Euterpe precatoria* – “açai” e *Oenocarpus bataua* – “patauá”), outras pela obtenção de fibras (*Astrocaryum chambira* – “tucum” e *Aphandra natalia* – “piaçava”), para utilização em construções (*Euterpe precatoria*, *Iriarte deltoidea* e *Socratea exorrhiza* – “paxiúba”), para coberturas (muitas espécies de *Attalea* e *Lepidocaryum tenue*) e com fins medicinais (*Euterpe precatória* e *Oenocarpus bataua*) (BALSLEV et al., 2008).

4.4.3. Gênero *Astrocaryum*

O gênero *Astrocaryum* compreende 40 espécies com principal distribuição na América do Sul e América Central. Assim como outras espécies da Arecaceae, *Astrocaryum* é considerada de importância econômica nas regiões em que ocorre (DRANSFIELD; UHL, 2008).

Muitas espécies de *Astrocaryum* possuem frutos comestíveis e fibras que podem ser extraídas de suas folhas. O gênero abrange desde grandes palmeiras até palmeiras menores, todas contendo espinhos em seu tronco (KAHN, 2008).

Algumas espécies deste gênero têm conhecida relevância econômica como a *Astrocaryum aculeatum* na produção de manteiga de tucumã e *Astrocaryum murumuru*, na produção de cosméticos (KAHN, 2008).

4.4.4. Espécie *Astrocaryum chambira*

A palmeira do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret), como é conhecida no Brasil, também pode ser encontrada com os nomes de “corombolo” ou “palma-coco” (Colômbia), “chambira” ou “coco” (Equador) e “chambira” (Peru) (KAHN, 2008).

A palmeira *A. chambira* pode ser encontrada ao longo da região amazônica da Colômbia (Amazonas, Caquetá, Guaviare, Meta, Putumayo e Vaupés), Venezuela (Amazonas), Equador (Morona-Santiago, Napo), Peru (Amazonas, Loreto) e Brasil (Acre, Amazonas), em terras úmidas e com 100 – 500 m de altitude (HENDERSON et al., 1995; GALEANO; BERNAL, 2010).

A palmeira *A. chambira* (**Figura 13**) é botanicamente caracterizada por possuir estipe solitário, ereto, de até 15 m de comprimento e 30 cm de diâmetro, com entrenós densamente cobertos por espinhos negros de até 20 cm de comprimento (GALEANO; BERNAL, 2010).

Figura 13 - Palmeira do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret).



Fonte: (FROÉS et al., 2010).

Coberta por uma coroa em forma de funil, tendo de 8 a 20 folhas de até 8 m de comprimento (GALEANO; BERNAL, 2010), possui bainha e pecíolo densamente cobertos por espinhos achatados de coloração amarelada; bainha 1,1 m de comprimento; pecíolo 2,6 m de

comprimento; raque 4,8 m de comprimento; 160 pinas por lado, linear ou linear-lanceoladas, irregularmente arranjadas e dispostas em diferentes planos; com pequenos espinhos nas margens, nervuras das pinas medianas subterminais; pinas medianas com 1,51-1,63 m de comprimento e 4-4,5 cm de largura (FERREIRA, 2005).

Astrocaryum chambira difere das outras espécies *Astrocaryum*, por conter os maiores frutos (**Figura 14**), de coloração amarelo-esverdeada quando maduros. Os frutos maduros são comestíveis, crus, e também utilizados na preparação de bebidas (KAHN, 2008).

Figura 14 - Frutos da *Astrocaryum chambira*



Fonte: (KAHN, 2008).

A germinação das sementes ocorre de 8 a 10 meses depois que elas caem no chão (COOMES, 2004). O tronco é ocasionalmente utilizado na construção de casas e apesar de não frequente, suas folhas podem ser utilizadas nos telhados (BALSLEV et al., 2008). Os palmitos são comestíveis e podem ser consumidos crus ou cozidos e as sementes podem ser consumidas cruas, como amêndoas. O palmito, os frutos e as raízes de *A. chambira* são utilizados para a preparação de extratos contra a malária, hepatite e febre amarela (BALSLEV et al., 2008).

O epicarpo é usado na defumação da borracha. A semente também é utilizada para confecção de artesanatos e instrumentos musicais regionais (maracás) (FERREIRA, 2005).

As fibras obtidas das folhas imaturas (epiderme das folhas) são usadas, com mais frequência entre os povos da floresta, para a fabricação de redes, bolsas e outros artesanatos (VORMISTO, 2002).

4.4.5. A fibra do tucum (*A. chambira* Burret) e as comunidades tradicionais

Muitos estudos são encontrados na literatura relatando o uso da fibra por comunidades tradicionais de diversas localidades da região amazônica (GARCIA et al., 2014; LINARES et

al., 2008; ARBOLEDA ET AL., 2007; VORMISTO, 2002; COOMES, 2004; GUEL; PENN, 2009; JENSEN E BALSEV, 1995), os quais têm suas informações sumarizadas no **Quadro 2**.

Quadro 2 - Principais estudos sobre as fibras de *A. chambira* usadas por comunidades tradicionais

País	Objetivo do Estudo	Nome Popular	Exemplos de produtos artesanais confeccionados com as fibras de <i>A. chambira</i>	Estudo
Colômbia	Relatar o uso tradicional de <i>A. chambira</i> na Amazônia colombiana por comunidades indígenas nos municípios de Leticia, San Martín de Amacayacu, Nazareth, Puerto Nariño, Tarapacá e La Chorrera	Chambira ou Cumare		(GARCIA et al., 2014)
Colômbia	Fazer um levantamento de diversas fibras vegetais utilizadas para o artesanato tradicional do país	Chambira		(CASTAÑO et al., 2007)
Colômbia	Propor diretrizes para o manejo e aproveitamento sustentável de nove espécies da Amazônia Colombiana	Cumare		(LINARES et al., 2008)
Peru	Abordar os processos e extração, processamento e produção de artesanatos realizados com as fibras de <i>A. chambira</i> , bem como seus aspectos econômicos, na comunidade de Brillo Nuevo, no Peru.	Chambira		(VORMISTO, 2002)

Peru	Abordar o uso das fibras de <i>A. chambira</i> , com foco no aproveitamento sustentável e na ideia de conservação a partir do uso, na comunidade de San Jose.	Chambira	-	(COOMES, 2004)
Peru	Relatar o uso das fibras de <i>A. chambira</i> em comunidades próximas a Iquitos – Esperanza, Buena Vista, Chino, San Pedro e Diamante azul.	Chambira	-	(GUEL; PENN, 2009)
Equador	Observar e relatar os processos quatro grupos indígenas da Amazônia Equatoriana que exploram as fibras de <i>A. chambira</i>	Chambira		(JENSEN; BALSEV, 1995)
Brasil	Estudo de caso sobre os processos de confecção da linha a partir das folhas da palmeira do tucum (<i>A. chambira</i> Burret).	Tucum		(ABREU; NUNES, 2012; FROÉS et al., 2010)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

O processo de extração e processamento da fibra, bem como sua importância para as comunidades (econômica e emocional), são os aspectos mais abordados por tais estudos. Ao que tudo indica, este “saber” de manipulação da fibra do tucum, pode ser considerado um conhecimento tradicional amazônico.

4.5. Fibra do tucum (*A. chambira* Burret) da comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá

As fibras de tucum (*A. chambira* Burret) que foram aqui estudadas vieram da comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá, localizada no município de Ipixuna, no Amazonas, onde já se desenvolveram os estudos de Froés et al. (2010) e Abreu e Nunes (2012).

O Livro “Linha do Tucum: Artesanato da Amazônia” (FROÉS et al., 2010), foi fruto de um projeto realizado entre 2008 e 2009 por uma equipe multidisciplinar em conjunto com o IECAM – Instituto de Estudos da Cultura Amazônica, patrocinados pela Petrobrás e pelo Ministério da Cultura, além de diversas parcerias e apoiadores, onde além do livro, fundaram na própria comunidade, a “Oficina Escola de Artesanato” para reativar a arte da fiação da linha do tucum e desenvolveram um documentário “Linha do Tucum: “ Linha da Lealdade” (2009) de 50 min, dirigido pelo cineasta Noilton Nunes.

Abreu e Nunes (2012) desenvolveram posteriormente um estudo de caso também na comunidade extrativista Céu do Juruá, sobre os processos de confecção da linha a partir das folhas da palmeira do tucum (*A. chambira* Burret).

Os vários estudos já citados (GARCIA et al., 2014; LINARES et al., 2008; ARBOLEDA ET AL., 2007; VORMISTO, 2002; COOMES, 2004; GUEL; PENN, 2009; JENSEN E BALSEV, 1995), também tratam de aspectos de: extração da fibra; processamento da fibra; produtos/ rendimentos; a comercialização e aspectos econômicos; o aproveitamento sustentável e as perspectivas futuras; como melhor analisados a seguir.

4.5.1. Extração da fibra

Segundo Garcia et al. (2014), as fibras são obtidas de folhas ainda não totalmente abertas, onde apenas uma folha é retirada por vez de cada palmeira e que há uma preferência por palmeiras mais baixas, pela facilidade de extração. Cada folha contém em média 150 – 200 “pinas” ou “folhetos” (*leaflets* em inglês) por folha e que cada um tem cerca de 90 – 150 cm de comprimento. Após as folhas serem extraídas manualmente da palmeira, elas são sacudidas e com a ajuda de um facão, as fibras são extraídas.

Linares et al. (2008) também relatam que as fibras são obtidas das folhas jovens, ou “aquelas que ainda não expandiram”. Conhecidas por eles como “cogollos” ou botões, em português. A extração das folhas é feita com um facão quando as palmeiras são baixas, ou pode ser necessário escalar palmeiras vizinhas, no caso das mais altas. Uma vez que as pinas se desprendem da folha, pelo mesmo processo descrito a cima, estas são levadas para casa. O meio de cada pina é cortado, de onde se separa a epiderme e se extraem as fibras, puxando da base até a ponta.

Arboleda et al. (2007) relata o mesmo processo, também evidenciando a utilização das folhas jovens de *A. chambira* para extração das fibras.

Segundo Vormisto (2002), só é possível extrair uma folha de um mesmo indivíduo, 3 a 4 meses depois da última extração. Afirma também que a colheita pode ser feita de 3 a 4 vezes

em cada indivíduo (respeitando o intervalo) e que depois este deve ter um tempo de recuperação para que não haja risco de morte.

Coomes (2004) e Jensen e Balsev (1995) complementam que o ideal é que se extraia toda segunda nova folha, deixando sempre uma de segurança. Observaram que de 4 a 6 folhas novas nascem por ano e que, portanto, uma colheita sustentável seria de 2 a 3 folhas\palmeira\ano.

Porém, Guel e Penn (2009) contrapõem dizendo eu na prática não é bem assim que acontece. Afirma a partir de suas observações que essa estimativa de 4 a 6 novas folhas por ano está bem alta e que a ideia de que apenas as segundas novas folhas sejam extraídas a fim de contribuir para um aproveitamento sustentável da palmeira não são um fato no dia a dia das comunidades, de forma que muitas palmeiras foram observadas perdendo todos seus botões para o mercado da fibra de *A. chambira*.

Abreu e Nunes (2012) relatam que a retirada das folhas é um processo bastante trabalhoso, pois se trata de uma árvore espinhosa, com espinhos de até 20 cm que se alojam no caule e outros espinhos menores nas folhas e também nas palhas. Quando a palmeira é baixa corta-se a folha na altura do estipe com o auxílio de um facão, e quando é alta faz-se necessário subir numa árvore ao lado para cortar as folhas. De cada uma cortam-se duas ou no máximo três folhas, para não danificar o seu desenvolvimento. As folhas antigas não são utilizadas, sendo aproveitadas somente as folhas novas, das quais se obtém o linho com facilidade e abundância. Para não atrapalhar o crescimento da árvore, o olho – a folha jovem, ainda fechada que se encontra no centro de todas as folhas – de uma mesma palmeira só é coletado a cada seis meses. Esta fica em observação até brotar o próximo, que não deve ser retirado. Com o “olho” é possível fazer uma linha mais macia.

Jensen e Balsev (1995) detalham bem o processo de extração da fibra além da extração da folha.

Um pedaço de nervura central perto da base da pina é separado da lâmina à mão. A base da lâmina é amolecida pela flexão repetida da área da qual a nervura central já foi removida. Então toda a lâmina é dobrada na área amolecida, e o ápice da pina é mantido sob o pé. Utilizando ambas as mãos, a epiderme e as fibras são removidas ao longo de toda a lâmina em direção ao ápice da pina. As fibras extraídas são coletadas em feixes (JENSEN; BALSEY, 1995) (**Figura 15**).

Figura 15 - (a) Extração da pina feita com facão; **(b)** Extração da fibra



Fonte: (a) (ABREU; NUNES, 2012); (b) (GARCIA et al., 2014).

4.5.2. Processamento da fibra

Na pesquisa realizada por Garcia et al. (2014), foi observado que após a extração as fibras são fervidas por 10 a 20 minutos com uma gota de limão pra branquear. Depois as lavam com detergente e limão novamente, deixam secando no sol e fazem o fio apenas dando torção sobre as coxas.

Linares et al. (2008) também relata fervura da fibra por 20 a 30 minutos e diz que depois, as fibras são lavadas no rio em água corrente e são colocadas para secar ao sol por 1 ou 2 dias. A fiação se dá da mesma maneira, por torção sobre as coxas.

A necessidade de fervura também aparece no texto de Arboleda et al. (2007), mas dessa vez por 45 a 50 min. Depois de cozidas, devem ser lavadas com água fria e expostas ao sol, durante 3 dias. Em relação à fiação, diz apenas que as fibras são torcidas e enroladas para a formação do fio.

O processo de cozimento + lavagem + secagem ao sol + fiação sobre as coxas, aparece em outros textos da literatura estudada (JENSEN e BALSEV, 1995; VORMISTO, 2002; COOMES, 2004).

Jensen e Balsev (1995) relata bem o processo de fiação em si, formando um fio de dois cabos.

A torção é feita em dois passos. Primeiro as fibras, que tem por volta de 1 m de comprimento, são colocadas em linha, sobrepondo-se umas às outras em uns 20 cm. Uma mão segura as fibras bem firmes enquanto a outra vai dando torção nas coxas

até formar um fio contínuo e uniforme. [...] o segundo passo é torcer dois fios juntos (JENSEN; BALSEV, 1995).

Os estudos relatam tanto o processo de fiação manual “nas coxas” conforme descrito a cima, quanto a utilização de um fuso manual (ABREU; NUNES, 2012).

O processo de fiação é o que mais demanda tempo podendo levar um dia inteiro de trabalho para produzir 50 m de fio (JENSEN; BALSEV, 1995).

A maioria dos estudos relataram o possível tingimento natural feito com espécies da região, como por exemplo açáí e urucum (Froés et al., 2010)

4.5.3. Produtos – rendimento

De acordo com Garcia et al. (2014), a técnica mais utilizada é o macramê, e os produtos são muitos: linhas, cordas, redes de pesca, filtros, redes, flechas e arpões, sacos, tapetes, cestos, roupas, pulseiras, bolsas, etc. Em média, afirma-se que 150 a 180 g são retiradas de cada folha e essa quantidade produz em média 133 a 159 m de fio. Portanto, para se produzir uma bolsa de mão por exemplo, são necessárias uma ou duas folhas da palmeira de *A. chambira*.

Linares et al. (2008) reitera que os produtos feitos com essa fibra são muitas vezes elementos cotidianos da vida na comunidade, como redes, mochilas, redes de pesca, entre outros (**Figura 16**). Estima-se que a quantidade de fio necessária para produzir uma mochila pequena é de uma ou duas folhas e para produzir uma rede pequena, se requerem de 550 a 1100 m de fio, necessitando de 10 a 15 dias de trabalho.

Figura 16 - (a); (b); e (c) - Artesanatos Colombianos feitos de *A. chambira*



(a)



(b)



(c)

Fonte: (LINARES et al. 2008).

Arboleda et al. (2007) afirma que para se produzir uma rede, usando mais de 1 km de fio, necessita-se 14 ou 15 folhas e dois meses de trabalho em período integral. Menciona muitos produtos também como chapéus, cordas, redes, bolsas, colares, equipamentos de caça e cintos.

Coomes (2004) discrimina a quantidade de horas necessárias em cada processo:

A produção de uma rede requer aproximadamente 40h de trabalho – 5h para coletar as 5-7 folhas necessárias; 1,25h para remover a fibra; 1 dia para lavar, alvejar e secar; 20-25h para fiar (450 m); 3h para limpar o fio; 1-2h para secar; 3h para tecer (COOMES, 2004).

Abreu e Nunes (2012) e Nunes (2009), mostram vários artesanatos produzidos pela comunidade com as folhas de *A. chambira*, como bolsas, redes, cestos, colares e pulseiras, porém, não entram no mérito da quantidade de fibra ou tempo necessários para a confecção dos artigos.

4.5.4. Comercialização e aspectos econômicos

Segundo Vormisto (2002), os artesanatos feitos com as fibras de *A. chambira* representam de 40 a 100% do faturamento das comunidades indígenas e afirma, assim como Linares et al. (2008), que as vendas são feitas principalmente nas cidades maiores, com grande visibilidade turística, como Leticia e Puerto Nariño.

Há ainda, a possibilidade de trabalhar com “intermediários”, ou representantes. Pessoas que fazem a ponte entre as comunidades indígenas e as cidades grandes como Bogotá, levando os artesanatos tradicionais para esses polos comerciais. Porém, apesar de a possibilidade de venda ser maior, o lucro para as comunidades acaba sendo menor nesses casos (LINARES et al., 2008).

Por este motivo, Arboleda et al. (2007) observam que o preço dos artigos varia de acordo com a quantidade de fibra utilizada, como também pela quantidade de intermediários entre o artesão e o comprador final.

Além disso, traz dados estatísticos dizendo que os artigos produzidos são 30% para autoconsumo; 30% para venda na própria comunidade; 25% no mercado das cidades maiores como Leticia e o restante nos polos comerciais e na capital, contando com os “intermediários” (ARBOLEDA et al., 2007).

Coomes (2004) cita que as vendas de produtos confeccionados com *A. chambira* são apenas um complemento de renda para as comunidades, somando às atividades de agricultura e pesca.

Guel e Penn (2009), evidenciam o ganho dessa produção como uma fonte de renda em especial para as mulheres, que ganham por volta de 10 dólares por uma cesta, e conseguem

fazer de 15 a 20 cestas por mês. Porém, o ganho efetivo observado foi de 50 a 100 dólares a cada 3 a 4 meses, praticamente o mesmo observado por 2.300 dólares por ano. E conclui dizendo que a venda dos artigos de fato faz a diferença em pouquíssimas famílias das comunidades que observaram, inclusive em áreas em que os artesanatos são vendidos diretamente aos turistas, onde espera-se um ganho maior para os artesãos. Percebe-se que essa não é mais uma potencial fonte de renda para os povos tradicionais.

4.5.5. Aproveitamento sustentável

“Algumas palmeiras são intensamente exploradas até a morte” (GARCIA et al., 2014).

Como já foi visto e relatado pela maioria das pesquisas levantadas, o ideal é que se extraia toda segunda nova folha, deixando sempre uma de segurança. De 4 a 6 folhas novas nascem por ano e que, portanto, uma colheita sustentável seria de 2 a 3 folhas\palmeira\ano, para que não haja risco de morte (JENSEN; BALSEV, 1995; VORMISTO, 2002; COOMES, 2004)

Jensen e Balsev (1995) e Vormisto (2002) afirmam que a colheita de *A. chambira* é feita de uma maneira sustentável, respeitando esses limites de exploração das palmeiras. E concluem ainda que o extrativismo feito desta maneira contribui para a conservação da cultura e da tradição desses grupos indígenas.

Porém, o mesmo não é observado em estudos como Guel e Penn (2009), por exemplo, que diz que assim que há um aumento de vendas dos artesanatos e conseqüentemente de demanda pelas fibras de *A. chambira*, a exploração começa a ser a máxima possível, sem levar em conta o risco de morte do indivíduo. E ainda conclui que não há palmeiras de *A. chambira* suficientes nos arredores dos vilarejos onde realizaram a pesquisa, para suportar um grande aumento de demanda das fibras, para que exploração seja feita de maneira sustentável, da forma que deve ser.

Arboleda et al. (2007) reúne algumas diretrizes para que o manejo sustentável seja de fato uma realidade nas comunidades tradicionais:

- É necessário estimular o uso de ferramentas adequadas na hora da extração da folha, para evitar a destruição dos indivíduos;
- Se requer implementar um sistema intercalado de colheita dos botões, de forma que sempre se deixa crescer uma nova folha, antes da colheita seguinte;
- Não realizar colheita em todos os indivíduos da região, deixando pelo menos 1 indivíduo por hectare sem ser explorado, evitando uma eventual extinção da espécie no local; e

- É recomendável que as folhas só sejam retiradas quando já houver um trabalho a ser realizado com as fibras, pois se as fibras forem retiradas e mal armazenadas, por exemplo, podem perder suas qualidades e acabarem sendo desperdiçadas.

4.6. Procedimentos Analíticos de Caracterização

A caracterização das propriedades de fibras têxteis é realizada por diversos ensaios, que devem ser precisos, ter repetitividade de resultados e serem tanto simples e de fácil execução quanto possível (MOTTA; AGOPIAN, 2007).

Algumas características das fibras, como seu comprimento, a capacidade de absorver ou não umidade, resistência à tração, módulo de elasticidade, dentre outras, são fundamentais para determinar sua aplicação.

No caso das fibras vegetais, por se tratar de material natural, as suas propriedades mecânicas variam consideravelmente de acordo com as características do solo e com as condições climáticas do ambiente onde crescem as plantas. A idade da planta, de onde as fibras são extraídas, também influencia as propriedades mecânicas das fibras; fibras de plantas mais antigas tendem a apresentar resistência mais elevada do que aquelas extraídas de plantas mais jovens (COUTTS, 1982 apud MOTTA; AGOPIAN 2007).

No presente estudo, a caracterização físico-química inédita das fibras do tucum (*A. chambira* Burret) foi realizada a fim de conhecer suas principais características, servindo como uma base de dados para futuros estudos que abordem possíveis aplicações além das artesanais.

Seguem explanações sobre as características consideradas essenciais para se caracterizar essa fibra vegetal.

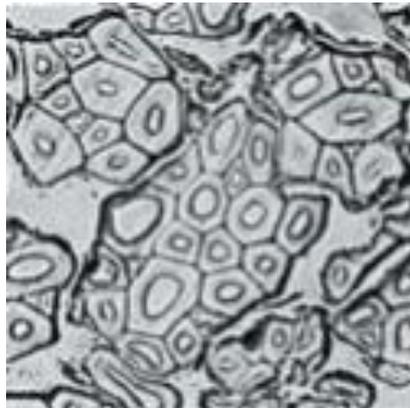
4.6.1. Comprimento

O comprimento é um critério muito importante no dimensionamento de uma fibra, especialmente no caso das fibras naturais por apresentarem grande variabilidade. De acordo com Silveira (2011) uma indústria de fabricação de fibras químicas, o comprimento da fibra não é propriamente um problema, pois esta consegue fabricar fibras de um modo contínuo. Por outro lado, as fibras naturais apresentam grande variação em seu comprimento, mesmo dentro de um mesmo lote.

4.6.2. Microscopia

O microscópio é uma importante ferramenta para análise de fibras (HOUCK, 2009), em especial as fibras vegetais, que necessitam de observação microscópica da secção transversal de um pequeno feixe para sua identificação, pois cada fibra apresenta um padrão próprio, como por exemplo o da juta, na **Figura 17**.

Figura 17 - Microscopia da secção transversal da juta.



Fonte: (MALUF; KOLBE, 2003).

No entanto, a realização desse ensaio não é tão significativa no caso das fibras sintéticas, pois estas são produzidas da maneira desejada para a aplicação a qual será destinada (SANTOS et al., 2009).

A microscopia óptica apresenta algumas limitações como mínimo contraste em foco (MARCHI; CASTRO, 2005), portanto, devido à maior riqueza de detalhes, para avaliar a superfície dos materiais pode ser realizada microscopia eletrônica, a qual é utilizada para estudar também as superfícies dos materiais poliméricos tais como, plásticos, filmes, membranas, fibras e compósitos.

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é utilizada, normalmente, como análise complementar de outras técnicas de caracterização. Este tipo de ensaio, se realizado com o acessório EDS, permite a determinação da composição mineral em amostras de tamanhos reduzidos ($< 5 \mu\text{m}$), permitindo uma análise detalhada dos materiais. O EDS (*Energy Dispersive XRay Detector*, EDX ou EDS) é um acessório essencial no estudo de caracterização microscópica de materiais. Quando o feixe de elétrons incide sobre um mineral, os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes são excitados, mudando de níveis energéticos. Ao retornarem para sua posição inicial, liberam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de Raios-X. Um detector instalado na câmara de vácuo do

aparelho mede a energia associada a esse elétron. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais os elementos químicos estão presentes naquele local e assim identificar em instantes que mineral está sendo observado (DEGEO, 2013).

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) ou *Scanning Electron Microscopy* (SEM) tem comprovado ser um instrumento muito útil para a avaliação da morfologia da fibra. As imagens tridimensionais produzidas demonstram claramente as características superficiais, tais como a presença de modificações superficiais, aplicações de acabamento, natureza do desgaste e causas das falhas (DEGEO, 2013).

4.6.3. FTIR

A espectroscopia de infravermelho pode ser considerada como uma das mais importantes técnicas analíticas disponíveis atualmente, podendo ser usada tanto para caracterizar fibras, quanto para investigar a sua condição (HOUCK, 2009).

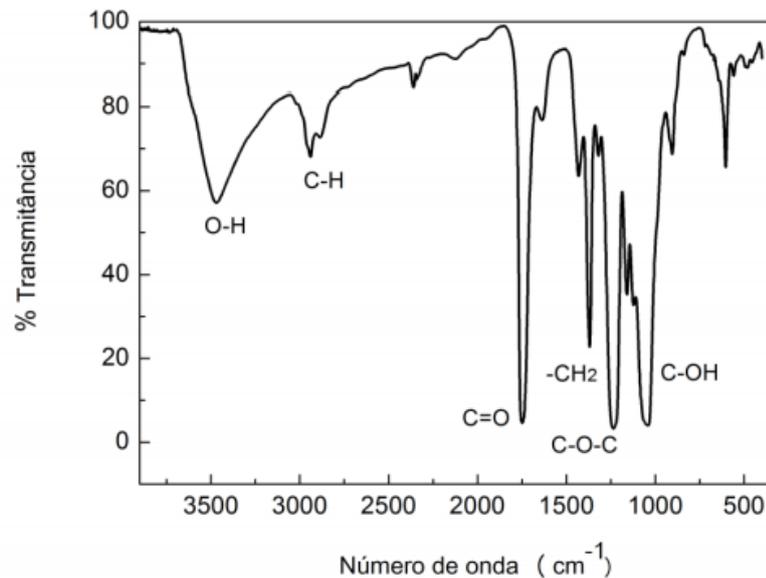
Uma das grandes vantagens da espectroscopia de infravermelho é que se pode estudar praticamente qualquer amostra em variados estados: líquidos, soluções, pastas, pós, filmes, fibras, gases e superfícies podem ser analisados com uma escolha criteriosa da técnica de amostragem. Como uma consequência da instrumentação melhorada, uma variedade de novas técnicas sensíveis foi desenvolvida, a fim de analisar amostras anteriormente intratáveis (STUART, 2004).

A radiação infravermelha (IR) corresponde aproximadamente à parte do espectro eletromagnético situada entre as regiões do visível e microondas. A porção de maior utilidade na análise e identificação de materiais está situada entre 4000 cm^{-1} e 400 cm^{-1} ($2,5\text{ }\mu\text{m}$ e $25\text{ }\mu\text{m}$), o chamado infravermelho médio (HAACK, 2010).

No caso das fibras têxteis, materiais bastante diferenciados quimicamente, tais como fibras sintéticas, lã, seda e fibras vegetais, podem ser facilmente distinguidos. As diferenças químicas sutis entre as fibras mais estreitamente relacionadas podem então ser exploradas para diferenciar estes materiais; por exemplo, tem sido demonstrado que é possível identificar as fibras vegetais com base em seu teor de lignina (HOUCK, 2009).

A análise mais usual é realizada através de um gráfico de transmitância por comprimento de onda, como o apresentado na **Figura 18**.

Figura 18 - Espectro de infravermelho obtido para as membranas de acetato de celulose de transmitância versus comprimento de onda.



Fonte: (BAPTISTA; BORGES; FERREIRA, 2010; GUIMARÃES, 2016).

É frequentemente utilizada em espectroscopia de infravermelho, uma linha de base que usa os pontos mais baixos de absorbância em um pico, de preferência em partes planas de forma reprodutível à linha de absorção, para fazer uma análise quantitativa (HAACK, 2010).

De acordo com Vogel (2002), transmitância é a fração da luz incidente com um comprimento de onda específico, que atravessa uma amostra de matéria (**Equações 1 e 2**). A transmitância pode ser utilizada para classificar os diferentes tipos atômicos, uma vez que cada um possui uma capacidade distinta de absorver ou transmitir radiação. Por outro lado, absorbância é a capacidade intrínseca dos materiais em absorver radiações em frequência específica (**Equação 3**). Desse modo, a radiação incidente I_0 ao atravessar a amostra, terá parte de sua intensidade absorvida, sendo que a radiação que deixa a amostra I , sendo que:

$$\text{Transmitância} \quad T = (I / I_0) \quad \text{(Eq. 1)}$$

$$\text{Transmitância (\%)} \quad \%T = 100.T \quad \text{(Eq. 2)}$$

$$\begin{aligned} \text{Absorbância} \quad A &= \log_{10}(I_0/I) = \log_{10}(1/T) = \log_{10}(100 / \%T) \\ &= 2 - \log_{10}(\%T) \end{aligned} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Então, se a luz passa através de uma solução sem absorção nenhuma, a absorvância é zero, e a transmitância percentual é 100%. No caso em que toda a luz é absorvida, a transmitância percentual é zero e a absorvância é infinita.

Ainda conforme Vogel (2002), a Lei de Lambert-Beer dispõe que a absorvância (A) será diretamente proporcional à concentração do elemento que absorve (c). Isso significa dizer que a transmitância percentual ($\%T$) será proporcional ao exponencial do valor negativo dessa concentração. Ou seja, $A = k \cdot c$ ou $\%T = e^{-kc}$, onde k corresponde ao valor de uma constante relativa à absorvabilidade e comprimento do caminho óptico.

4.6.4. Regain e umidade

As variações de umidade que ocorrem nas fibras estão diretamente relacionadas à umidade relativa do ar no ambiente, podendo resultar em alterações no peso da fibra, dependendo da umidade relativa do ar naquele momento (SILVEIRA, 2011).

A quantidade de umidade natural encontrada nas fibras, tem influência nas propriedades das mesmas (SILVEIRA, 2011), nesse sentido, torna-se importante para a completa caracterização das fibras e sua potencialidade de utilização realizar a determinação do teor de *regain* e de umidade.

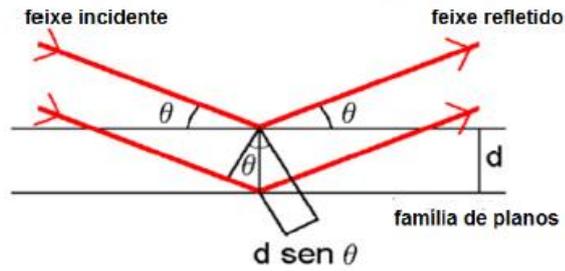
A Recuperação Percentual de Umidade (ou “*Regain*”) é definido como o peso de água calculado como uma percentagem do peso seco (FONSECA; SANTANA, 2003).

4.6.5. Difração de Raio X (DRX)

A determinação do grau de cristalinidade é importante para o entendimento do comportamento dos materiais celulósicos, visto que estes materiais possuem regiões cristalinas e amorfas. (PEREIRA et al, 2012)

Na análise de DRX os feixes incidem na amostra com ângulo θ e são refletidos com ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência como é apresentado na **Figura 19**. Os planos formados pelos átomos da amostra são paralelos entre si e estão separados por uma distância interplanar d constante (PADILHA, 2000)

Figura 19 - Representação esquemática do fenômeno de difração.

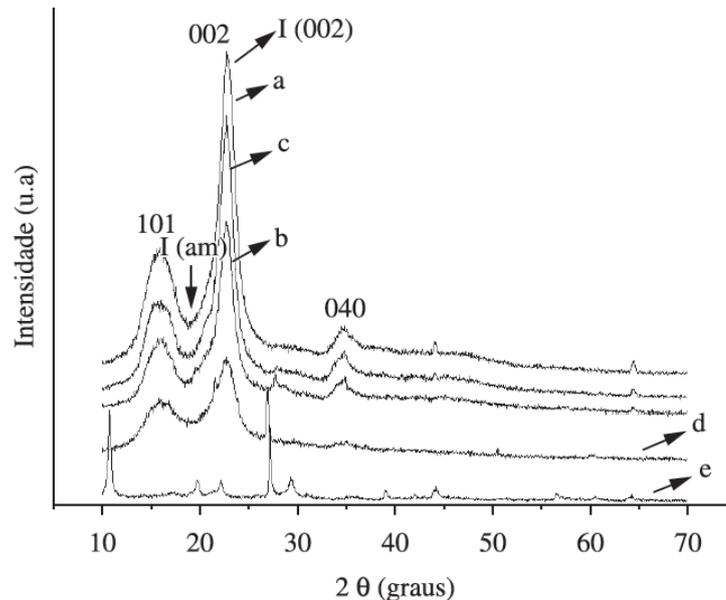


Fonte: PADILHA, 2000.

O índice de cristalinidade das fibras pode ser calculado pelo método empírico desenvolvido por Segal e seus colaboradores (1959) que tem sido largamente utilizado em estudos de fibras naturais (MARTIN et al., 2009).

Ainda segundo MARTIN et al (2009), este método utiliza os dados fornecidos pelo difratograma (**Figura 20**), relacionando a intensidade da difração que representa o material cristalino (pico máximo) perto de $2\theta = 22^\circ$ com a intensidade da difração que representa o material amorfo (vale mínimo) perto de $2\theta = 18^\circ$.

Figura 20 - Exemplo de Difratogramas de raio X



Fonte: PEREIRA et al., 2012.

4.6.6. Digital Scanning Colorimetry (DSC)

O ensaio de Digital Scanning Calorimetry (DSC) monitoriza a diferença no fluxo de calor da amostra em comparação com um sistema de vazio (inerte). As alterações químicas e físicas induzidas em um polímero pela aplicação de calor resultam em mudanças na entalpia e entropia (HOUCK, 2009).

A análise via DSC permite determinar as temperaturas em que ocorrem eventos térmicos, endotérmicos e exotérmicos, em que se avalia o fluxo de calor (perda e ganho de calor) em função da temperatura, que é diretamente proporcional à mudança na energia interna (entalpia) da amostra. Ou seja, a temperatura da amostra acompanha a temperatura de referência, pela perda ou ganho de calor, o qual é controlado pelo equipamento (LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001).

O princípio fundamental desta técnica é que, quando a amostra sofre uma transformação física tais como as transições de fase, mais (ou menos) calor terá de fluir para o material. Isto depende se o processo é exotérmico ou endotérmico. Por exemplo, tal como uma amostra sólida derrete até um líquido requer mais calor para aumentar a sua temperatura. Isto é devido à absorção de calor que a amostra sofre na transição de fase endotérmica de sólido para líquido.

Do mesmo modo, medida que a amostra passa por processos exotérmicos (tais como a cristalização) menos calor é necessário para aumentar a temperatura da amostra. Ao observar a diferença de fluxo de calor entre a amostra e a amostra de referência, este ensaio é capaz de medir a quantidade de calor absorvida ou libertada durante tais transições.

O DSC também pode ser usado para observar as mudanças de fase mais sutis, como as transições vítreas. Este ensaio é amplamente utilizado em ambientes industriais como um instrumento de controle de qualidade, devido à sua aplicabilidade para avaliar a pureza da amostra e para o estudo de cura do polímero. O resultado de um ensaio de

Esta curva pode ser usada para calcular as entalpias de transição. Isso é feito por meio da integração do pico correspondente a uma dada transição. A entalpia de transição pode ser expressa através da **Equação 4**.

$$\Delta H = KA$$

Onde,

ΔH : Entalpia de transição;

K: Constante de calorimetria;

A: Área sob a curva.

(Eq. 4)

A constante de calorimetria irá variar de instrumento para instrumento, e pode ser determinada por análise de uma amostra bem caracterizada com entalpia de transição conhecidos (FLEMING, 2013).

4.6.7. Thermogravimetric Analysis (TGA)

A análise via TGA pode ser entendida como um ensaio no qual é possível avaliar a variação de massa de determinada amostra em função de sua temperatura. A análise pode ser realizada por aquecimento, resfriamento ou até mesmo a temperatura constante. Os resultados são obtidos através de um gráfico que mostra tempo ou temperatura e o percentual de massa ganho ou perdido (LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001).

Este teste é realizado com a amostra colocada em uma microbalança, que por sua vez, é inserida dentro de um forno. Estabelece-se então um programa de aquecimento, a uma taxa predeterminada, e a variação de peso da amostra é detectada (SILVA; SILVA, 2003).

Normalmente os gráficos de DSC e TGA são analisados em conjunto, sendo que podem ser realizados em um mesmo equipamento ou em dois equipamentos distintos. No primeiro caso, a interpretação dos resultados é facilitada (SILVA; SILVA, 2003).

As análises são realizadas avaliando o teor de umidade, a perda de peso, tempo, temperatura nos gráficos de TGA, bem como na sua derivada (Derivative Thermogravimetry - DTG). Nos gráficos de DSC são analisadas as temperaturas inicial e final dos picos e se são endotérmicos ou exotérmicos (SOULTANIDIS; BARRON, 2009).

4.6.8. Ensaio Tênsil de Tração

O ensaio tênsil de tração mede o comportamento da fibra, em termos de tenacidade, percentual de alongamento e módulo inicial (ou Módulo de Young), quando uma força de deformação é aplicada ao longo do eixo dessa fibra.

Tenacidade é o estresse específico, ou seja, corresponde ao máximo da razão de carga por densidade linear (título) da fibra, em uma curva tenacidade-alongamento, que uma fibra pode suportar antes que quebre. Normalmente, as fibras naturais têm uma tenacidade maior, associada a um menor alongamento, ou vice-versa (REEDY; YANG, 2005).

A resistência à ruptura ou tenacidade é expressa em g/tex ou mN/tex, onde:

- i) mN é uma medida de força significando “miliNewton”;
- ii) tex significa o título da fibra ou fio representando gramas por 1000 metros de fibra ou fio; e
- iii) $(1 \text{ mN/tex}) = (9,81 \times 1 \text{ g/tex})$.

A tenacidade trata-se de um valor intrínseco do material independente de suas dimensões. Fibras com maior resistência permitirão a produção de fios com boa tenacidade em altas velocidades e taxas de estiragem (KASWELL, 1963; SAVILLE, 2007).

O módulo inicial ou “Módulo de Young” é a razão da variação da tensão na variação do esticamento dentro do limite elástico do material. A razão é calculada pela tensão, expresso em força por unidade de área de seção transversal, e o esticamento, expresso como uma fração do comprimento original. O Módulo de Young é uma medida muito importante para os profissionais de engenharia que utilizam madeira, aço estrutural e concreto, uma vez que esses materiais são usados abaixo dos seus limites elásticos e pequenas deformações e baixa carga podem ser calculadas com um grau razoável de precisão. Nos têxteis os diagramas de carga-alongamento apresentam, geralmente, variações lineares em sua inteira faixa de uso, ou seja, o “módulo tensional” de uma fibra não é constante e deve ser usado somente em condições onde é propriamente definido (KASWELL, 1963; SAVILLE, 2007).

Segundo Kaswell (1963), o Módulo de Young também pode ser relacionado à resistência e rigidez da fibra têxtil. Nesse sentido, quanto maior o módulo de um material, menos ele se estende em função de aplicação de determinada força. O algodão tem módulo menor que o linho e juta e, portanto, é mais flexível e macio (REEDY; YANG, 2005).

5.2. Instalações para realização de caracterização

Os ensaios de caracterização físico-química da fibra do tucum foram realizados em:

- Laboratório de Fibras Têxteis da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (**EACH-USP**) (São Paulo - SP) – comprimento, título, microscopias ópticas (transversal e longitudinal), dimensão celular, regain e ensaios tênses das fibras;
- Central Analítica do Instituto de Química da USP (**IQ-USP**) (São Paulo - SP) – análises preliminares de DSC, TGA e DRX.
- Laboratório de Caracterização Tecnológica da Engenharia de Minas e Petróleo da Escola Politécnica da USP (**EPUSP**) (São Paulo - SP) – análises preliminares de MEV e EDS;
- Laboratório de Engenharia de Materiais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP (**FZEA-USP**) (Pirassununga – SP) – análise confirmatória de DRX e densidade da fibra;
- Laboratório de Eletroquímica do Instituto de Química de São Paulo (**IQSC-USP**) (São Carlos – SP) – análises confirmatórias de DSC/TGA;
- Laboratório Multiusuário de Nanociências e Nanotecnologia (LABNANO) do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (**CBPF**) (Rio de Janeiro – RJ) – análises confirmatórias de MEV e EDS.
- Laboratório de análises têxteis da empresa **Golden Technology** (São José dos Campos – SP) – FTIR
- Laboratório Têxtil da empresa **Interface - Engenharia Aduaneira** (Santos – SP) – análise de título, torção e retorção e propriedades mecânicas do fio artesanal e de estrutura têxtil tecido tela feita a partir desse fio.
- Laboratório de caracterização de fibras têxteis da Universidade do Minho (**UMINHO**) (Guimarães – Portugal) – comportamento ao branqueamento e tingimento.

5.3. Caracterização da Fibra do Tucum

5.3.1. Climatização das Amostras

Conforme a norma ABNT NBR ISO 139:2008 (antiga ABNT NBR 8428:1984), todos os testes foram realizados com amostras previamente climatizadas, por um período mínimo de

48 horas, a 20°C e umidade relativa de 65% em climatizadora marca Mesdan (modelo Climatest M250-RH, Itália).

5.3.2. Comprimento

É a dimensão da fibra em seu estado natural. A determinação do comprimento comercial foi feita por meio manual com uso de régua (REF. 534.030, Famastil Taurus Ferramentas, China) (SAVILLE, 2007; BAYER-FIBRAS 100%, 2005; CONTROLE QUALIDADE – Protocolos de Testes Físicos, 2001; RIBEIRO; ANDRADE FILHO, 1987; ARAÚJO; CASTRO, 1984).

5.3.3. Determinação do Título Médio das Fibras

O procedimento sugere a utilização da norma ISO 1973-1995. Entretanto, este método é adaptado de modo que para o cálculo do título médio das fibras faz-se a medição do comprimento destas com o uso de uma régua e a pesagem de feixes de fibras em balança analítica (Sartorius, modelo ED124S, Alemanha). Realiza-se a pesagem dos feixes (com 50 fibras cada) e tira-se a massa média de cada um deles. Calcula-se o título médio pela **Equação 5**:

$$T_m = \frac{M_m \cdot 1000}{L} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde,

T_m = Título Médio (tex)

M_m = Massa Média do feixe (g)

L = Comprimento da fibra (m)

5.3.4. Microscopia Eletrônica de Varredura

As fibras foram inicialmente analisadas em Microscópio Eletrônico de Varredura modelo Quanta 650 FEG - Marca FEI, com sistemas de microanálise Quantax, marca Bruker, e de análises de imagens: MLA- Mineral Liberation Analyser, com óptica eletrônica operando no intervalo de 200 V a 30 kV, corrente de feixe de elétrons de 100 nA e magnificação máxima de 300.000 X.

Antes de realizar as imagens, as fibras precisam ser preparadas e recobertas com algum tipo de metal, que nesse caso foi a platina, uma vez que as amostras são isolantes e os materiais de recobrimento são condutores elétricos; mesmo quando a amostra possui boa condutibilidade elétrica – o que não é o caso dos materiais lignocelulósicos, opta-se pela cobertura das amostras com estes metais para melhorar a qualidade das imagens enviadas para o computador

(CATTANI, 2016).

As amostras foram preparadas em equipamento de recobrimento SCD050 (Bal-tec) (**Figura 22a**), que possui câmara de amostras com 108 mm de diâmetro e distância de trabalho de 30 a 82 mm.

Para a vista transversal, a fibra é colocada diretamente na câmara de amostras. Já o corte transversal foi feito em cortiça, procedimento interno realizado rotineiramente no Laboratório Têxtil da Interface Engenharia Aduaneira. As fibras são inseridas em uma rolha, depois fatias dessa rolha são feitas de forma que suas seções transversais fiquem aparentes.

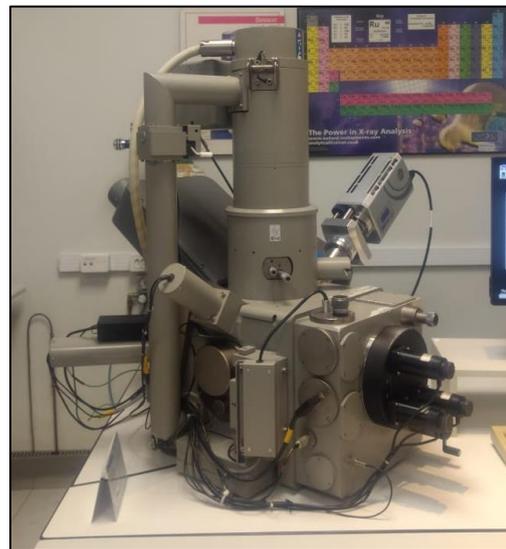
Com a posterior necessidade de uma análise da composição química do material, as imagens foram repetidas em Microscópio Eletrônico de Varredura Stereoscan S440, Marca Leo, com sistemas de microanálise INCA (EDS/WDS), marca Oxford, e de análises de imagens QWin Pro, marca Leica (**Figura 22b**).

O sistema de microanálise integrado de EDS e WDS INCA, localizado na EPUSP, possibilita a realização de análises qualitativas e quantitativas, aquisição de imagens, análise multiponto e de feições, varredura por linhas e mapeamento de raios X.

Figura 22 - (a) Equipamento de recobrimento SCD050 (Baltec); (b) Microscópio Eletrônico de Varredura Stereoscan S440 – Ambos localizados na EPUSP.



(a)



(b)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

As análises em EDS foram repetidas no CBPF, onde foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura de Alta Resolução Jeol 7100FT, com aceleração de 10 kV e 15kV e distância de trabalho de 10 a 15 mm.

5.3.5. Microscopia Óptica das Fibras

Utilizando amostras de fibras preparadas foi realizado, segundo a norma ABNT NBR 13 538-1995, o ensaio de identificação de fibras têxteis, por microscopia óptica dos cortes longitudinal e transversal.

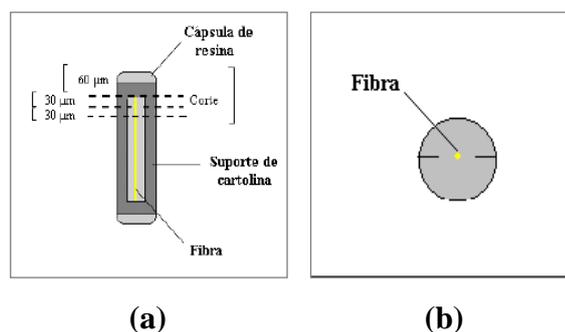
- **Vista Longitudinal**

As vistas longitudinais foram realizadas com as fibras secas, presas por uma cartolina devidamente recortada, colada e identificada, depositadas diretamente para a microscopia realizada em estéreo-microscópio (Leica, modelo MS5, Alemanha) acoplado a videocâmara de captação digital de imagens (Vista, Protos IV, modelo VPC 122/CH, 1/2" CCD, Grã-Bretanha). As ampliações correspondem a 20, 32, 51, 80 e 128 vezes. As imagens foram captadas e processadas pelo sistema Video Analyser 2000 code 250 (Mesdan, Itália) (GUIMARÃES, 2014; CATTANI, 2016). Através desse sistema, foram determinados os diâmetros das fibras de tucum, através de 100 medidas sobre as quais foram determinados media e desvio-padrão.

- **Corte Transversal**

Para o corte transversal, foi necessário preparar um suporte de cartolina e utilizar resina para encapsular a fibra singular (junto ao suporte), de modo a deixá-la bem esticada e centralizada para realização do corte transversal propriamente dito, conforme demonstrado na **Figura 23**.

Figura 23 - (a) Esquema da fibra em cápsula de resina; (b) Esquema do corte transversal.



Fonte: QUEIROZ, 2017.

As capsulas foram cortadas em espessuras de 70 µm, para eliminar o topo, onde não há fibra e, a partir daí, com 35 µm de espessura, através de micrótopo semi-automatizado rotacional (Leica, modelo RM 2245, Alemanha). Feitos os cortes, duas secções transversais de

um mesmo corpo-de-prova foram depositadas sobre lâminas de microscopia espalmada com uma gota de óleo mineral petrolato líquido (Nujol, Mantecorp, Brasil), cobertas com lamínulas e identificadas com o número da amostra. Os materiais foram analisados em microscópio biológico (Leica, modelo BME, Alemanha) acoplado a vídeo-câmara de captação digital de imagens (Sony, Color Video Camera ESWAVEHAD, modelo 55C-DC93-P, China). As ampliações corresponderam a 128, 320, 640, 1280 e 2016 vezes. As imagens foram captadas e processadas pelo sistema Video Analyser 2000 code 250 (Mesdan, Itália).

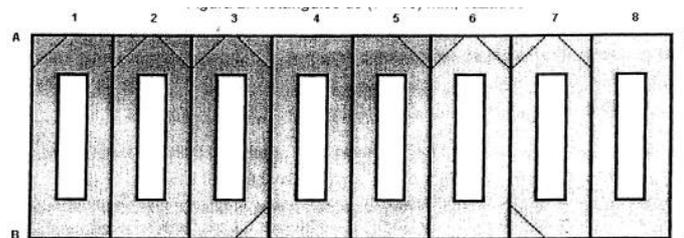
A metodologia descrita abaixo para encapsulamento das fibras é usada rotineiramente no laboratório do Centro Tecnológico de Têxtil e Moda do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (CETIM – IPT), do qual se apresenta o protocolo abaixo.

O seguinte processo foi realizado para preparação da secção transversal das fibras para quatro corpos-de-prova por fibra:

- Foi marcada numa cartolina recortada nas dimensões de (56 x 18) mm, uma sequência de oito pequenos retângulos de (7 x 18) mm, tendo centralizado em seu interior, retângulos de (3 x 12) mm, para posterior recorte (**Figura 24**). Essas dimensões do retângulo podem variar conforme o tamanho da cápsula. O retângulo deve ter dimensões tais que seja possível sua inserção na cápsula de gelatina;

- O retângulo A, B, C, D foi recoberto em toda sua extensão, no seu dorso, com fita gomada dupla-face, com 20 mm de largura. Vazaram-se os retângulos maiores, recortando os retângulos menores com o auxílio de um estilete, conforme **Figura 24**.

Figura 24 - Retângulos de cartolina branca de (7 x 18) mm, vazados.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

- Foram separados, por corte, os oito retângulos de (7 x 18) mm;
- Nos retângulos de número 1 a 4, retiraram-se, sucessivamente, o papel siliconado da fita gomada, e foi montado, sobre a fita gomada, um pequeno feixe de fibras ou fios de filamentos paralelos, mantidos sob pequena tensão, no centro da parte vazada, paralelamente ao eixo maior do retângulo;
- Aos retângulos preparados conforme acima, aderiram-se os retângulos 5 a 8, após

retirada do papel siliconado, unindo-os pela fita, formando o suporte;

- Se os suportes para os corpos-de-prova necessitavam de identificação, foram recortadas uma das quatro pontas do suporte para o corpo-de-prova 1, duas pontas para o corpo-de-prova 2, três pontas para o corpo-de-prova 3 e nenhuma para o corpo-de-prova 4, nas linhas indicadas, conforme **Figura 24**;

- Foi preparada sobre um vidro de relógio, uma pequena quantidade de solução constituída de 0,5 ml de base resina Technovit 7100 (Heraeus, Alemanha) e 0,5 ml de álcool etílico P.A. a 96%. Os corpos-de-prova foram imersos nesta solução, onde ficaram por 1,5 h, para intumescer completamente;

- Nos últimos minutos do período de intumescimento, foi preparada em um béquer de 10 ml, uma segunda solução constituída de 0,0375 g do endurecedor I (pó) (reagente que acompanha a resina) e 3,75 ml de base Technovit 7100, misturada até dissolução completa do pó;

- Imediatamente após terminada a preparação da solução acima, retiraram-se os suportes da primeira solução e foram imergidos nesta segunda solução, na qual deviam permanecer imersos por mais 1,5 h, em temperatura ambiente;

- Retiraram-se os suportes da segunda solução, foi adicionado 0,25 ml do endurecedor II (líquido) (reagente que acompanha a resina) e se misturou até completa homogeneização. Esta nova solução foi vertida para dentro de uma cápsula de gelatina (Capsugel - Pfizer, Cápsula Gel no 00 incolor, Brasil) e, em seguida, foi introduzido o suporte dentro da cápsula. Foi centralizado com cuidado o suporte para que as fibras ou os fios fiquem perfeitamente perpendiculares à abertura da cápsula. O material foi deixado em repouso por no mínimo duas horas, à temperatura ambiente;

- Após o endurecimento da resina, a cápsula de gelatina foi dissolvida com água morna.

- **Dimensão das células constituintes das fibras**

As microscopias das secções transversais, com ampliação de até 1.280 vezes foram captadas e processadas pelo sistema Vídeo Analyser 2000 code 250 (Mesdan, Itália). As ampliações correspondem a 128, 320, 640 e 1280 vezes. Através desse sistema foram determinadas as dimensões das células constituintes de suas respectivas fibras. Para cada espécie, o diâmetro foi estimado pela média e desvio-padrão de 5 medidas em unidades de micrometros.

5.3.6. Densidade

A densidade foi obtida por picnometria a gás, seguindo a metodologia descrita abaixo. O picnômetro utilizado foi o multipicnômetro de gás Hélio/ Modelo MVP-6DC, fabricante Quantachrome Instruments, que é constituído por duas câmaras de volumes conhecidos (por calibração prévia): a câmara onde se coloca a amostra e a câmara de expansão, ligadas por uma válvula (válvula de expansão).

Antes de iniciar a análise propriamente dita, a amostra, colocada na respectiva câmara, é sujeita a um processo de desgaseificação que consiste em repetidas purgas com hélio, para remoção de impurezas e humidade que eventualmente possa conter. Depois de levado todo o sistema à pressão atmosférica, isola-se a câmara de expansão, fechando a válvula de expansão e pressuriza-se a câmara que contém a amostra até uma pressão P1.

Seguidamente, a válvula de expansão é aberta e, em consequência, ocorre um abaixamento de pressão para P2. Admitindo comportamento ideal do hélio, o volume do sólido pode ser calculado a partir das **Equações 6 e 7** (SMITH, 1996):

$$P1(Vc - Vp) = P2(Vc - Vp + Vr) \quad \text{(Eq. 6)} \quad \text{Onde,}$$

$$Vp = Vc - \frac{Vr}{\frac{P1}{P2} - 1} \quad \text{(Eq. 7)} \quad \begin{array}{l} Vp = \text{Volume da amostra (cm}^3\text{)} \\ Va = \text{Volume do porta amostra (cm}^3\text{)} \\ Vr = \text{Volume de referência (cm}^3\text{)} \end{array}$$

A densidade é automaticamente calculada pelo aparelho, através da relação entre a massa do sólido (introduzida como dado de entrada) e o volume derivado da **Equação 7**.

5.3.7. FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

As fibras foram analisadas através da técnica de espectroscopia na região do infravermelho médio, em equipamento marca Thermo, modelo Avatar 370 FTIR, utilizando célula de ATR/Germânio (Ge) (Nicolet, EUA). No intervalo de 4000 a 700 cm^{-1} , realizando 32 varreduras e resolução de 2 cm^{-1} . O *software* utilizado na aquisição dos dados é Omnic, versão 4.1 (CALTECH, 2013).

5.3.8. Determinação do Teor de Regain

O método é adaptado da norma ISO/TR 6741-4:1987. A quantidade de umidade foi determinada pela pesagem de uma amostra condicionada (20°C e 65% de umidade relativa) em balança analítica (Sartorius, modelo ED124S, Alemanha). Em seguida foi realizada secagem

em estufa com recirculação forçada de ar (Binder, modelo FD 115, Alemanha) a 70°C até atingir peso constante (*overnight*) e em seguida a amostra será tarada novamente.

Recuperação Porcentual de Umidade (ou “Regain”) é definida como o peso de água calculado como uma percentagem do peso seco (**Equação 8**):

$$\% \text{ Regain} = \frac{\text{massa original} - \text{massa seca}}{\text{massa seca}} * 100 \quad (\text{Eq. 8})$$

5.3.9. Difração de Raio X (DRX)

Os espectros XRD foram obtidos à temperatura ambiente (25 °C) com um difratômetro SIEMENS D5000, DIFFRAC PLUS XRD (Alemanha) com geometria BRAGGBrentano, radiação Cu K α ($\lambda = 0.154$ nm), detector Flicker e monocromador de grafite. O intervalo de dispersão variou de 4° a 80° com um intervalo de 2 passos de 0,02°. As amostras foram cortadas em pequenos pedaços, colocadas sobre um suporte de amostra de vidro e analisadas. Utilizou-se uma tensão de operação de 40 kV e corrente de 30 mA e as intensidades foram medidas no intervalo de 5° < θ < 30°. As separações de pico são realizadas através de deconvolução gaussiana (RODRIGUEZ-CHANFRAU et al., 2017).

O índice de cristalinidade das fibras foi calculado pelo método empírico desenvolvido por Segal e seus colaboradores (1959) (**Equação 9**), que tem sido largamente utilizado em estudos de fibras naturais (MARTIN et al., 2009).

Onde,

I_c = índice de cristalinidade, em porcentagem;

$I(002)$ = Intensidade da difração que representa o material cristalino (pico máximo) perto de $2\theta = 22^\circ$;

$I(am)$ = pico de intensidade da difração que representa o material amorfo (vale mínimo) perto de $2\theta = 18^\circ$

$$I_c = \left(\frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \right) * 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

A fim de garantir a confiabilidade dos resultados, o teste foi repetido, desta vez com os seguintes parâmetros de análise: intervalo de 10° a 40° (2θ) em passos de 0,02, a uma taxa de 2°/min, pois era o habitual no laboratório em que os testes foram realizados.

5.3.10. Digital Scanning Colorimetry (DSC)

O primeiro teste de DSC foi realizado em equipamento Diferencial Scanning Colorimeter DSC Q20 V24.11 Build 124 (Universal V45A TA Instruments) em temperatura de 20 a 240°C, porém, por uma limitação técnica de temperatura, o ensaio teve que ser repetido em outro equipamento, pois a temperatura deste primeiro, não chegava a degradar a amostra completamente.

5.3.11. Thermogravimetric Analysis (TGA)

A análise via TGA trata-se de ensaio no qual é possível avaliar a variação de massa de determinada amostra em função de sua temperatura. A análise pode ser realizada por aquecimento, resfriamento, ou até mesmo à temperatura constante. Os resultados são obtidos através de um gráfico que mostra tempo ou temperatura e o percentual de massa ganho ou perdido (LUCAS; SOARES; MONTEIRO, 2001).

Os ensaios de TGA foram realizados em equipamento TGA Q500 V20. 13 Build 39 (Universal V4.5A TA Instruments) com nitrogênio, temperatura de ensaio de 30°C a 800°C e velocidade de aquecimento de 10°C/min.

Para realizar o ensaio, se coloca a amostra em um cadinho, que é levado ao forno para então iniciar as medições. Deve-se esperar até que a amostra queime por completo e, à medida que o ensaio é realizado, o software do aparelho vai gerando o gráfico de perda de massa versus temperatura e sua derivada correspondente a Derivative Thermogravimetry (DTG) (GUIMARÃES, 2014).

Conforme metodologia desenvolvida por Bouchard, Léger e Chornet (1986) para materiais lignocelulósicos, os eventos (picos caracterizados por pontos de inflexão) nas curvas DTG podem ser associados a processos que ocorrem aos distintos constituintes do material analisado. Deste modo, em muitos casos pode se estimar, pela comparação das curvas de DTG e TGA, a composição aproximada do material lignocelulósico analisado.

5.3.12. TGA/DSC

Como dito anteriormente, no primeiro ensaio de DSC houve uma limitação técnica de temperatura que impediu que os resultados obtidos fossem de alguma forma conclusivos.

O ensaio foi repetido só que dessa vez, em um equipamento que realiza os ensaios de TGA e DSC juntos, ao mesmo tempo. Portanto, foram obtidos novos resultados tanto de TGA, quanto de DSC.

O equipamento é um Analisador Termogravimétrico, marca Mettler Toledo, modelo TGA/DSC 2, Netherlands. As condições foram: T inicial: 30°C, Tfinal: 1000°C, rampa de aquecimento: 10C/min., atmosfera de Nitrogênio a 50mL/min. cadinho de alumina de 70 uL.

5.3.13. Ensaio de Tração de Fibras

A partir das amostras obtidas dos diferentes processos de obtenção de fibras, foi realizado, segundo a norma ASTM D 3 822-2001, o ensaio para propriedades de tração de fibras têxteis singelas, obtendo as seguintes medições: carga de ruptura, alongamento e tenacidade. Será utilizado o dinamômetro (“tester machine”) marca Instron, (modelo 5569, Norwood, EUA) com distância entre garras 20 mm, velocidade das garras 20 mm/min. O aparelho fornece os valores de carga de ruptura e alongamento, sendo necessário calcular o valor de tenacidade a partir da **Equação 10**, fornecida pelo procedimento, apresentada a seguir:

$$\gamma = \frac{F}{T_m} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde,
 γ = Tenacidade (cN/tex)
 F = Carga de Ruptura (cN)
 T = Título (tex)

O módulo de Young (ou módulo inicial ou módulo têxtil) de uma fibra é determinado pela inclinação da curva de tenacidade-alongamento em sua parte inicial conforme **Equação 11** (SAVILLE, 2007; KASWELL, 1963):

$$\text{Módulo de Young} = \frac{\gamma_1}{\varepsilon_1} \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde,
 γ_1 = Tenacidade na parte inicial da curva tenacidade-alongamento (cN/tex)
 ε_1 = Alongamento na parte inicial da curva tenacidade-alongamento (%)

5.3.14. Branqueamento

A operação de branqueio consiste na eliminação da cor natural presente nas fibras, normalmente acastanhada, devido à presença de pequenas impurezas na fibra. De forma a eliminar essas impurezas é necessário submeter as fibras a um branqueio oxidativo. O branqueio oxidativo pode ser realizado através de peróxido de hidrogênio (ARAÚJO; CASTRO, 1987).

Partindo de uma formulação utilizada na indústria para o algodão, o método realizado foi adaptado de Andrassy et al. (2013). A **Tabela 2** apresenta os reagentes utilizados e a proporção destes.

Tabela 2 - Formulação empregada para branqueamento da fibra de tucum em relação de banho 1:20, isto é, 1g para 20 ml, em relação à quantidade de fibra de tucum.

Produto	Proporção	Quantidade (g)
Fibra do tucum	-	8
Diadavin UN (detergente)	1g/L	0,16
Baystabil DB (agente sequestrante)	4g/L	0,64
NaOH (Hidróxido de sódio)	5 ml/L	0,8
H ₂ O ₂ (Peróxido de hidrogênio)	20 ml/L	3,2

Fonte: adaptado de Andrassy et al. (2013)

Com relação aos auxiliares descritos na **Tabela 2**, foram os mesmos empregados no estudo de Pimenta (2015), como segue:

Diadavin UN - detergente não iônico, com propriedades emulsificantes de parafinas, ceras e lubrificantes no pré-tratamento de fibras celulósicas, comercializado pela Tanatex.

Baystabil DB - estabilizador de peróxido de hidrogênio durante o branqueio comercializado pela Bayer.

Hidróxido de sódio - é um sólido cristalino de fórmula química NaOH, conhecido na indústria como soda cáustica. O hidróxido de sódio consiste numa base forte, que dissolvida em água reage exotermicamente. É utilizado no tratamento prévio de superfície e no tingimento na indústria têxtil.

Peróxido de hidrogênio - Possui a fórmula química de H₂O₂, é um agente oxidante utilizado pela indústria têxtil para efetuar o branqueio.

O processo foi feito em 8 g de fibras de tucum, separadas em 4 amostras de 2 g (**Figura 25**). Destas quatro amostras, uma foi branqueada e as outras três foram posteriormente tingidas.

Figura 25 – 4 amostras de fibra do tucum (2g cada)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

A formulação expressa na **Tabela 2** foi aplicada a 80°C por 30 min. O equipamento utilizado para o banho foi o Ahiba spectradye (**Figura 26**), que permite controlar o gradiente de temperatura, o tempo e as rotações a partir de um painel de controle programável.

Figura 26 – Equipamento Ahiba spectradye



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Após os 30 minutos, as fibras foram secas em temperatura ambiente.

Para medir o grau de branqueio, foi utilizado o espectrofotômetro de reflexão SF-600+CL, calculando-se o grau de brancura Berger, conforme descrito por Pimenta (2015).

Segundo refere Oliveira (2007), o espectrofotômetro de reflexão é um equipamento que permite medir a reflectância de uma superfície opaca. Estes substratos podem ser amostras têxteis de tecidos, malhas, fios ou fibras.

Nesta máquina de avaliação colorimétrica, uma luz policromática difusa ilumina a amostra colocada para análise, encontrando-se posicionada numa abertura de medição da esfera de integração, designada por esfera branca (OLIVEIRA, 2007).

A luz que se reflete, atravessa um prisma ou uma grade, ocorrendo uma difração que leva a que os componentes monocromáticos cheguem até aos detetores espectrais, que enviam

um sinal que corresponde a energia relativa de um comprimento de onda, determinado no momento de envio. Este mecanismo permite registrar o fator de refletância (OLIVEIRA, 2007).

Este índice de brancura é especificado somente para ser medido utilizando-se o iluminante C e observador padrão 2°. Entretanto, a mesma equação, é utilizada também com outros iluminantes. O valor de brancura apresentado nos relatórios, será sempre o valor referente ao iluminante primário escolhido.

A brancura de Berger foi desenvolvida por A. Berger e apresentada em 1959. É especificada para o iluminante C e observador padrão 2°. Contudo a equação é comumente utilizada para outro tipo de iluminantes e observadores (COSTA, 2014).

A equação para este índice de brancura é (COSTA, 2014; GARGALACA, 2012):

$$WI = 0,333Y + 125 Z/Z0 - 125 X/X0 \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde: X, Y e Z são os valores tristímulos da amostra medida, e X0 e Z0, representam os valores tristímulos do iluminante utilizado para a medição.

Ainda segundo Gargalaca (2012), valores maiores do que 33,33, indicam um branco azulado e valores menores do que 33,33, indicam um branco amarelado.

5.3.15. Tingimento

O tingimento foi feito com corantes reativos, em três cores diferentes: vermelho, azul e amarelo (**Tabela 3**).

Tabela 3 - Corantes reativos utilizados no tingimento da fibra de tucum

Nome comercial	Número C.I.	Fornecedor
Levafix Red CA gran	-	DyStar
Levafix Blue CA gran	-	DyStar
Levafix Yellow CA gran	-	DyStar

Fonte: Pimenta, 2015

Corantes reativos adequados ao uso em tricromias, ideais para aplicação pelo processo de esgotamento, dispensam aplicação de hidróxido de sódio, utilizam um processo tintorial

menos abrasivo para o substrato, permitem tingir a baixa temperatura (60°C), produzem resultados de solidez à lavagem elevados, possibilidade de obter cores brilhantes. (Pimenta, 2015).

A formulação utilizada foi adaptada de Pimenta (2015), conforme **Tabela 4**:

Tabela 4 - Formulação empregada para tingimento da fibra de tucum em relação de banho 1:20, isto é, 1g para 20 ml, em relação à quantidade de fibra de tucum.

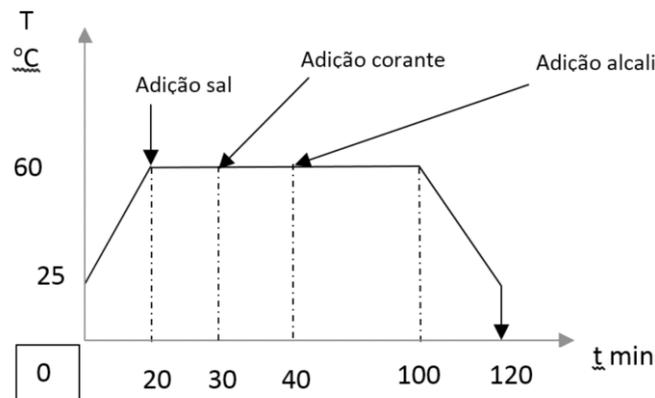
Produto	Proporção	Quantidade (g)
Fibra do tucum (para cada cor)	-	2
Corante Levafix (1% Blue CA gran; Red CA gran; Yellow CA gran)	1%	0,02
NaCl - Cloreto de sódio	35g/L	4,2
Na ₂ CO ₃ - Carbonato de Sódio	10 g/L	1,2

Com relação aos auxiliares descritos na **Tabela 4**, foram os mesmos empregados no estudo de Pimenta (2015), como segue:

Cloreto de sódio - é um sólido cristalino branco (NaCl), utilizado como eletrólito forte durante o tingimento de fibras celulósicas, tem um caráter iônico, um ponto de fusão elevado, é solúvel em água e insolúvel em solventes orgânicos.

Carbonato de sódio - é um sal de cor branca e translúcida, de fórmula química Na₂CO₃, utilizado para neutralizar ácidos, por ser básico e hidrolisar na presença de água, controlar pH e em tratamentos na indústria têxtil.

O equipamento utilizado para o banho foi também o Ahiba spectradye, seguindo o gráfico de ensaio (**Figura 27**):

Figura 27 - Gráfico de ensaio - tingimento reativo

Fonte: Pimenta, 2015

Após os 120 minutos, as fibras foram ensaboadas à fervura por 15 minutos, para retirar qualquer resíduo de corante que não houvesse reagido.

Para medir a força colorística (K/S) e a reflectância das amostras tingidas foram feitas 5 leituras utilizando o espectrofotômetro de reflexão SF-600+CL

Segundo Choudhury (2015), quando um feixe de luz incide sobre um substrato tingido ou pigmentado, a sua energia radiante interage com as partículas que atribuem cor, fazendo com que as moléculas que as constituem transfiram as partículas sob a forma de absorção e dispersão da luz. No processo de absorção a energia é absorvida pelo agente cromóforo e convertida em calor ou outras formas de energia. Durante a dispersão a direção do feixe de luz é alterada. Esta teoria traduz-se na **Equação 13**:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{R^2}$$

Sendo,

K: Absorbância

S: Dispersão

R: Reflectância

(Eq. 13)

Na teoria de medição de cores, tem-se que um corpo material pode modificar a luz que sobre ele incide, através de (LOPES, 2009):

- 1) Absorção: fenômeno pelo qual um feixe de radiação transfere sua energia, parcial ou totalmente, para um meio material que atravessa;
- 2) Transmitância: fração desta energia que é transmitida pelo sistema; e
- 3) Refletância: Fração da luz incidente que não foi absorvida ou transmitida, mas que foi refletida pelo sistema.

Deste modo tem-se que materiais opacos refletem luz e materiais transparentes transmitem luz (LOPES, 2009).

5.4. Caracterização do Fio de Tucum (*A. chambira* Burret)

5.4.1. Origem do fio artesanal de tucum (*Astrocaryum chambira* Burret)

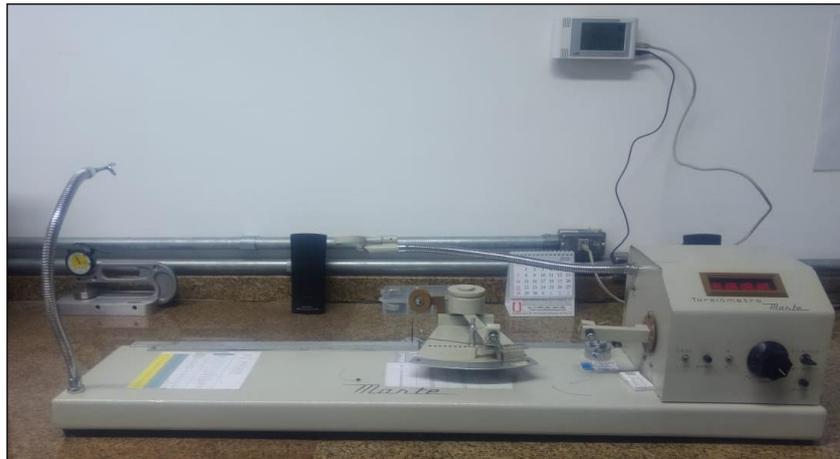
O fio artesanal utilizado no presente estudo foi confeccionado na “Vila Ecológica Céu do Juruá” (mesma origem das fibras) em fuso manual com as fibras do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) e doado à autora do presente estudo.

5.4.2. Título do fio

O título do fio artesanal de tucum (*A. chambira* Burret) foi determinado a partir da norma ABNT NBR 13216:1994 para título de fios em amostras de comprimento reduzido.

Para realizar o teste, 10 corpos de prova foram cortados com 10 centímetros, medidos em régua graduada do torcímeter, fabricante Marte, modelo 2200 (**Figura 28**). Posteriormente foram pesados em balança analítica (Bioprecisa, modelo FA-2104N). O cálculo para se obter o resultado em Tex, segue o mesmo apresentado na **Equação 5**.

Figura 28 - Torcímetro Marte, modelo 2200.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

5.4.3. Torção/Retorção

Para se obter o número de torções por metro do fio, bem como o número de retorções, já que se trata de um fio com dois cabos retorcidos, foram utilizadas as normas ASTM D 1422 e ASTM D 1423, respectivamente.

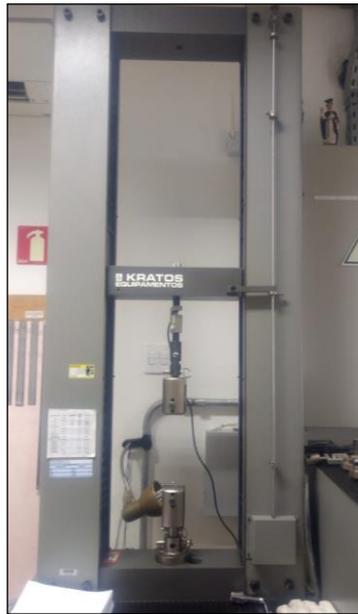
Para isso, 10 corpos de prova foram testados em torcímetro, fabricante Marte, modelo 2200, com pré tensão de 0,5 cN/TEX.

O equipamento “desfaz” as torções e retorções do fio, para saber o quanto esse fio foi torcido ou retorcido em um certo comprimento determinado. Os resultados são dados em número de torções e/ou retorções por metro de fio.

5.4.4. Propriedades mecânicas

Os parâmetros de Tenacidade (cN/Tex) e porcentagem (%) de alongamento foram determinados a partir da norma ASTM D 2256, em dinamômetro KATROS – K501 (**Figura 29**), com garras de fio, distância entre as garras de 250 mm e velocidade de deslocamento de 321,50 mm/min. A célula de carga utilizada nesse caso foi de 500 Kgf.

Figura 29 - Dinamômetro do Laboratório Têxtil da Interface Engenharia Aduaneira.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

5.5. Desenvolvimento e caracterização do Tecido de Tucum (*A. chambira* Burret)

5.5.1. Desenvolvimento

Utilizando o fio artesanal de tucum feito pela comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá, amostras de tecido plano de urdume e trama foram confeccionadas em tear manual apresentado na **Figura 30**.

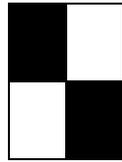
Figura 30 - Tear manual utilizado para a confecção do tecido plano.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

O ligamento utilizado para tecer foi o ligamento tela (ou tafetá), o mais básico da tecelagem onde cada fio de trama passa um fio de urdume por cima e um fio de urdume por baixo, sucessivamente. Na volta, o fio de urdume que estava por baixo, fica por cima (**Figura 31**) (ARAÚJO; CASTRO, 1984)

Figura 31 – Estrutura do ligamento Tela (tafetá)



Fonte: ARAÚJO; CASTRO, 1984

Cada amostra de tecido continha 8 fios de urdume (**Figura 32a e 32b**). Cinco (5) amostras de tecido foram confeccionadas (**Figura 33**), com média de 12 cm de comprimento (**Figura 34**) e 2,5 cm de largura cada.

Figura 32 – (a) Tear com fios de urdume; (b) Primeira tira confeccionada



(a)



(b)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 33 - 5 amostras de tecido plano de urdume e trama 100% tucum



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 34 - Detalhe da amostra de tecido plano de urdume e trama 100% tucum



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

5.5.2. Caracterização dos Tecidos

Para caracterizar as amostras de tecido confeccionadas, foram analisados os valores de dimensões de largura e comprimento), gramatura, densidade de fios (nº de fios de trama/cm e nº de fios de urdume/cm) e espessura. Depois, a força, tensão e alongamento na ruptura dos tecidos foram determinados.

5.5.2.1. Dimensões

As dimensões das amostras foram medidas em régua (modelo: NA-036, marca: Classe), no sentido da largura e do comprimento. A medida da largura foi tirada em 3 pontos diferentes em cada amostra (**Figura 35**).

Figura 35 - Medidas sendo tiradas na Amostra 5. **(a)** Comprimento; **(b)** Largura.



(a)

(b)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

5.5.2.2. Gramatura

Para o cálculo da gramatura das amostras, foi utilizada a norma ABNT NBR 10591:2008 adaptada. As amostras de tecido, com dimensões de comprimento e largura já determinadas e após um período de 48 horas de climatização (20°C e 65% de umidade relativa), foram pesadas em balança analítica (Marte, modelo MS 20K₁). Em seguida, foi realizado o cálculo de gramatura, segundo a **Equação 14**.

$$G = \frac{m}{A}$$

(Eq. 14)

Onde,

G= Gramatura (g/m²).

m= massa (g).

A= área superficial (m²).

5.5.2.3. Densidade de Fios

A densidade de fios dos tecidos (nº de fios de trama por cm e nº de fios de urdume por cm) foi medida com lente conta fios (marca Intex) (**Figura 36**), com aumento de 10x, com 1 cm de cada lado. Foram realizadas 5 medidas em cada amostra no sentido da trama e do urdume.

Figura 36 - Lente conta fios marca Intex



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

5.5.2.4. Espessura

Para medição de espessura foi utilizada a norma ABNT NBR 13371:2005 para determinação de espessura em materiais têxteis. Foi utilizado o medidor de espessura analógico portátil, aparelho também conhecido como espessímetro (marca Mainard) com leitura centesimal de 0,01 mm (**Figura 37**). Foram realizadas 5 medidas em cada amostra.

Figura 37 - Medidor de espessura Marca Mainard



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

5.5.2.5. Carga de Ruptura a Alongamento

Os valores de Carga de Ruptura (N) e Alongamento (%) das amostras de tecido de tucum, foram obtidos a partir de testes de tração em dinamômetro KATROS – K501 (**Figura 29**), o mesmo utilizado para o fio artesanal, porém agora com garras de tecido, distância entre as garras de 75 mm e velocidade de deslocamento de 106,35 mm/min. A célula de carga utilizada nesse caso foi de 500 Kgf.

Os testes foram feitos apenas no sentido do urdume. Por limitação técnica de distância das garras, os testes no sentido da trama não foram possíveis de realizar.

5.6. Análise estatística dos resultados

Dos valores determinados nos testes, foram calculados os parâmetros estatísticos de média, desvio-padrão, e coeficiente de variação, conforme **Equações 13; 14 e 15**.

Média	$\bar{x} = (\sum x)/n$	(Eq. 15)
-------	------------------------	----------

Desvio Padrão	$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$	(Eq. 16)
---------------	--	----------

Coeficiente de Variação $CV\% = \frac{s}{x} * 100$ (Eq. 17)

Nos resultados analisados através de histograma, a análise estatística foi realizada utilizando o software Minitab (Minitab Inc.). O teste de normalidade para a distribuição do histograma foi realizado pelo mesmo software (teste de normalidade Anderson-Darling), com um nível de significância de 5%. Ou seja, considerando que teste de hipótese seja que uma probabilidade inferior a 5% implicaria em que não se poderia afirmar que a distribuição segue uma curva normal e superior a 5% que fosse possível realizar essa afirmação, então tem-se que se pode aceitar que a distribuição é normal.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

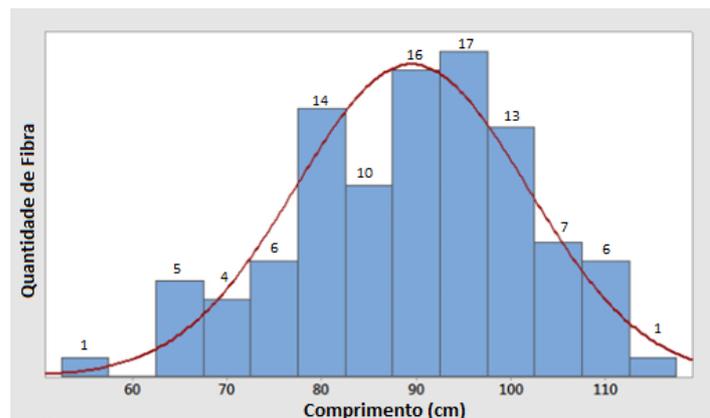
6.1. Caracterização físico-química das fibras do tucum (*A. chambira* Burret)

6.1.1. Comprimento

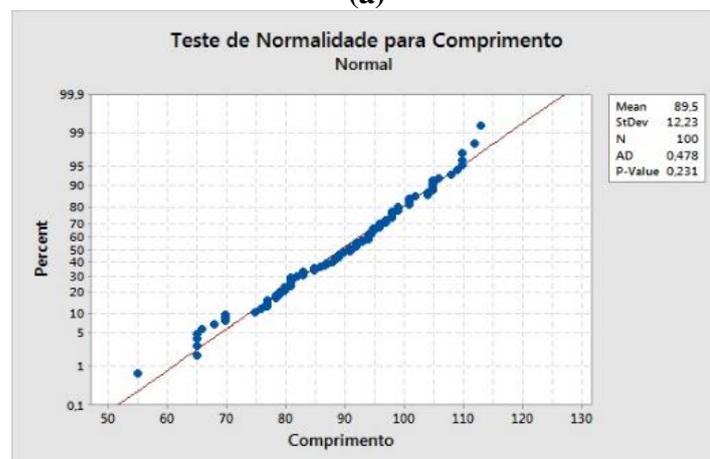
Um total de 100 fibras de tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) foram medidas com régua. Os comprimentos *in natura* da fibra foram analisados através de histograma, apresentando média de **89,5 cm**, conforme **Figura 38a** e **Tabela 5**. A análise estatística realizada foi com software Minitab (Minitab Inc.) a partir dos valores dos comprimentos medidos manualmente (Dados completos em **Apêndice A**).

O teste de normalidade para a distribuição do histograma (**Figura 38b**) foi realizado pelo mesmo software (teste de normalidade Anderson-Darling), indicando que esta é uma distribuição normal, já que probabilidade calculada é de 23,1% (maior que 5%).

Figura 38 - Análises dos comprimentos das fibras do tucum utilizando o software Minitab. **(a)** Histograma; **(b)** Teste de normalidade para distribuição.



(a)



(b)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Tabela 5 - Valores calculados pelo software Minitab a partir dos comprimentos medidos das fibras do Tucum.

Média (cm)	89,50
Mínimo (cm)	55,00
Máximo (cm)	113,00
Desv. Padrão	12,23
CV%	13,66

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

6.1.2. Título das fibras

Após a medição do comprimento das fibras, foi calculado o título das mesmas, em TEX (massa em gramas de 1000 metros de fibras).

Por tratar-se de uma fibra muito fina, realizou-se a pesagem do feixe de 100 fibras que já haviam sido medidas para a determinação do comprimento.

O valor obtido no cálculo do título da fibra foi de **2,42 TEX**.

Para se ter uma ideia de grandeza desse valor de título, uma linha de costura 100% algodão, tem por volta de 34 Tex (COATS, 2019).

6.1.3. Microscopia Óptica das fibras

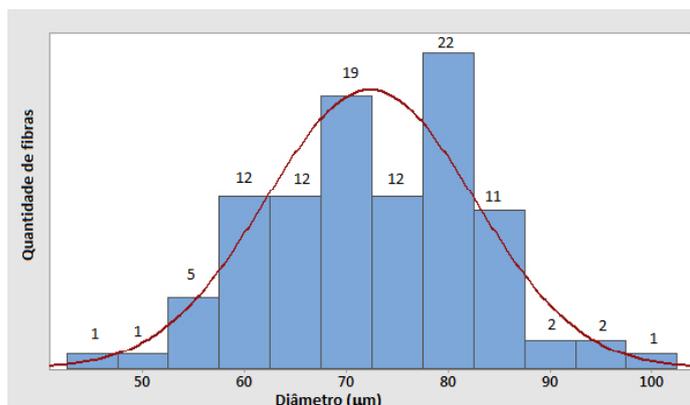
A identificação das fibras vegetais pode ser complementada pela observação da secção transversal. As fibras foram analisadas em visão longitudinal (com aumento de até 128x) e secção transversal (com aumento de até 1280x) através de microscopia óptica.

6.1.3.1. Microscopia Longitudinal

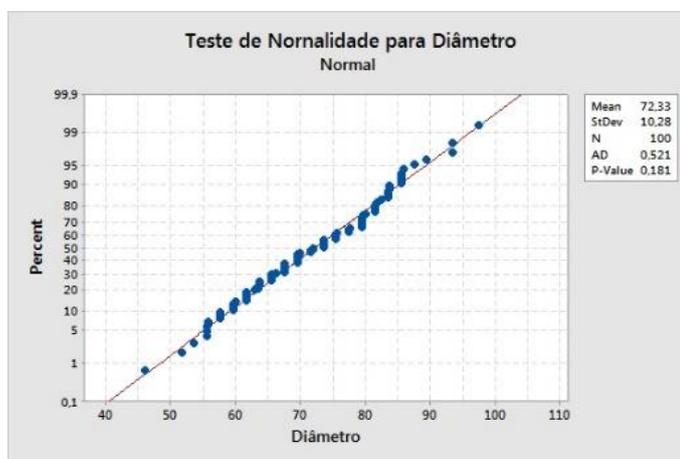
Através da análise de microscopia longitudinal, os diâmetros (“finuras”) de 100 fibras de tucum foram medidos e posteriormente analisados através de histograma, apresentando média de **72,3 μm** , conforme **Figura 39a** e **Tabela 6**, sendo a análise estatística realizada utilizando o software Minitab (Minitab Inc.) (Dados completos em **Apêndice B**).

O teste de normalidade para a distribuição do histograma (**Figura 39b**) foi realizado pelo mesmo software (teste de normalidade Anderson-Darling), indicando que se pode afirmar que essa distribuição seja normal, já que probabilidade calculada é de 18,1% (superior a 5%).

Figura 39 - Análises dos diâmetros das fibras do Tucum utilizando o software Minitab. **(a)** Histograma; **(b)** Teste de normalidade para distribuição.



(a)



(b)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

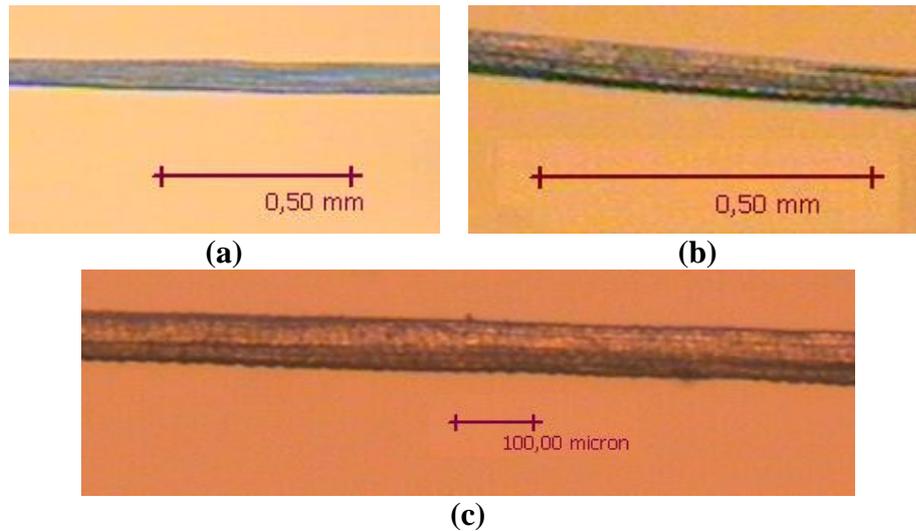
Tabela 6 - Valores calculados pelo software Minitab a partir dos diâmetros medidos das fibras do tucum.

Média (μm)	72,33
Mínimo (μm)	46,11
Máximo (μm)	97,50
Desv. Padrão	10,28
CV(%)	14,21

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

As microscopias longitudinais da fibra do Tucum são apresentadas na **Figura 40**.

Figura 40 – Microscopia óptica longitudinal da fibra do tucum. Aumentos de (a) 51x, (b) 80x e (c) 128x



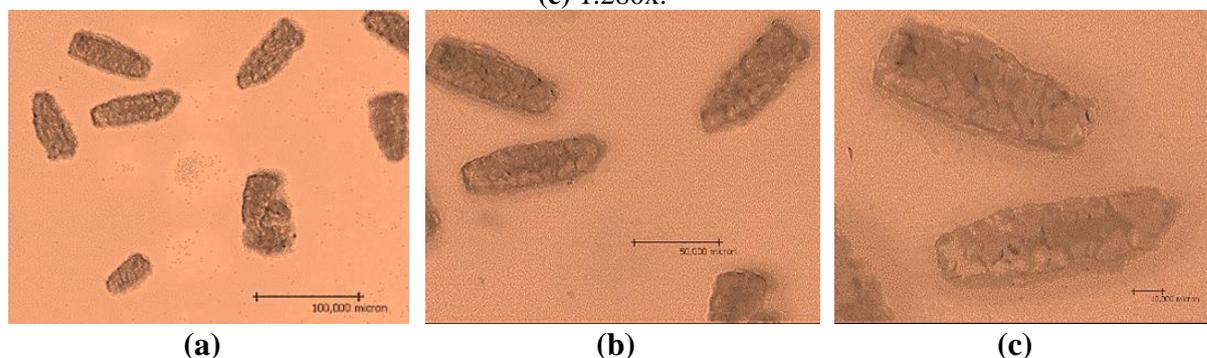
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

A presença de ranhuras, porosidades e protuberâncias observadas na visão longitudinal das fibras de tucum, pode representar uma alta coesividade da fibra, o que é considerado benéfico para futuros processos de torção e fiação (KASWELL, 1963). Também as porosidades podem indicar uma maior facilidade de umidificação e de absorver corantes em processos de tingimento.

6.1.3.2. Microscopia transversal

A microscopia óptica transversal foi realizada com as fibras de tucum e, de acordo com a **Figura 41**, é possível perceber que as fibras são multicelulares com formato comprido e ovalar.

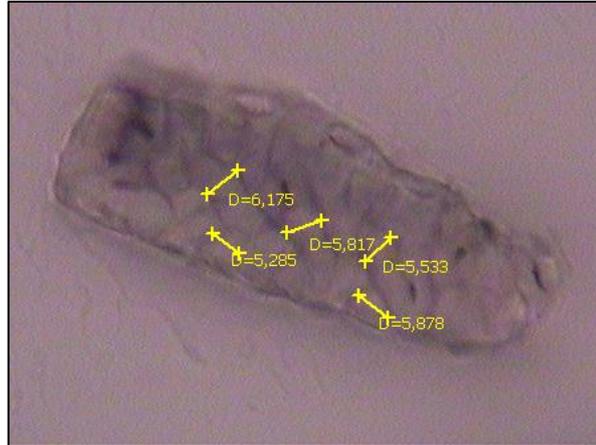
Figura 41 - Microscopia óptica transversal da fibra do Tucum com aumentos de (a) 320x, (b) 640x e (c) 1.280x.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Apesar da presença do lúmen não ficar clara nas imagens, foi possível observar bem o padrão celular, o que permitiu a medição dos diâmetros celulares (**Figura 42**), sendo também possível observar a presença de lúmens em algumas dessas células.

Figura 42 - Microscopia óptica transversal da fibra do tucum com aumento de 1.280x com determinação de valores de diâmetros celulares.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

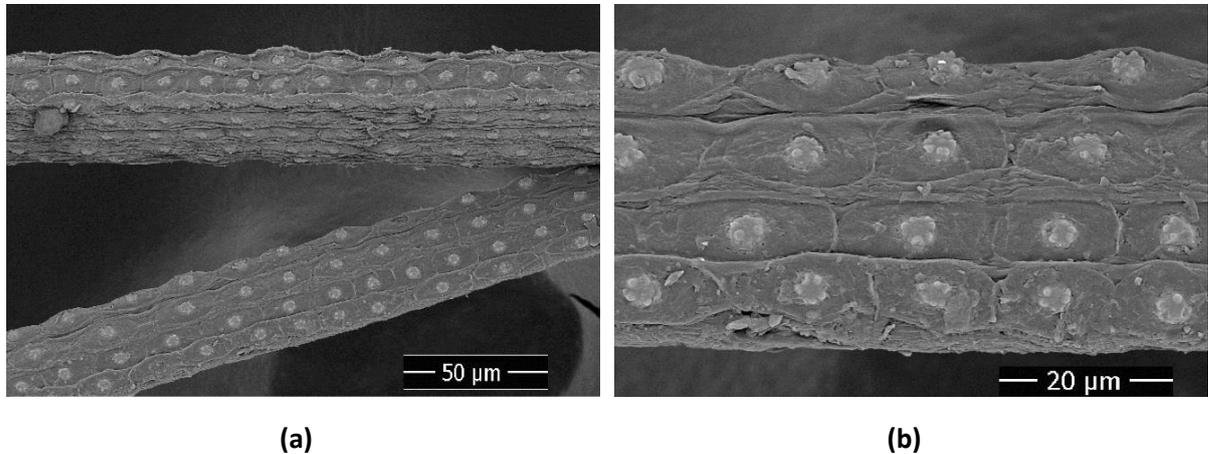
A média dos valores obtidos dos diâmetros celulares foi de **5,5 μm** (variando de 4,8 – 8,136 μm – desvio-padrão 1,53 μm), pode ser considerado compatível com os valores de diâmetros celulares de fibras de reconhecida empregabilidade têxtil que variam de 12,0 – 25,0 μm para o algodão, 5,0 – 76,0 μm para o linho e 15,0 – 25,0 μm para a juta. (REDDY; YANG, 2005)

6.1.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As imagens das vistas longitudinais e transversais da fibra do tucum feitas em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) podem ser vistas nas **Figuras 43 (a) e (b) e Figura 44**, sendo que outras mais se encontram no **Apêndice C**.

6.1.4.1. Vista Longitudinal

Figura 43 – Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: (a) 2000x e 50 μm ; (b) 6000x e 20 μm (ESEM, Quanta 650 FEG, FEI)



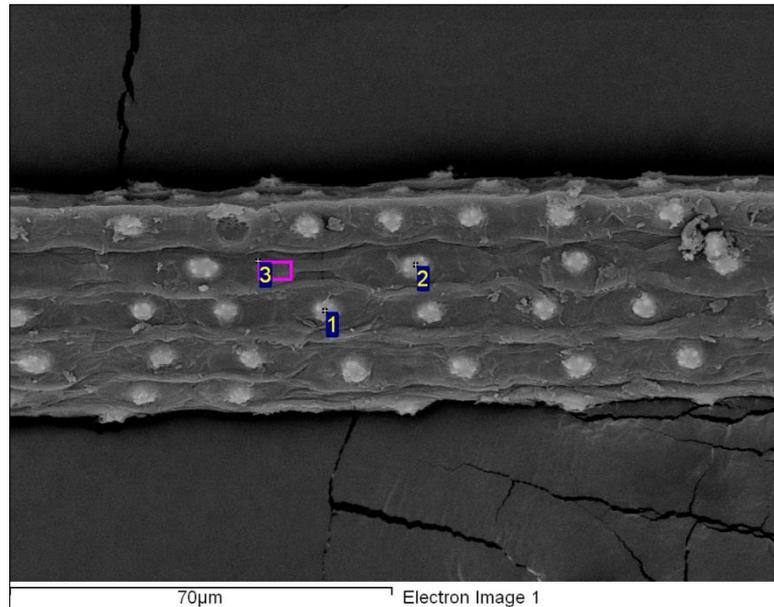
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

As ranhuras, porosidades e protuberâncias que foram previamente observadas nas imagens de microscopia ótica, puderam ser vistas mais claramente aqui e identificadas como formações distribuídas uniformemente ao longo de toda superfície da fibra. Cada uma dessas formações apresentam um formato elíptico que tem por volta de 20 μm (provavelmente constituído por um material orgânico, devido a cor cinza na imagem de MEV), e um ponto em seu centro, com diâmetro de aproximadamente 3,5-5 μm (provavelmente constituído por material inorgânico, devido a cor branca na imagem de MEV).

A fim de verificar a composição química desses pontos, uma microanálise em EDS foi realizada.

Como pode ser visto na **Figura 44**, os pontos 1, 2 e 3 foram submetidos à microanálise. 1 e 2 são bem em cima dos “pontos brancos” e o 3, fora.

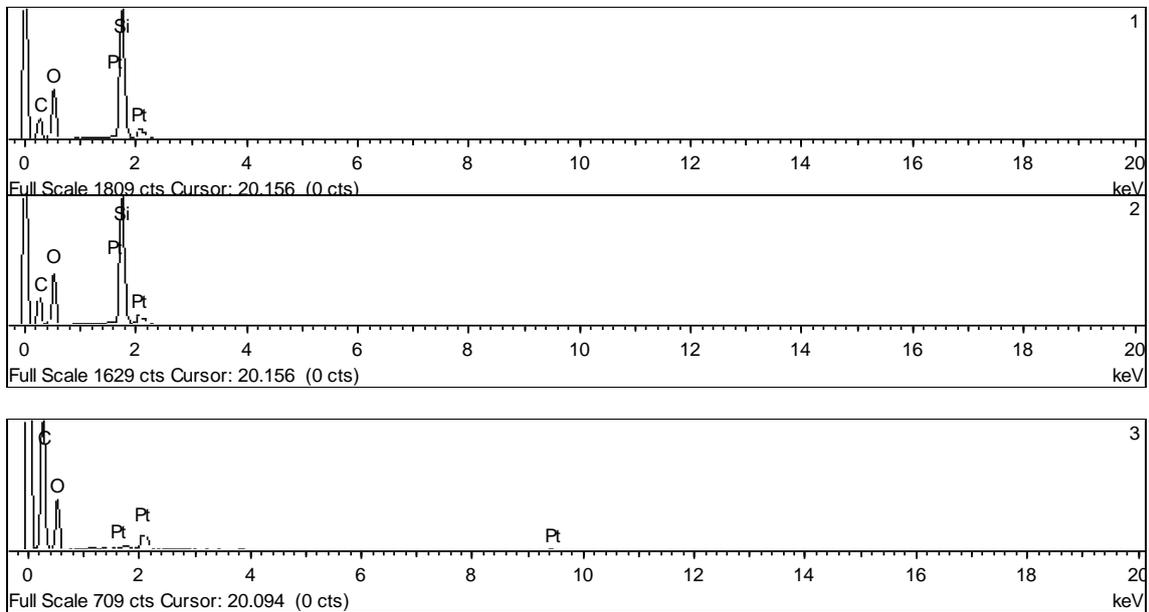
Figura 44 - Pontos de microanálise por EDS



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Os resultados de composição atômica dos pontos 1, 2 e 3 apresentam-se nos espectros apresentados na **Figura 45**.

Figura 45 - Espectros da microanálise por EDS (Pontos 1, 2 e 3, de cima para baixo respectivamente)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

A partir deste resultado percebe-se que a análise feita em cima dos pontos (1 e 2), apresentaram um pico de Silício (Si), já a análise feita na região adjacente (ponto 3), apresenta apenas carbono (C) e oxigênio (O).

Os picos de platina (Pt) presentes no espectro devem-se ao recobrimento de platina feito na fibra, necessário para viabilizar o ensaio.

Com isso, é possível afirmar que os pontos notados nas imagens por MEV, são estruturas de silício (fitólitos), enquanto todo o resto da fibra é composto por carbono e oxigênio, uma constituição padrão das fibras lignocelulósicas.

As plantas absorvem o silício do solo como ácido silícico e são depositadas como sílica hidratada amorfa ou opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) nas paredes celulares, no interior das células (espaços intracelulares ou lúmen das células) e nos espaços extracelulares dos diferentes órgãos da planta. como folhas, vagens, caules, inflorescências (ou seja, espinhas) e anexos epidérmicos (tricomias) (ROSELLO et al., 2018)

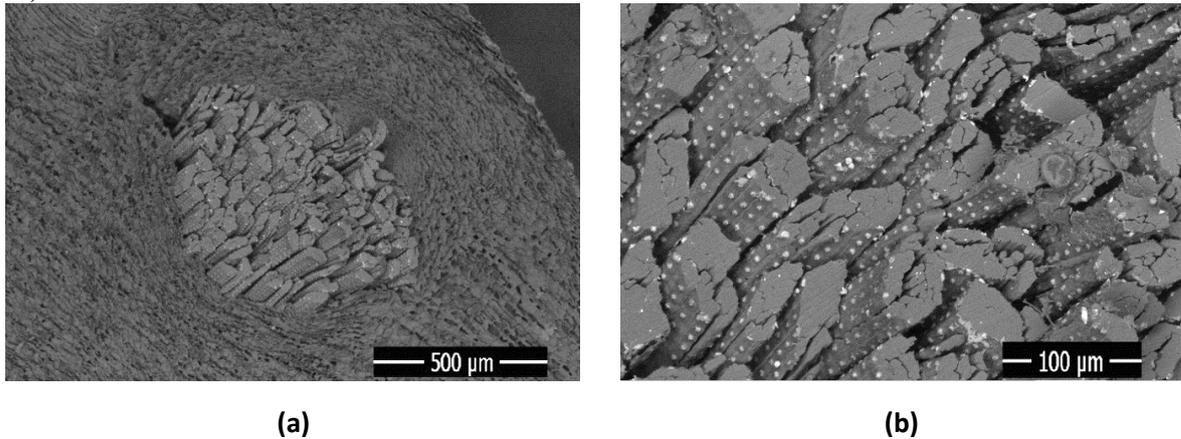
Sílica também foi encontrada nas colhas da palmeira *Oenocarpus Mart. (Arecaceae)*, por exemplo. De acordo com Silva e Potiguara (2009), o silício ocorre na forma de incrustação de opala mineral. Dentro das células epidérmicas das folhas, os corpos silicosos são elípticos e cobertos por granulações.

A fim de confirmar a presença de silício, as análises por EDS foram repetidas, porém, os resultados se mantiveram, confirmando “aglomerados” de silício na estrutura da fibra. Tais resultados confirmatórios encontram-se no **Apêndice D**.

6.1.4.2. Vista transversal

Nas primeiras imagens obtidas da vista transversal da fibra (**Figura 46**), não ficaram claras o formato transversal da fibra, sua divisão celular e a presença de lúmen. Isso provavelmente ocorreu porque as fibras utilizadas para esses ensaios estavam muito desidratadas, o que impossibilitaria a visualização do lúmen.

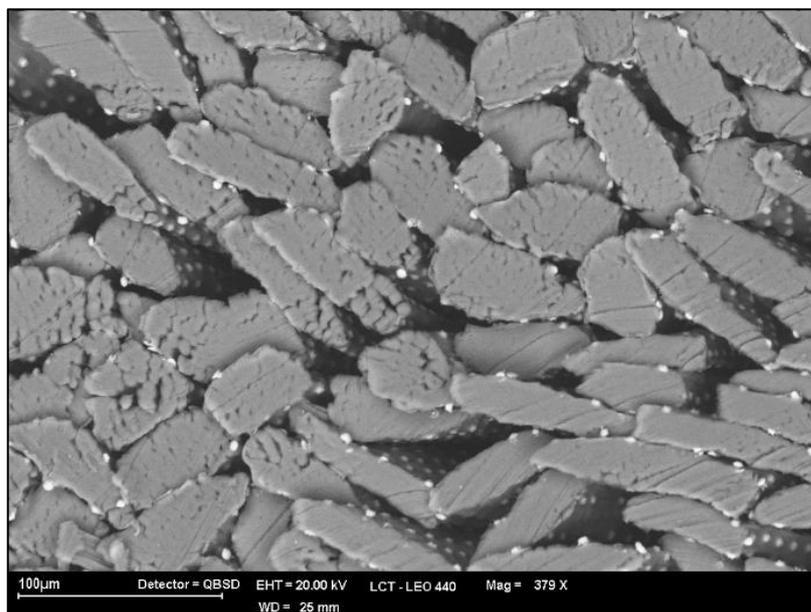
Figura 46 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: **(a)** 250x e 500 μm ; **(b)** 1000x e 100 μm (ESEM, Quanta 650 FEG, FEI)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Já na segunda vez em que foram feitas imagens em MEV, a fim de realizar a microanálise por EDS, ficou mais evidente a divisão celular das fibras (**Figura 47**), mas ainda assim, ficaram imensuráveis as dimensões celulares.

Figura 47 - Vista transversal da fibra do tucum - MEV



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Como visto na **Figura 42**, ainda que a resolução do microscópio óptico seja inferior, foi possível realizar medições do diâmetro das células vegetais, pois provavelmente as fibras não

estavam tão desidratadas originalmente e/ou foram reidratadas pelo procedimento de impregnação da resina no procedimento de preparo da capsula para corte em micrótomo.

6.1.5. Densidade

Os principais resultados do ensaio de densidade das fibras do tucum, apresentam-se na **Tabela 7** e a totalidade das medições em **Apêndice E)**

Tabela 7 - Densidade das fibras de tucum

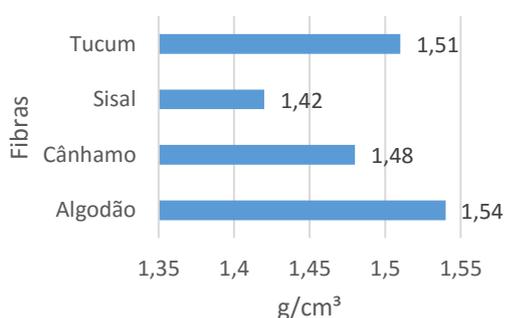
	P1 (PSI)	P2 (PSI)	Vc (cm ³)	Vr (cm ³)	Vp Amostra (cm ³)	Massa (g)	Densidade (g/cm ³)
Média	17262,4	6716,3	149,314	88,106	10,9683	16,5622	1,510036
Desv. Padrão	169,594	65,388	0	0	0,0524	0	0,007204
CV%	0,098	0,0973	0	0	0,48	0	0,48

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Segundo Pickering (2008), todas as fibras naturais possuem, em geral, uma densidade da parede celular de cerca de 1,5 g/cm³ e, portanto, a densidade das fibras de tucum está dentro deste padrão esperado.

Abaixo, a **Figura 48** apresenta valores de densidade de outras fibras de reconhecida empregabilidade têxtil (AL-OQLA; SALIT, 2017), à título de comparação.

Figura 48 - Gráfico comparativo de densidades de fibras vegetais

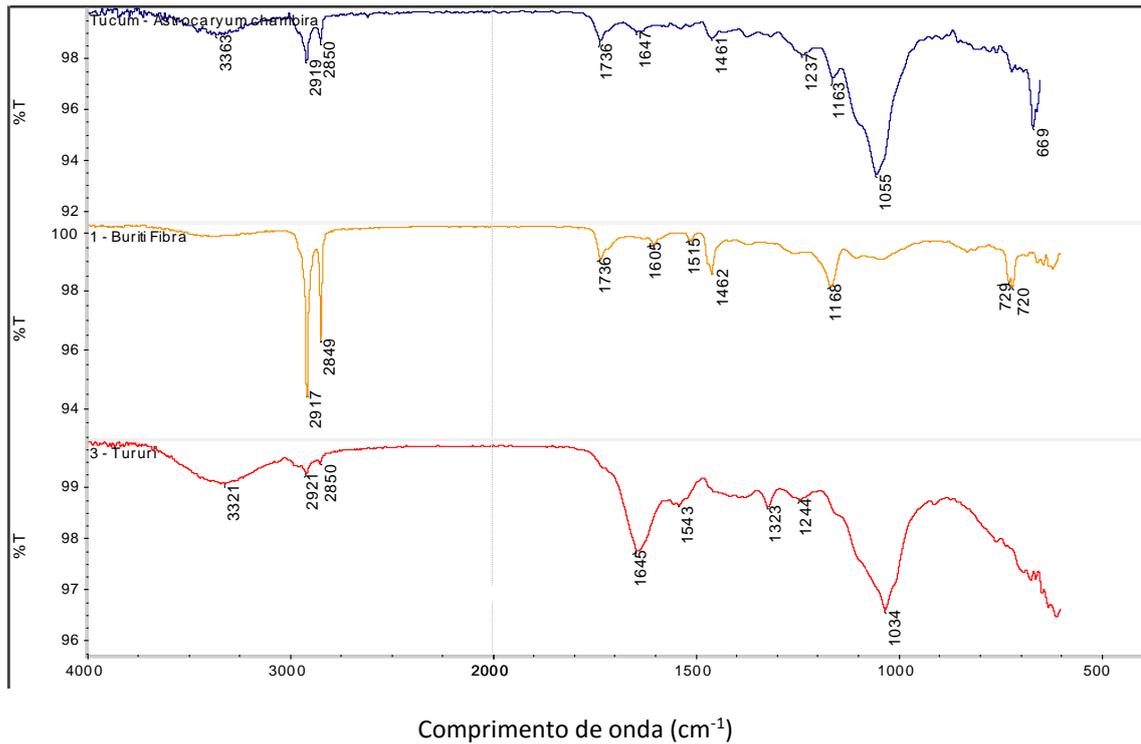


Fonte: Tucum – Lais Gonçalves de Andrade Pennas. Demais fibras – Adaptado de Al-Oqla e Salit (2017).

6.1.6. FTIR

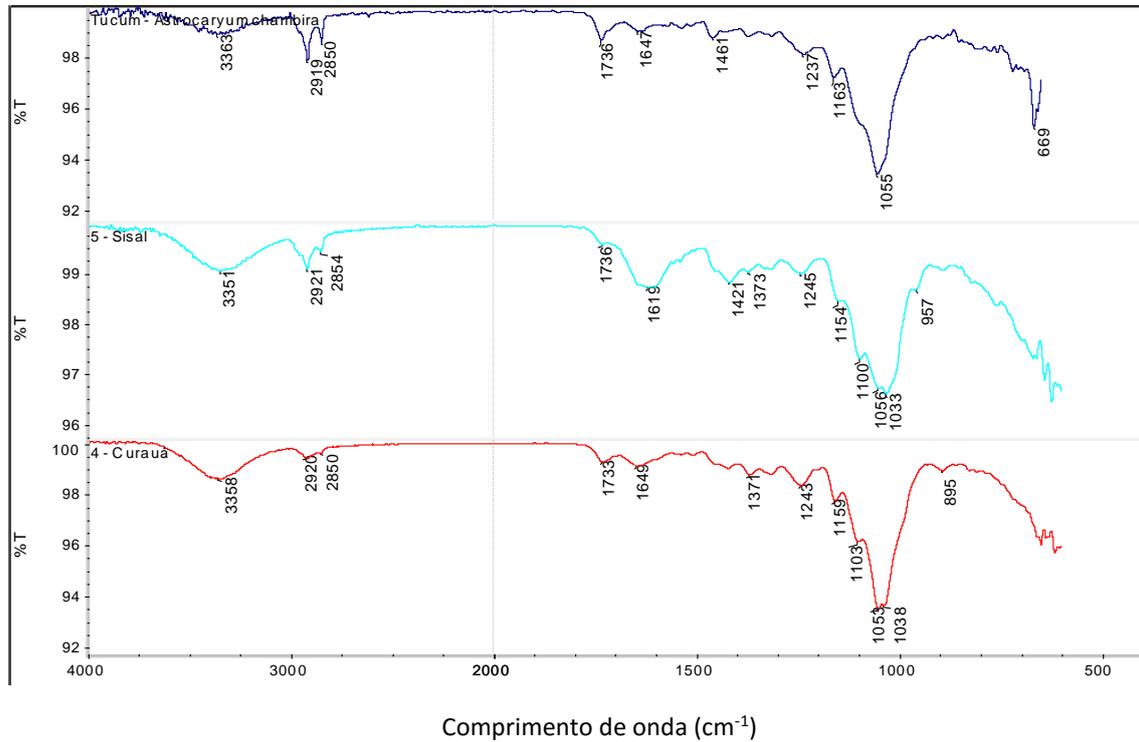
Os espectros obtidos no ensaio de FTIR da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret), assim como os espectros das fibras de folha de Tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn), Buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.), Sisal (*Agave sisalana*) e Curauá (*Ananas erectifolius*), podem ser observados nas **Figuras 49 e 50**.

Figura 49 - FTIR de 400 a 500 cm^{-1} e transmitância de 96,4% - 99,8%, sendo linha azul o tucum (*Astrocaryum chambira* Burret); linha amarela Buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) e linha vermelha o Tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn).



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 50 - FTIR de 400 a 500 cm^{-1} e transmitância de 96,4% - 99,8%, sendo linha preta o tucum (*Astrocaryum chambira* Burret); linha verde água o Sisal (*Agave sisalana*) e linha vermelha o Curauá (*Ananas erectifolius*).



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Analisando os resultados apresentados nas **Figuras 49 e 50** juntamente com a **Tabela 8**, é possível notar a grande semelhança em número de ondas de duas regiões, próximo a 3000 cm^{-1} e 3500 cm^{-1} , indicando a presença de CH e OH respectivamente (SARKAR; RAY, 2001; GUIMARÃES, 2014). Estas são as principais bandas observadas no gráfico, o que era esperado, uma vez que todos os materiais analisados têm origem vegetal. Ainda foi possível comparar as bandas obtidas em cerca de 1000 cm^{-1} , na região chamada "impressão digital" do espectro de FTIR.

Tabela 8 - Bandas de infravermelho determinadas para material fibroso de tucum (*Astrocaryum chambira* Burret), Tururi (*Manicaria saccifera*), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Sisal (*Agave sisalana*) e Curauá (*Ananas erictifolius*) e suas respectivas atribuições.

Comprimento de onda (cm ⁻¹)					Atribuição
Tucum ¹	Buriti ²	Tururi ²	Sisal ²	Curauá ²	
3363	-	-	3351	3358	3700-3200 estiramento O-H
-	-	3321	-	-	3700-3200 estiramento O-H
2919	2917	2921	2921	2920	---
2850	2849	2850	2854	2850	2900-2700 aldeído estiramento C-H
1736	1736	-	1736	1733	1740-1720 aldeído alifático estiramento C=O
1647	-	1645	-	1649	1680-1600 estiramento C=C
-	1605	-	-	-	1680-1600 estiramento C=C
-	-	-	1619	-	1680-1600 estiramento C=C
-	1515	-	-	-	---
-	-	1543	-	-	---
1461	1462	-	-	-	---
-	-	-	1421	-	---
-	-	-	1373	1371	---
-	-	1323	-	-	---
1237	-	1244	1245	1243	1300-1100 estiramento C-O
1163	1168	-	1154	1159	1300-1100 estiramento C-O
-	-	-	1100	1103	1100 estiramento C-O-C
1055	-	-	1056	1053	---
-	-	1034	1033	1038	---
-	-	-	957	-	1000-600 flexão fora do plano =C-H
-	-	-	-	895	1000-600 flexão fora do plano =C-H
-	729	-	-	-	1000-600 flexão fora do plano =C-H
-	720	-	-	-	1003-600 flexão fora do plano =C-H
669	-	-	-	-	1004-600 flexão fora do plano =C-H

Fonte: ¹Dados da Lais Gonçalves de Andrade Pennas; ²MONTEIRO, 2016; atribuições conforme interpretação das informações do livro STUART, 2004.

As principais bandas de FTIR para materiais vegetais são apresentadas na **Tabela 9**.

Tabela 9 - Bandas FTIR (infravermelho médio) para elementos constituintes de materiais vegetais.

Elemento	Número de onda (cm^{-1})
α -D-glicose	915, 840
β -D-glicose	915, 900
β -D-frutose	873, 869
β -D-celulose	916, 908
Celulose	1170-1150, 1050, 1030
Lignina	1590, 1510
Hemicelulose	1732, 1240
Pectina	1680-1600, 1260, 955

Fonte: (STUART, 2004; GUIMARÃES, 2014).

Próxima à banda 1750 cm^{-1} está uma área que indica a presença de grupo carbonila (C = O). A deformação angular entre 3339 e 3564 cm^{-1} indica a presença de grupos hidroxila que, na cadeia de celulose são capazes de interagir uns com os outros, formando ligações de hidrogênio de dois tipos: intramolecular (entre os grupos hidroxila da mesma cadeia), que são responsáveis pela rigidez das cadeias, e intermoleculares (entre os grupos hidroxila de cadeias adjacentes), que são responsáveis pela formação da estrutura supramolecular (MORGADO, 2009; GUIMARÃES, 2014).

Analisando os resultados e com base na literatura, é possível perceber a semelhança entre os espectros das fibras comparadas e, portanto, confirmar a presença de celulose, hemicelulose e lignina na fibra estudada.

6.1.7. Teor de Regain (Recuperação Percentual de Umidade)

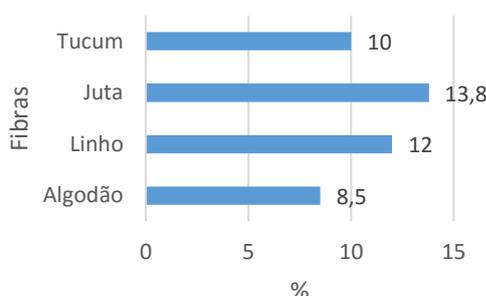
Para a determinação do teor de Regain foram analisadas 20 amostras das fibras de tucum. Os valores medidos em cada fibra encontram-se no **Apêndice F**, e abaixo na **Tabela 10**, a média, desvio padrão e coeficiente de variação de tais valores.

Tabela 10 - Determinação do teor de Regain das fibras do tucum.

	Massa original (g)	Massa seca (g)	Regain (%)
Média	1,7691	1,6092	10,0%
Desvio Padrão	0,443896	0,405583	0,34%
CV%	25,09%	25,20%	3,44%

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

As porcentagens de Regain obtidas nas fibras de tucum são compatíveis com outras fibras celulósicas de reconhecida empregabilidade têxtil, com mostrado na **Figura 51** (KASWELL, 1963; MALUF; KOLBE, 2003).

Figura 51 - Gráfico comparativo de valores de Regain

Fonte: Tucum – Lais Gonçalves de Andrade Pennas. Demais fibras – Adaptado de Maluf e Kolbe (2003)

Estes testes mostraram que as fibras apresentadas possuem afinidade por água (fibras hidrofílicas), o que indica que estas podem ser confortáveis quando utilizadas em clima úmido devido a boa absorção de líquidos, além de indicar também uma provável afinidade tintorial, facilitando tingimentos e acabamentos químicos (CATTANI, 2016).

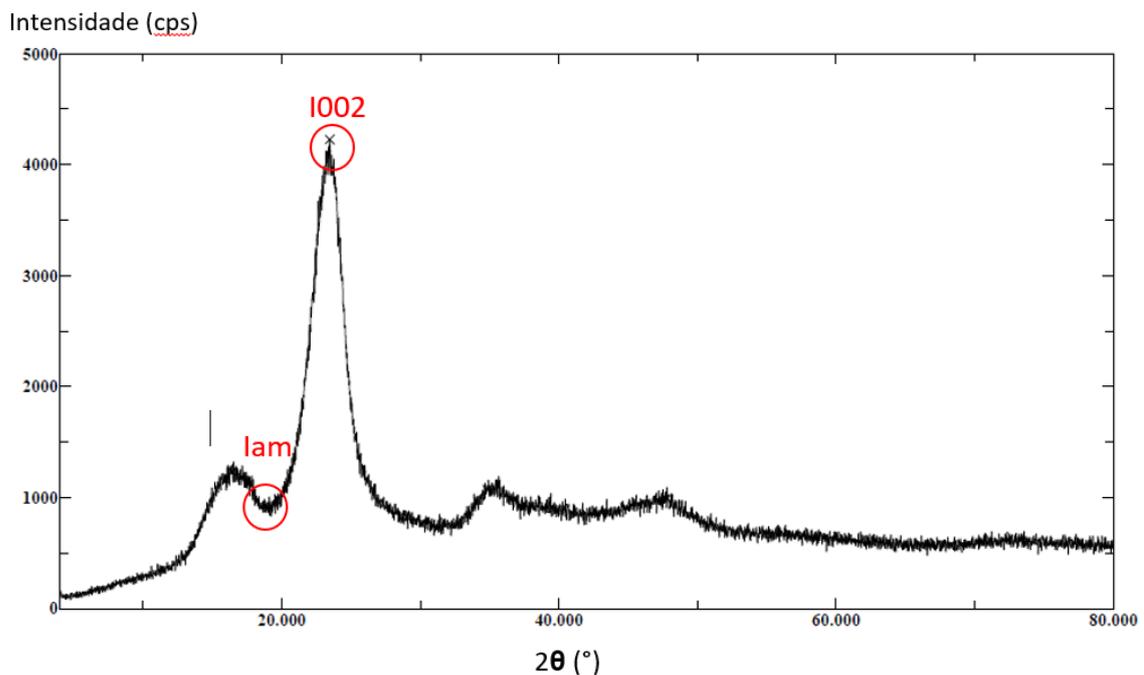
As fibras com maior capacidade de recuperação de umidade (*regain*), via de regra, devem essa característica à menor cristalinidade da celulose. No entanto, apesar do linho e juta possuírem um grau de cristalinidade relativamente alto, seu *regain* elevado decorre da presença de substâncias não-celulósicas, especialmente hemicelulose e pectina, as quais são hidrofílicas (REDDY; YANG, 2005; GUIMARÃES, 2014).

6.1.8. Difração de Raio X (DRX)

No gráfico de difração de raios X da fibra do tucum (**Figura 52**), a intensidade do vale mínimo (I_{am}), isto é, a fração amorfa é de $19^\circ \leq 2\theta \leq 20^\circ$ ($19,26^\circ$). Já a intensidade do pico máximo (I_{002}) o qual corresponde a fração cristalina, está entre $23^\circ \leq 2\theta \leq 24^\circ$ ($23,46^\circ$).

Com os dados obtidos pelo difratograma (**Figura 52**) calculou-se o índice de cristalinidade a partir da **Equação 9**, resultando em um valor de **80,25%**.

Figura 52 - Difratograma (DRX) da fibra do Tucum. (D5000, DIFFRAC PLUS XRD, Siemens), $I_{002} = 4227$ cps e $I_{am} = 835$ cps



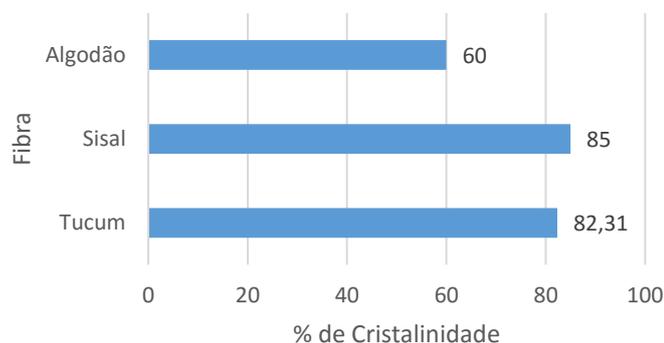
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

$$I_c = \left(\frac{4227 - 835}{4227} \right) \times 100 = 80,25\%$$

A fim de aumentar a confiabilidade dos resultados, o teste foi repetido, e o novo difratograma encontrado apresenta-se no **Apêndice G**. Com ele os seguintes valores foram obtidos:

$$I_c = \left(\frac{160000 - 25000}{160000} \right) \times 100 = 84,37\%$$

O média dos dois índices de cristalinidade calculado (**82,31%**) é mais elevada que a porcentagem de cristalinidade do algodão (60%), porém compatível com as de outras fibras de folhas, como por exemplo o Sisal (85%) (**Figura 53**).

Figura 53 - Gráfico comparativo de valores do Índice de Cristalinidade

Fonte: Tucum – Lais Gonçalves de Andrade Pennas. Demais fibras – Adaptado de Martin et al.(2009).

No item **6.1.7**, foi colocado que as fibras com maior capacidade de recuperação de umidade (*regain*) podem dever essa característica à menor cristalinidade e tamanho dos cristais de celulose.

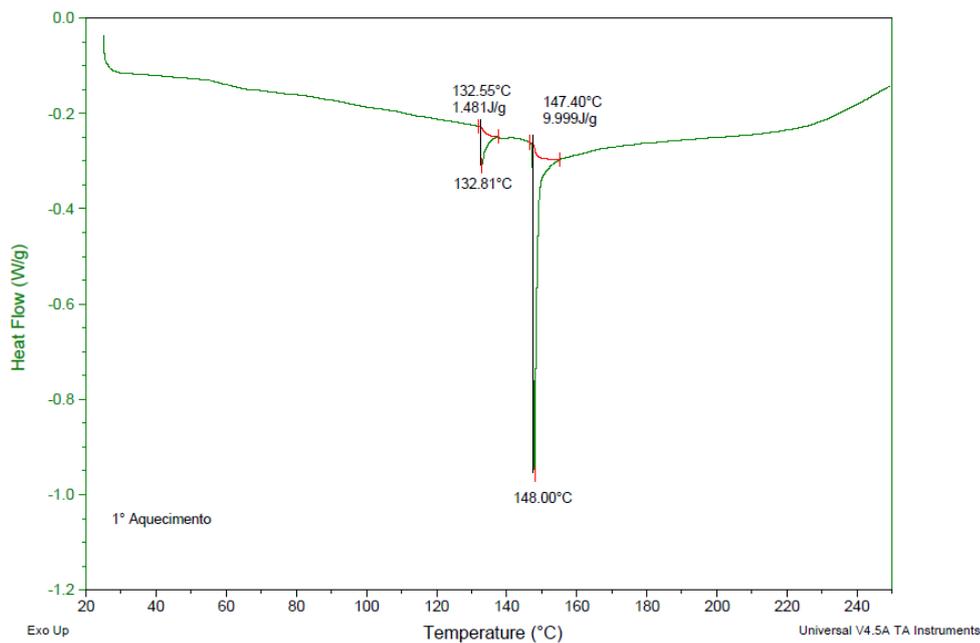
Porém, o índice de cristalinidade do tucum é mais elevado que o do algodão como acima exposto e sua porcentagem de *regain* é igualmente maior, como demonstrado no item anterior.

Isso supostamente deve decorrer da presença de substâncias não-celulósicas, especialmente hemicelulose e pectina presentes nas fibras do tucum, as quais são hidrofílicas e, portanto, elevam a afinidade da fibra com água, ou ainda, devido às escamas em sua estrutura, que podem facilitar a absorção de água (REDDY; YANG, 2005; GUIMARÃES, 2014).

6.1.9. Digital Scanning Colorimetry (DSC) – 1º ensaio

O ensaio de DSC foi realizado com a fibra do tucum em equipamento Diferencial Scanning Colorimeter DSC Q20 V24.11 Build 124 (Universal V45A TA Instruments) em temperatura de 20 a 240°C, pelo método 1º aquecimento – resfriamento – 2º aquecimento. Com isso foram obtidos os gráficos a seguir (**Figuras 54 e 55**).

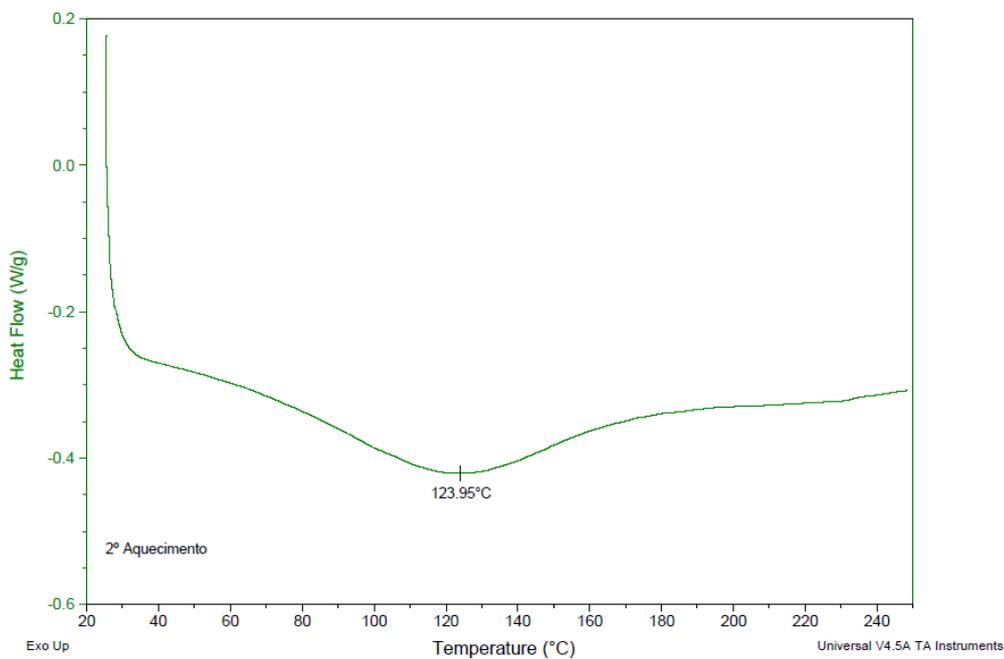
Figura 54 - Gráfico DSC 1º Aquecimento da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) (Diferencial Scanning Colorimeter DSC Q20 V24.11 Build 124)



*Heat Flow: Fluxo de calor; Temperature: Temperatura.

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 55 - Gráfico DSC 2º Aquecimento da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) (Diferencial Scanning Colorimeter DSC Q20 V24.11 Build 124)



*Heat Flow: Fluxo de calor; Temperature: Temperatura.

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Por limitação operacional, a máxima temperatura atingida foi de 240°C nesse equipamento, sendo insuficiente para análise da totalidade das constituintes da fibra.

Segundo Guimarães (2014) e Vrinceanu et al. (2013) as fibras lignocelulósicas degradam em vários passos, a celulose degrada entre 310°C - 360°C, enquanto que a hemicelulose se degrada entre 240°C - 310 °C, e a lignina tem demonstrado que se degrada em amplas temperaturas, entre 200°C - 550°C.

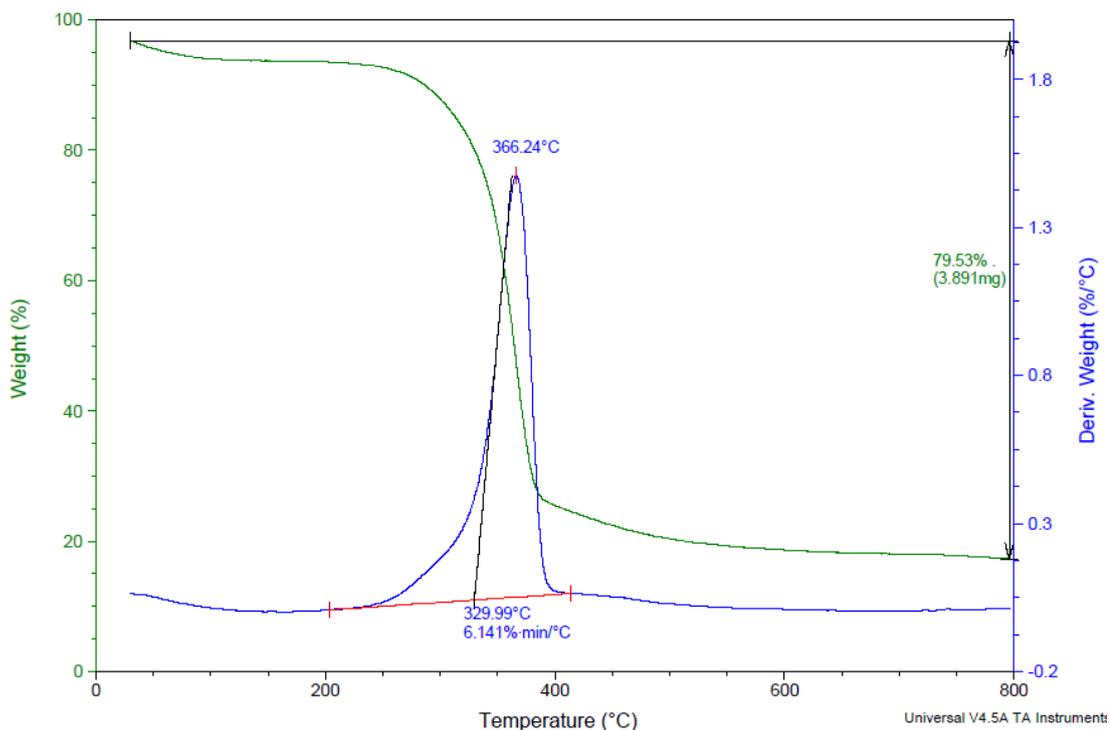
Portanto, os eventos que podem ser observados nos gráficos de DSC realizados com a fibra do tucum demonstrados na **Figura 54** (em 132,81°C e 148,00°C) e na **Figura 55** (123, 95°C), não correspondem à degradação das principais constituintes das fibras lignocelulósicas, podendo representar a degradação de outras constituintes presentes em pequenas quantidades na fibra.

Com isso, os ensaios de DSC tiveram que ser repetidos, e da segunda vez foi feito em um equipamento que realiza o DSC conjuntamente ao TGA (**Item 6.1.11**).

6.1.10. Thermogravimetric Analysis (TGA) – 1º ensaio

Os ensaios de TGA foram realizados em equipamento TGA Q500 V20. 13 Build 39 (Universal V4.5A TA Instruments) com nitrogênio, temperatura de ensaio de 30°C a 800°C e velocidade de aquecimento de 10°C/min. Foi obtido um gráfico com perda de massa versus temperatura, bem como a curva de sua correspondente derivada (*Derivative Thermogravimetry* - DTG) (**Figura 56**).

Figura 56 - Curva TGA e sua derivada DTG correspondentes ao tucum (TGA Q500 V20. 13 Build 39)



*Weight: Massa; Temperature: Temperatura.

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

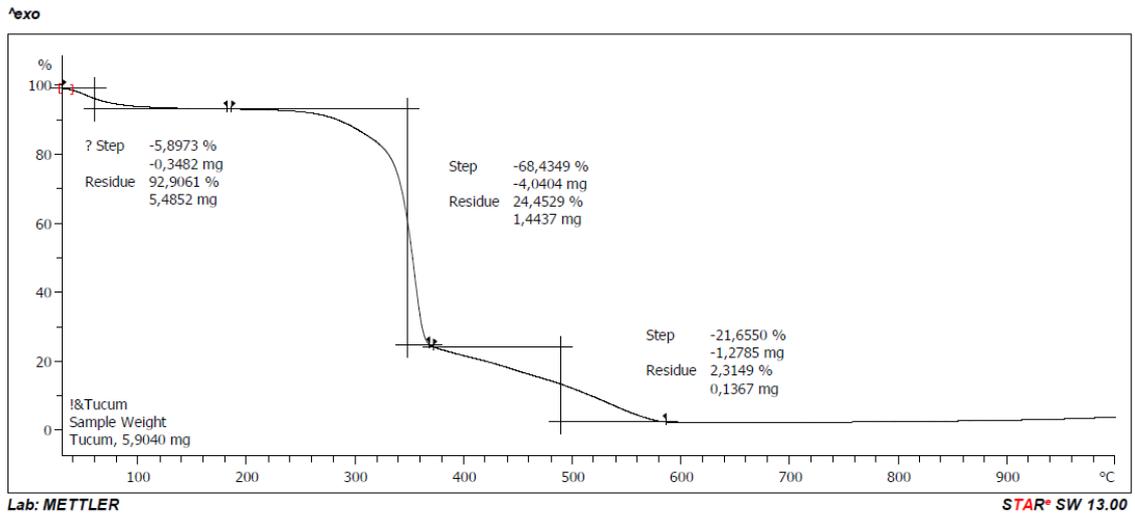
Como dito anteriormente, esse ensaio acabou sendo repetido posteriormente em conjunto com o DSC. É possível perceber uma grande semelhança entre os resultados apresentados aqui e os posteriormente obtidos, por isso, a interpretação dos resultados será feita no item abaixo (6.1.11).

6.1.11. Digital Scanning Colorimetry (DSC) / Thermogravimetric Analysis (TGA)

Os ensaios de DSC e TGA foram realizados juntos, no equipamento Analisador Termogravimétrico (Mettler Toledo, modelo TGA/DSC 2, Netherlands). As condições foram: T inicial: 30°C, Tfinal: 1000°C, rampa de aquecimento: 10°C/min., atmosfera de nitrogênio a 50mL/min, cadinho de alumina de 70 uL.

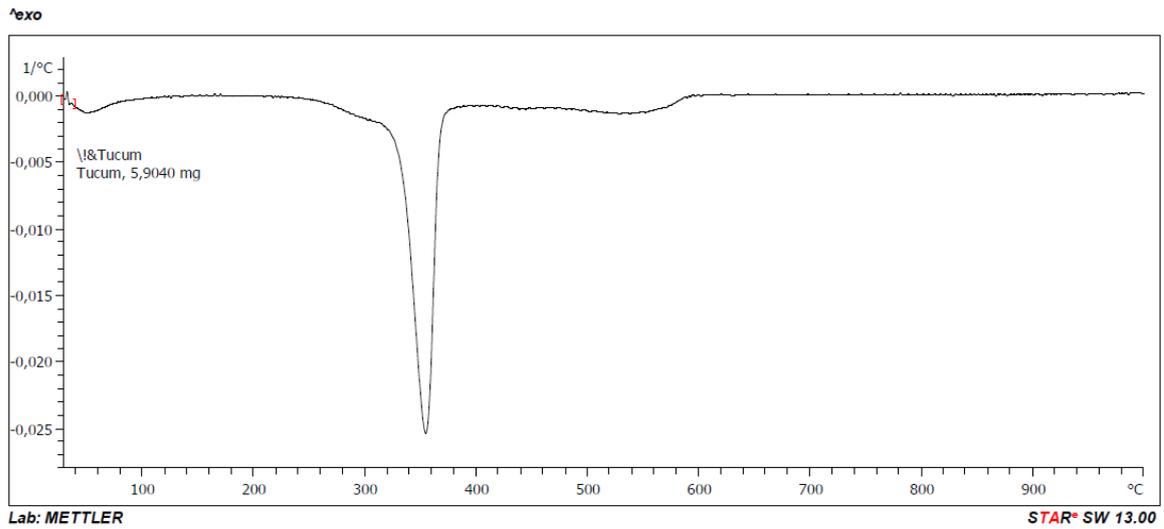
Seguem as curvas de TGA; de sua derivada DTG e de TGA junto com DSC, que também se encontram nos **Apêndices H, I e J**, para melhor visualização.

Figura 57 - Curva TGA – Fibras de tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)



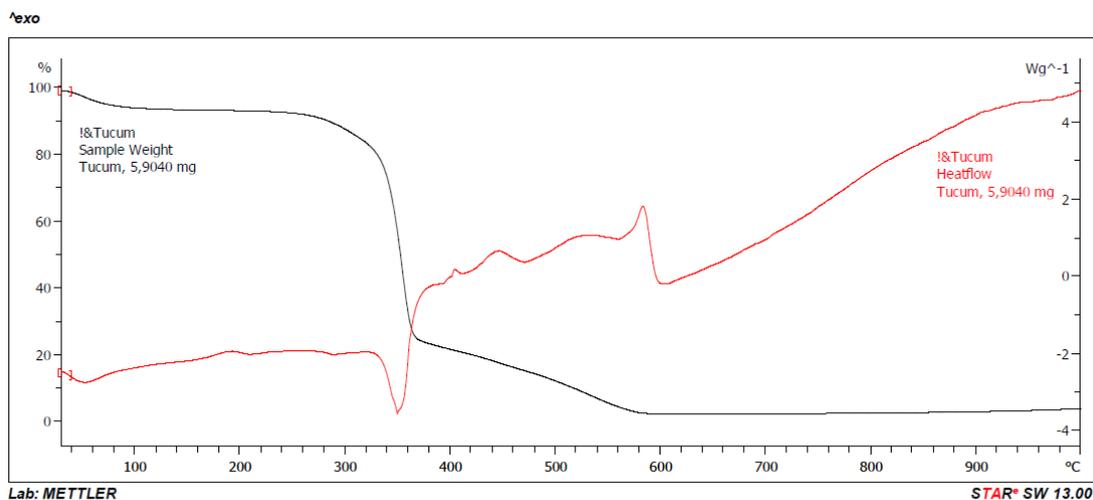
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 58 - Curva DTG - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 59 - Curvas DSC e TGA - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Conforme metodologia desenvolvida por Bouchard, Léger e Chornet (1986) para materiais lignocelulósicos, os eventos (picos caracterizados por pontos de inflexão) nas curvas DTG podem ser associados a processos que ocorrem aos distintos constituintes do material analisado. Deste modo, em muitos casos pode se estimar, pela comparação das curvas de DTG e TGA, a composição aproximada do material lignocelulósico analisado.

As análises são realizadas avaliando o teor de umidade, a perda de peso, tempo, temperatura nos gráficos de TGA, bem como na sua derivada (Derivative Thermogravimetry - DTG). Nos gráficos de DSC são analisadas as temperaturas inicial e final dos picos e se são endotérmicos ou exotérmicos (SOULTANIDIS; BARRON, 2009).

Analisando todas as curvas, três eventos podem ser observados. O primeiro evento ocorre entre a temperatura ambiente e 100°C, podendo ser atribuído à perda de umidade. O segundo evento pode ser observado entre aproximadamente 200°C e 370°C, podendo ser atribuído à degradação da celulose total (hemicelulose + alfa celulose). O último evento acontece de 370°C até 580°C, correspondente à degradação da lignina.

Assim, a partir desta análise, relacionando os eventos nas determinadas temperaturas com a perda de massa correspondente, foi possível obter as quantidades aproximadas desses constituintes da fibra do tucum, mostradas na **Tabela 11**:

Tabela 11 - Estimativa de concentrações de hemicelulose, α -celulose e lignina na fibra do tucum através da análise das curvas de TGA; DTG e DSC

Constituinte	Temperatura (°C)	(%)
Umidade	Até 100	5,90
Celulose total	200 ~ 370	68,43
Lignina	370 ~ 580	21,65

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Em comparação com outras fibras, incluindo duas outras fibras de palmeira (buriti – *Mauritia flexuosa* Mart e tururi - *Manicaria saccifera* Gaertn) e outras duas fibras de folha (sisal – *Agave sisalana* e curauá – *Ananas erictifolius*), as porcentagens das constituintes apresentam variação entre si. (**Tabela 12**)

Tabela 12 - Comparação da estimativa de concentrações de hemicelulose, α -celulose e lignina em outras fibras lignocelulósicas.

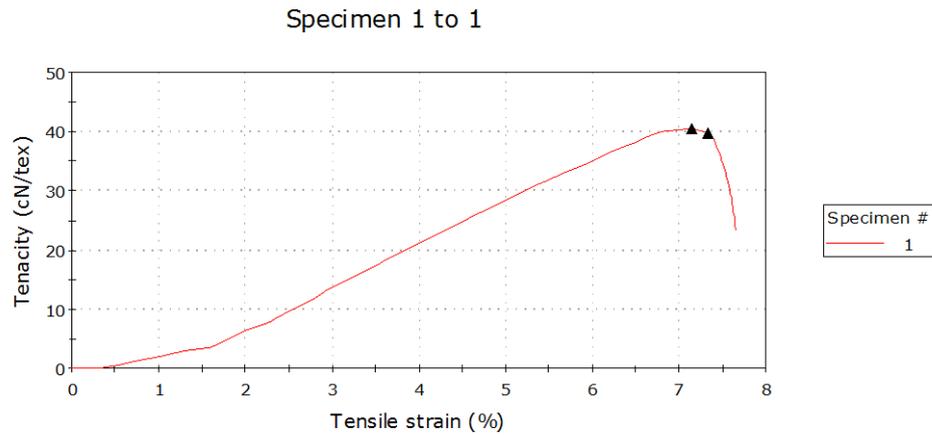
Fibra	Holocelulose		Lignina (%)
	(%)		
	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	
Tucum	68,4		21,7
Buriti	65–71		21–27
Tururi	74,1	12	31,1
Sisal	65–67	12	9,9
Curauá	71-74	9,9-21	7,5-11

Fonte: PENNAS et al., 2019

6.1.12. Propriedades mecânicas

O teste com dinamômetro, geram os gráficos apresentados nas **Figuras 61 e 62** Tenacidade x Alongamento, onde cada linha representa uma fibra ensaiada e seu pico, marcado por um sinal de triângulo, representa onde a fibra quebrou, como mostra o exemplo abaixo (**Figura 60**).

Figura 60 - Curva Tenacidade x Alongamento – Exemplo



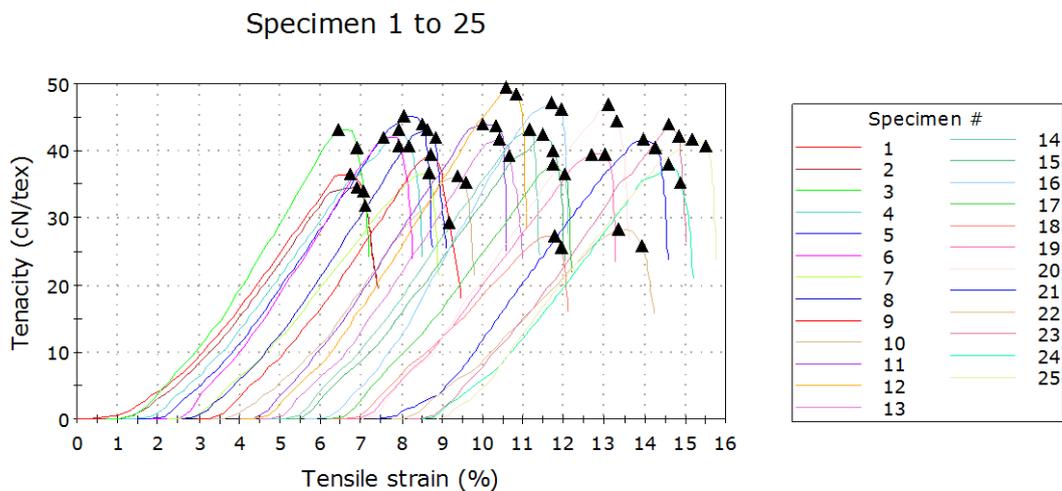
*Spicemen: Amostra; Tenacity: Tenacidade; Tensile Strain: Alongamento

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

A tabela com valores de Carga máxima (N); Carga de Ruptura (N); Tenacidade na ruptura (cN/Tex); Alongamento máximo (mm); Alongamento na ruptura (mm); Percentual de alongamento na ruptura (%) e Módulo de Young (N/Tex), também gerada pelo software encontra-se completa no **Apêndice K**, e resumida (média, desvio padrão e CV%), nas **Tabelas 13 e 14**.

Um total de 50 fibras foram ensaiadas e os gráficos se dividem em 2 (de 1 a 25 e de 26 a 50).

Figura 61 - Curva Tenacidade x Alongamento - Fibras de tucum (de 1 a 25)

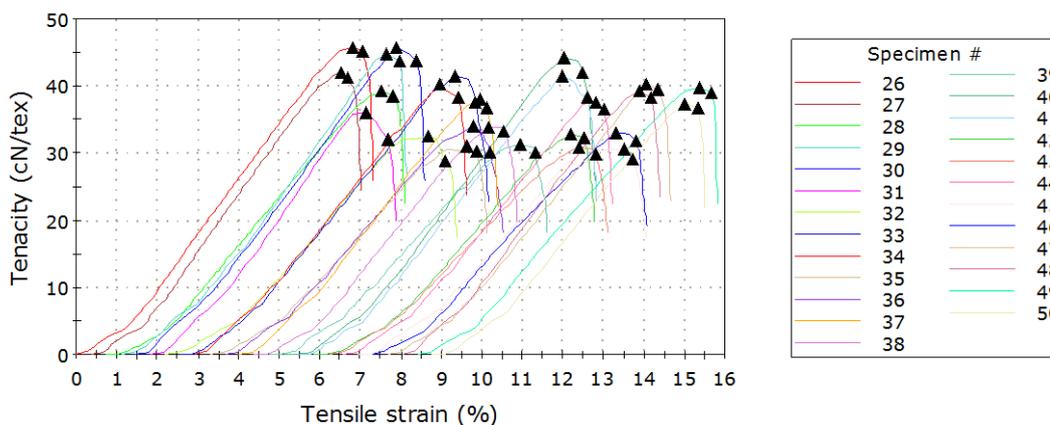


*Spicemen: Amostra; Tenacity: Tenacidade; Tensile Strain: Alongamento

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 62 - Curva Tenacidade x Alongamento - Fibras de tucum (de 26 a 50)

Specimen 26 to 50



*Spicemen: Amostra; Tenacity: Tenacidade; Tensile Strain: Alongamento

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas**Tabela 13** - Propriedades mecânicas da fibra do tucum

	Densidade Linear (TEX)	Carga máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tenacidade na ruptura (cN/Tex)
Média	320.1	124.12	118.94	37.44
Desv. Padrão	126.477	48.902	48.639	5.559
CV%	39.51	39.40	40.89	14.85

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas**Tabela 14** - Propriedades mecânicas da fibra do tucum

	Alongamento máximo (mm)	Alongamento na ruptura (mm)	% de Alongamento	Módulo Young (CN/Tex)
Média	1.56	1.64	6.57	8.254
Desv. Padrão	0.095	0.095	0.381	1.029
CV%	6.07	5.81	5.81	12.47

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Os principais valores obtidos (Tenacidade, % de alongamento e Módulo Young), foram comparados com resultados de fibras de reconhecida empregabilidade têxtil. Essa comparação apresenta-se na **Tabela 15**.

Tabela 15 - Comparação com outras fibras - Tenacidade/Alongamento/Módulo Young

	Tenacidade (cN/Tex)	Alongamento (%)	Módulo de Young (N/Tex)
Tucum	37,44	6,57	8,254
Algodão	26,5 - 43,4	3 -- 7	5,3 - 6,2
Linho	23,0 - 68,0	2,7 - 3,3	15,5
Cânhamo	51,2 - 60,0	1,8	19,4
Juta	26,5 - 51,2	1,7 - 2	17,9
Sisal	35,3 - 44,1	2 --3	12,4
Poliéster	38,8 - 44,1	14 - 25	1,6 - 3,2

Fonte: Tucum – Lais Gonçalves de Andrade Pennas. Demais fibras – Adaptado de Kaswell (1963) e Blackburn (2005);

É possível perceber que o tucum é bem mais resistente que as fibras vegetais mais utilizadas como o algodão e o linho, porém inferior ao cânhamo e equivalente ao Sisal. Contudo, a fibra do tucum é a que contém menor elasticidade, quando comparados os valores de Módulo Young, exceto o algodão.

O alongamento é bem superior a todos, inclusive ao do sisal, fibra de folha que vem apresentando características bem similares ao tucum, como a tenacidade, índice de cristalinidade, porcentagem de constituintes e *regain*.

A fibra de poliéster foi colocada apenas como uma representante das fibras sintéticas. O tucum apresenta tenacidade similar, porém, alongamento inferior.

6.1.13. Branqueamento

O grau de branco pós processo de branqueamento foi obtido segundo a escala de Berger com iluminante D65/10, utilizando o espectrofotômetro de reflexão SF-600+CL, conforme descrito no item 5.3.14 da metodologia. O valor médio obtido das cinco leituras efetuadas à amostra foi de 29,5 (**Tabela 16**).

Tabela 16 - Resultados grau de branco (escala de Berger).

Grau de branco médio (Escala de Berger)	
Fibra do Tucum	29,5

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 63 - Fibra de tucum em cru e após tratamento de branqueamento.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Foi observado um nítido branqueamento da fibra de tucum após tratamento em relação à fibra antes deste.

Segundo Gargalaca (2012), valores maiores do que 33,33, indicam um branco azulado e valores menores do que 33,33, indicam um branco amarelado. Deste modo, como é destacado na **Tabela 16**, a brancura Berger obtida foi 29,5 e na **Figura 63**, observa-se e conclui-se que o branco obtido após branqueamento ainda é amarelado.

6.1.14. Tingimento

A força colorística (K/S) e a reflectância das amostras tingidas são obtidas através de cinco leituras utilizando o espectrofotômetro de reflexão SF-600+CL. Os resultados obtidos são apresentados na **Tabela 17**.

Tabela 17 - Resultados de força colorística (K/S e Reflectância R%) das fibras de Tucum após tingimento com corantes reativos.

	K/S			R%		
	vermelho	azul	Amarelo	vermelho	azul	Amarelo
Fibra do Tucum	135,02	104,04	115,02	904,58	501,26	1244,93

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

A fibra de Tucum apresentou cores intensas após os tingimentos (**Figura 64**) e por isso valores elevados de força colorística para as três cores.

Figura 64 - Fibra de Tucum tingida com corante reativo amarelo, azul e vermelho.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

A força colorística é relativa, ou seja, sempre comparada ao valor obtido pelo uso de outro corante. No presente caso, em relação ao padrão pré-existente no equipamento utilizado. Deste modo, somente pode-se concluir que de todas as análises, a que apresentou a maior força colorística foi a cor vermelha.

De forma análoga, o mesmo pode ser dito em relação aos valores de reflectância, dos quais, o maior dele foi relativo ao tingimento com a cor amarela.

Por fim, foram realizados testes preliminares de resistência à tração (dados não mostrados) e não foi observada variação significativa entre os resultados, comparando amostras da fibra crua, branqueada e tingida. Observa-se, no entanto, que um número maior de análises seria necessário para chegar a uma conclusão estatisticamente confiável.

6.1.15. Sumarização dos resultados

Os parâmetros de caracterização têxtil da fibra encontram-se sumarizados na **Tabela 18**, a fim de facilitar a visualização.

Tabela 18 - Caracterização das fibras do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret)

Caracterização das fibras do tucum (<i>A. chambira</i> Burret)	
Comprimento (cm)	89,5
Título (Tex)	2,42
Densidade (g/cm ³)	1,51
Diâmetro celular (µm)	5,5
% Regain	10,0
Índice de cristalinidade (%)	82,31
% Celulose	68,43
% Lignina	21,65
Tenacidade (cN/Tex)	37,44
% Alongamento	6,57
Módulo Young (N/Tex)	8,254

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

6.2. A “Linha do Tucum”

Como já mencionado, a “Linha do Tucum”, é um fio produzido artesanalmente pelos povos da comunidade vila ecológica Céu do Juruá com as fibras de *A. chambira* Burret, palmeira conhecida como tucum naquela região.

Figura 65 - Linha do Tucum



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Para os povos da comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá, a “linha” que é fiada a partir de um conhecimento tradicional com as fibras do tucum, é conhecida também como “Linha da Lealdade”, pois eles a consideram de grande utilidade e importância para a vida na floresta, já que por muitos anos viabilizou a confecção de objetos importantes do dia a dia deles como redes, tarrafas, linhas para o anzol, corda para amarrar canoa entre outros (NUNES 2009; ABREU; NUNES 2012).

Com a chegada do nylon e outras linhas industriais, essa tradição foi se perdendo, sendo hoje principalmente utilizada para a confecção de artesanato local. Mesmo assim, ainda o hoje “a linha que não se rompe”, como também é conhecida a linha do tucum, continua tendo grande importância cultural à comunidade (NUNES 2009; ABREU; NUNES 2012).

Além de tudo o tucum, para essa comunidade em especial, tem uma importância religiosa e espiritual, bastante abordada no trabalho de Abreu e Nunes, 2012.

A arte da fiação da fibra do tucum é ancestral, vem dos povos Kulina e Katukina e a partir de intercâmbios culturais, esse saber foi passado aos seringueiros que vieram habitar a região (FROÉS et al., 2010).

O processo de fabricação da linha do tucum, pode ser dividido em quatro etapas: a) coletar a folha; b) retirada da fibra; c) pentear a puxar o “linho”; d) fiar e urdir a linha. Essas etapas são melhor descritas a seguir.

a) Coletar a folha

A retirada das folhas é um processo bastante trabalhoso, pois se trata de uma árvore espinhosa, com espinhos de até 20 cm que se alojam no caule e outros espinhos menores nas folhas e também nas palhas. Quando a palmeira é baixa corta-se a folha na altura do estipe com o auxílio de um facão, e quando é alta faz-se necessário subir numa árvore ao lado para cortar as folhas. De cada uma cortam-se duas ou no máximo três folhas, para não danificar o seu desenvolvimento. As folhas antigas não são utilizadas, sendo aproveitadas somente as folhas novas, das quais se obtém o linho com facilidade e abundância (NUNES, 2009; ABREU; NUNES, 2012).

Na coleta do “olho” do tucum – a folha jovem, ainda fechada que se encontra no centro de todas as folhas – existe um manejo local transmitido ao longo de gerações. Para não atrapalhar o crescimento da árvore, o olho de uma mesma palmeira só é coletado a cada seis meses. Esta fica em observação até brotar o próximo “olho”, que não deve ser retirado. Com o “olho” é possível fazer uma linha mais macia, boa para fazer chapéu, bolsas. Depois de retirar a folha cortam-se os espinhos do talo (pecíolo) e retiram-se as pinas (palha). Reúnem-se as pinas. Cada folha contém cerca de 160 pinas. Em seguida, lavam-se as pinas com água abundante para amolecer a seda durante a retirada da fibra (NUNES, 2009; ABREU; NUNES, 2012).

b) Retirada da fibra

Dependendo da fiandeira, retira-se ou não o talo da pina e com o auxílio de uma faca (**Figura 66a**), marca-se a pina pelo lado do avesso, a parte inferior da palha, puxando com a faca da parte marcada até o fim da pina. A parte folhosa é desprezada. Lava-se o “linho”, que é a fibra que acabou de ser extraída da folha, com sabão e coloca-se para secar estendido no varal. Quando seco pode-se tingir naturalmente ou não (NUNES, 2009; ABREU; NUNES, 2012).

c) Pentear e puxar o “linho”

Penteia-se o linho seco com pente ou escova. O que sobra na escova é guardado para diversos fins: como enchimento de travesseiro, como bucha para banho ou lavagem de louça e para fazer bonecas. A etapa de puxar o linho consiste em puxá-lo devagar com as pontas dos dedos da mão até se obter um fio da grossura desejada (NUNES, 2009; ABREU; NUNES, 2012).

d) Fiar e urdir a linha

Com o auxílio do fuso de madeira, começa-se a etapa de urdir a linha. O fuso é feito por homens da própria comunidade. As fiandeiras usam a perna para rodar o fuso, entrelaçam dois fios, dando a forma de linha. A linha pode ficar da grossura que for desejada (NUNES, 2009; ABREU; NUNES, 2012).

O tingimento natural trata-se de uma etapa a parte que utiliza muitas espécies da região para dar cor à fibra do tucum (**Figura 66b**). Entre tantos materiais corantes encontrados na floresta, é possível citar o jatobá, urucum, cedro, vinagreira, pau-brasil, como algumas espécies utilizadas pelos povos da região no tingimento vegetal, resgatando práticas culturais e valorizando o produto final (FROÉS et al. 2010).

Figura 66 – (a) Obtenção da fibra de tucum a partir da folha com auxílio de faca; (b) Fibra do tucum tingida de Urucum, sendo lavada no rio por moradora da comunidade.



(a)

(b)

Fonte: (a) (NUNES, 20090; (b) (FROÉS et al., 2010).

6.2.1. Caracterização do Fio de Tucum

Uma caracterização básica do fio produzido de maneira artesanal com as fibras do tucum pela comunidade Vila Ecológica Céu do Juruá foi realizada, a fim de documentar o que de fato trata-se esse fio, chamado por eles de “Linha do Tucum”.

As médias dos parâmetros de título, tenacidade, alongamento, torção e retorção do fio de tucum, encontram-se na **Tabela 19**.

Tabela 19 - Caracterização básica do fio de tucum

	Título (Tex)	Tenacidade (cN/Tex)	Alongamento (%)	Torção “Z” (t/m)	Retorção “S” (t/m)
Media	317,70	19,62	7,02	308,20	174,50
Desvio Padrão	38,4	15,77	1,33	42,24	19,81
CV%	12,09	29,41	18,9	27,4	11,35

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

O fio mostrou-se bastante resistente, porém com uma aparência bem rústica e com torção e retorção bem pouco regular, o que é esperado já que se trata de um produto artesanal.

6.3. Caracterização do Tecido de Tucum (*A. chambira* Burret)

As médias das características principais das amostras de tecido desenvolvidas com o fio do tucum, em tear manual, apresentam-se na **Tabela 20**.

Tabela 20 - Caracterização das amostras de tecido 100% tucum

Parâmetro	Amostras				
	1	2	3	4	5
Largura (cm)	2,3	2,5	2,6	2,5	2,7
Comprimento (cm)	12	12,8	11,8	12,0	13,0
Gramatura (g/m ²)	797	750	815	767	798
Nº de fios de trama/cm	14	14	15	15	15
Nº de fios de urdume/cm	3	3	3	3	3
Espessura (mm)	2,3	2	1,9	2	2,1

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

6.3.1. Carga de Ruptura (N) e Alongamento (%)

Na **Tabela 21** encontram-se os valores de Carga de Ruptura (N) e Alongamento (%) obtidos nos testes de tração realizados com as amostras de tecido de tucum. Os testes foram feitos apenas no sentido do urdume. Por limitação técnica de distância das garras, os testes no sentido da trama não foram possíveis de realizar.

Tabela 21 - Resultados dos testes de Tração em dinamômetro no sentido do urdume das amostras de tecido 100% tucum

Amostra nº	Força Máxima (N)	Alongamento (%)
1	314,063	2,40
2	341,032	2,19
3*	603,119	2,15
4*	534,961	2,29
5	144,650	1,70
Média	569,040	2,22
Desv. Padrão	48,195	0,10
CV%	0,085	0,04

*Ensaio válidos.

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Como a construção do tecido foi feita de forma artesanal e manual e também pelo fato do fio de tucum ser bastante resistente, em algumas amostras houve um “escorregamento” dos fios de trama de forma que não houvesse ruptura. O equipamento é programado para parar a ação de tração quando ocorre um deslocamento dos fios e, portanto, o tecido não chega a romper.

Nos testes das amostras 1, 2 e 5, ocorreu esse problema (**Figura 67**). Os valores de Carga de Ruptura obtidos nestas amostras então, não são verdadeiros, pois a amostra não chegou a romper.

Figura 67 - Exemplo de uma amostra que não rompeu após ensaio de Tração



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Já nas amostras 3 e 4, o ensaio ocorreu normalmente (**Figura 68**) e o tecido rompeu sob as cargas máximas de 603,119 N e 534,961 N, respectivamente, com média de aproximadamente 570 N e alongamento de 2%.

Figura 68 - Exemplo de uma amostra que rompeu após ensaio de Tração



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Apenas a título comparativo, em um tecido de sarja 100% algodão (jeans), que contém 35 fios de urdume/cm, o valor de carga de ruptura encontrado foi 936,1 N (**Anexo I**). Apesar dos títulos dos fios constituintes serem diferentes em ambos os tecidos, sabendo que a amostra de tecido 100% tucum continha apenas 3 fios de urdume por cm e carga de ruptura de 603,1 N, pode se concluir que este último valor pode ser considerado bastante elevado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns estudos levantaram hipóteses, previsões e cuidados que entendem como necessários para um possível futuro do uso das fibras de *A. chambira*, conforme apresentados e discutidos a seguir.

Garcia et al. (2014) acreditam que a sobrevivência da espécie de *A. chambira* depende da valorização e importância dada à fibra e de um aproveitamento apropriado. Portanto consideram essencial unir o conhecimento tradicional com novas estratégias de manejo sustentáveis. Consideram importante também a capacitação dos moradores das comunidades com novas técnicas artesanais para que haja uma diversificação dos artigos produzidos por eles, agregando valor aos produtos oferecidos e podendo resultar em um aumento de procura e vendas.

Concluem que o futuro deste artesanato deve estar associado a uma estratégia de desenvolvimento regional focada em exploração não destrutiva, construção de sistemas agroflorestais incluindo *A. chambira* e melhorias na cadeia de produtiva e de vendas (GARCIA et al., 2014).

Linares et al. (2008) consideram que essa é uma espécie ideal para ser implementada em sistemas agroflorestais, com grande potencial de tornar-se uma fonte de renda para as comunidades e acredita que a possível valorização e futuros usos dessa espécie, são maneiras de conservação da cultura e das tradições indígenas.

Arboleda et al. (2007) também propõe a implementação de *A. chambira* em sistemas agroflorestais, combinada, por exemplo, com produtos alimentícios de outras espécies, e sugere que sejam escolhidas sementes de indivíduos com os biotipos mais adequados, com melhores características como: menor quantidade de espinhos, fibras mais trabalháveis e resistente, entre outras.

Considerando que as populações mais jovens exploram as palmeiras muitas vezes até a morte do indivíduo, seria importante desenvolver um programa de educação e manejo para um aproveitamento sustentável de *A. chambira* (ARBOLEDA et al., 2007).

A busca por melhoria nos artesanatos, capacitação dos artesãos, desenvolvimento de novos produtos, e novas e mais eficazes estratégias de venda, também são levantados pelos autores como pontos importantes para o futuro uso da fibra (ARBOLEDA et al., 2007).

Vormisto (2002) acredita que os produtos feitos por *A. chambira* já são e serão cada vez mais substituídos por outros produtos industriais, principalmente pensando em mercados fora dos mercados locais, se não for evidenciado o devido valor daquele artesanato, como um diferencial.

Esse marketing poderia ser feito com um certificado que garantisse ao comprador que a maior parte do lucro vai para a comunidade que o produziu e que o artigo é especial pois produzido a partir de um conhecimento tradicional e de uma maneira sustentável, por exemplo, a partir de sistemas agroflorestais (VORMISTO, 2002).

Marín et al. (2012) pontua que introduzir essa fibra em um processo industrial, pode ser uma boa opção para intensificar sua utilização e aumentar a fonte de renda local. Contudo, acredita que futuros estudos sobre a fibra, a espécie e a diversidade genética de *A. chambira* são muito necessários para que esse recurso possa ser usado de uma maneira sustentável.

Froés et al. (2010), acreditam que o trabalho realizado por eles na comunidade Céu do Juruá foi apenas um início. Afirmam a necessidade de aprimorar as técnicas artesanais, de realizar um estudo sistemático dos ecossistemas presentes, fortalecer formas associativas de organização do trabalho, capacitar a comunidade, buscar por mercados que incluam os produtos artesanais e o desenvolvimento de mecanismos de conexão com o mundo moderno.

No mesmo sentido desses estudos apontados, a união do conhecimento tradicional com o científico foi o ponto de partida do presente estudo.

As características físicas e químicas desta fibra, como de qualquer outra, são essenciais para o desenvolvimento de qualquer produto a partir dela, porém não são os únicos aspectos a serem levados em consideração quando uma aplicação for buscada/estudada. Os aspectos culturais são indissociáveis e a maneira como os povos tradicionais lidam com a natureza, com a espécie e com essa fibra, deve ser respeitada, valorizada e mantida.

Eles sabem como fazer um aproveitamento sustentável, de forma que valorizar esse conhecimento tradicional pode ser o mesmo que manter essa espécie viva.

Contudo, a importância do conhecimento científico é indiscutível. Neste caso, em especial, o conhecimento científico faz o papel da ponte. De um lado está o saber tradicional, e de outro, um possível produto que surgirá como alternativa sustentável (em muitos sentidos) às limitadas e conhecidas opções que temos no mercado têxtil.

Esse caminho do meio é longo, ir além do convencional nunca foi e nunca será fácil. Mas é possível. Este trabalho tem como objetivo ser o primeiro passo nessa ponte, muito ainda há de ser feito, mas o primeiro passo deve ser dado.

8. CONCLUSÃO

As fibras de *Astrocaryum chambira* Burret (tucum) possuem uma grande relevância para muitas comunidades tradicionais de diversas localidades amazônicas, já que são usadas para a confecção de artesanatos que serão vendidos em feiras tradicionais, complementando a renda local.

Os principais valores encontrados da caracterização das fibras de tucum foram: comprimento: 90 ± 12 cm; densidade: $1,51 \pm 0,07$ g/cm³; regain: $10 \pm 0,34\%$; Índice de cristalinidade: 82,31%; tenacidade: $37,4 \pm 5,6$ cN/tex; alongamento: $6,6 \pm 0,4\%$; Módulo Young: $8,3 \pm 1,0$ N/tex; a partir das análises de TGA e DTG, os valores estimados de porcentagem das constituintes foram, 68,4% de celulose e 21,7% de lignina.

Na análise de MEV com EDS, foi possível descobrir pontos de silício (fitólitos), ao longo da superfície longitudinal da fibra. O silício não é um elemento raro em plantas, já foi encontrado nas folhas da palmeira *Oenocarpus Mart.* (Arecaceae), por exemplo.

Com as comparações feitas com fibras de reconhecida empregabilidade têxtil, encontrou-se similaridade com outras fibras de folhas, como o sisal, o que pode orientar os possíveis caminhos para a aplicação da fibra do tucum.

O processo de confecção da “Linho do Tucum”, é um saber tradicional da comunidade “Vila ecológica Céu do Juruá” (IPIXUNA, AM). Essa linha artesanal foi caracterizada (Título 317,70 Tex; Tenacidade 19,26 cN/Tex); Alongamento 7,02%; Torção “Z” 309,20 t/m e Retorção “S” 174,50 t/m). É bastante resistente, porém rústico e com torções irregulares, o que já era de se esperar por tratar-se de um fio artesanal.

Amostras de tecido plano de urdume e trama 100% tucum foram confeccionadas em tear manual e caracterizadas. Suas dimensões eram em média 2,52 cm de largura, 12,32 cm de comprimento, 785 g/m² de gramatura, 15 fios de trama/com e 3 fios de urdume/cm. No ensaio de Resistência à Ruptura no sentido do urdume, apenas 2 amostras romperam ao final (as outras 3 tiveram escorregamento de fios e, portanto, o resultado não é confiável). As médias dos resultados dos ensaios válidos foram 570 N e alongamento de 2%.

Contudo, estendeu-se desde a questão cultural até os parâmetros técnicos que envolvem as fibras de tucum (*A. chambira* Burret), inserindo-a no rol de matérias primas alternativas às convencionais para diversos fins, para que com isso, futuros estudos tenham um embasamento completo das fibras de tucum (*A. chambira* Burret) e possam desenvolver possíveis aplicações a partir daqui.

REFERÊNCIAS

- AAKKO, M. **Artisinal and Slow: The case of Anna Ruohonen**. Aalto University. Helsinki, 2014
- _____. KOSKENNURMI-SIVONEN, R. Designing Sustainable Fashion: Possibilities and Challenges. **Research Journal of Textile and Apparel**, Vol. 17, 2013.
- ABRAMOVAY, R. **Muito além da economia verde**. São Paulo: Ed. Abril, 2012.
- ABIT, 2017 disponível em: <<http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>> Acesso em: 02 de abril de 2018
- ABREU, R.; NUNES, N. L. Tecendo a tradição e valorizando o conhecimento tradicional na Amazônia: o caso da "linha do tucum". **Horizontes Antropológicos**, v. 18, n. 38, p. 15-43, 2012.
- ACOSTA, A. **O Bem Viver**. Editora Elefante. p.41, 2016
- AGUIAR NETO, P. P. **Fibras têxteis**. Rio de Janeiro: SENAI/CETIQT, 1996. v. 2. (Série Tecnologia Têxtil).
- AL-OQLA F.M., SALIT, M.S. Materials selection for natural fiber composites. **Woodhead Publishing**, Cambridge. 2017
- ALLUT, A. G. **O conhecimento dos especialistas e seu papel no desenho de novas políticas pesqueiras**. In: DIEGUES, Antônio Carlos (Org.). *Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos*. 2. ed. São Paulo: Hucitec e NUPAUB, p. 101-123, 2001.
- ALLWOOD, J. M.; LAURSEN, S. E.; RODRIGUEZ, C. M.; BOCKEN, N. MP. Well Dressed? The presente and future sustainability of clothing and textiles in the United Kingdom. **Journal of the Home Economics Institute of Australia**, Vol. 22, nº1, 2015
- ANDRASSY, M.; PEZELJ, E.; SURINA, R. **Improving the modification of technical flax fibers**. Faculty of Textile Technology, University of Zagreb. Croácia, 2013
- ARAÚJO, M.; CASTRO, E.M.M. **Manual de Engenharia Têxtil**. V. v. 1 e v. 2. Fundação Calouste Gulbekian, Lisboa (Portugal), 1984. 1648 p.
- ARRUDA, R. **“Populações tradicionais” e a proteção dos recursos naturais em Unidades de Conservação**. In: DIEGUES, Antônio Carlos (Org.). *Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos*. 2. ed. São Paulo: Hucitec e NUPAUB, p. 273-290, 2000.
- BABU, R. B.; PARANDE, A.K.; RAGHU, S.; PREM KUMAR, T. Textile Technology – An overview of wastes produced during cotton textile processing and effluent treatment method. **The Journal of Cotton Science**, Vol. 11, p. 110-122, 2007
- BALSLEV Henrik.; GRANDEZ, C.; PANIAGUA ZAMBRANA, N. Y.; MOLLER, A. L.; HANSEN, S. L. Palmas (Arecaceae) úteis en los alrededores de Iquitos, Amazonía Peruana. **Revista Peruana de Biología**, v. 15, p. 121-132, 2008.

- BAPTISTA, A. C.; BORGES, J. P.; FERREIRA, I. Produção de Biobaterias a partir de Membranas obtidas pela Técnica de Electrofiação. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**. ISSN 0870-8312/2010, vol.22, n.1-2. pp. 2-13, 2010
- BARRON, A. R. **Physical Methods in Chemistry and Nano Science**. Disponível em: <http://cnx.org/content/col10699/1.18/>. Acesso em 24 de março de 2018.
- BARROS, F. Be.; PORRO, N. S. M.; MOREIRA, E.; MATOS, K. Dossiê “Direitos e Conhecimentos de Povos e Comunidades Tradicionais”. **Fragments de Cultura**, V.25. Goiânia, 2015.
- BAYER - FIBRAS 100%. Qualidade final: Algodão. **Revista Bayer CropScience**, V. Jun/05, p. 3-4, 2005.
- BECKER, B. **Amazônia: Geopolítica na virada no III milênio**. São Paulo, 2009.
- BENINI, K. C. C. de C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: HIPS/fibras da casca de coco verde e bagaço de cana de açúcar**. 2011. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.
- BERKES, F. **Sacred Ecology: Traditional Ecological Knowledge and Resource Management**. Ed. Taylor & Francis, 1999. 209 p.
- BERLIM, L. G. **Moda, a possibilidade da leveza sustentável: tendências, surgimento de mercados justos e criadores responsáveis**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental – UFF). Universidade Federal Fluminense, Rio De Janeiro, 2009.
- BLACKBURN, R.S. **Biodegradable and Sustainable Fibres**. Cambridge: TheTextile Institute Woodhead Publishing Limited, 2005. 456p.
- BOHENSKY, E. L.; MARU, Yiheyis. Indigenous knowledge, science and resilience: what have we learned from a decade of international literature on “integration”? **Ecology and Society**, n. 16, v. 4, 2011.
- BOUCHARD, J.; LÉGER, S.; CHORNET, E. Quantification of residual polymeric families presente in thermo-mechanical and chemically pretreated lignocellulosics via thermal analysis. **Biomass**, v.9, n.3, p.161-171, 1986.
- BRASIL. *Decreto N. 6.040, de 7 de Fevereiro de 2007*. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Brasília, 7 de fevereiro de 2007. In: PEREIRA, B. E.; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 2, n. 22, p. 37-50, 2010.
- BRUNDTLAND, G. H.(org.). **Nosso futuro comum**. Relatório da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, FGV, 1988.
- BROWN JÚNIOR, K.; FREITAS, A. V. L. Diversidade biológica no Alto Juruá: avaliação, causas e manutenção. In: CUNHA, M. C.; ALMEIDA, M. B. (Org.). *Enciclopédia da Floresta. O Alto Juruá: práticas e conhecimentos das populações*. São Paulo, Companhia das Letras, 2002.

- C YU. Natural Textiles Fibres: Vegetable Fibres. In: SINCLAIR. R. (Ed.). Textiles and Fashion Materials, Design and Technology. UK: Woodhead Publishing Series in Textiles, 2014. Capítulo 2, p. 29- 56.
- CALTECH. N. **FTIR User's Guide**. Disponível em: <<http://mmrc.caltech.edu>> Acesso em: 24 de março de 2018.
- CARLI, A. M. S. Design de moda e tradição: A cumplicidade possível para inovar. **Modapalavra e-periódico**, nº12 (p. 1-22). Florianópolis, 2013
- CASTAÑO ARBOLEDA, N.; CÁRDENAS LÓPEZ, D.; OTAVO RODRÍGUEZ, E. **Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables**. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – Sinchi-. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, CORPOAMAZONIA, 2007.
- CATTANI, I. M. **Fibra de Buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.): registro em comunidade local (Barreirinhas-MA, Brasil), caracterização físico-química e estudo com impregnação de resinas**. 2016. 213 f. Dissertação (Pós-Graduação em Têxtil e Moda – Escola de Artes, Ciências e Humanidades) Universidade de São Paulo. São Paulo (SP). 2016
- CHAPELLE, R. **Os índios cintas-largas**. Belo Horizonte/São Paulo: Itatiaia/Ed. da USP, 1982. p. 137
- CHAPMAN, J. **Emotionally durable design: Objects, experiences & empathy**. Londres: Earthscan, 2012. 224 p.
- CHARNLEY, S.; FISCHER, A. P.; JONES, E. T. Integrating traditional and local ecological knowledge into forest biodiversity conservation in the Pacific Northwest. **Forest Ecology and Management**, v. 246, p. 14-28, 2007.
- CHEN, H-L.; BURNS, Leslie Davis. Environmental Analysis of Textile Products. **Clothing and Textiles Research Journal**, Vol. 24, p.248–261. 2006.
- CHOUDHURY, A.K.R.O.Y. **Visual Measures of colour**. Woodhead Publishing. 2015
- CLARK, H. Slow + Fashion – an Oxymoron or a promise for the future? **Fashion Theory**, Vol. 12, p. 427-446, 2015.
- COATS CORRENTE. **Fios especiais**. Disponível em: <www.coatscorrente.com.br>. Acesso em: 24 de julho de 2019.
- COLCHESTER. Resgatando a natureza: comunidades tradicionais e áreas protegidas. In: DIEGUES, A. C. (Org.). **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**. 2. ed. São Paulo: Hucitec e NUPAUB, p. 225-257, 2000.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- CONTROLE DE QUALIDADE TÊXTIL II – **Testes Químicos**. **Apostila do Curso de Química** – Ramo de Controle de Qualidade dos Materiais Têxteis da Universidade do Minho (Portugal), 2001. 19 p.

- COOK, J. G. **Handbook of textile fibres - vol 1 - natural fibres**. 5. ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited Abington Hall, 2001.
- COOMES, O. T. Rain forest ‘conservation-through-use’? Chambira palm fibre extraction and handicraft production in a land-constrained community, Peruvian Amazon. **Biodiversity & Conservation**, v. 13, n. 2, p. 351-360, 2004.
- COSTA, A.C.R., ROCHA, E.R.P. **Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n°29, p. 159-202. 2009
- COSTA, A. L. B. **Avaliação de amaciadores para uso na indústria têxtil**. 2014. 65 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Biológica). Universidade do Minho. Guimarães. 2014.
- COTTON FIBER GENOMICS PROJECT. **Functional and Sequence Analysis of Fiber Termogravítica**. University of Texas at Austin. Disponível em: <<http://cottongenomics.biosci.utexas.edu>> Acesso em: 12 de dezembro de 2017.
- COUTTS, R.S.P. Wood fibre reinforced cement composites. In: Swamy, R.N., ed. Natural fibre reinforced cement and concrete. Concrete and Technology and Design, Glasgow, Blackie, 1988. p. 1-62.
- CRAVO, J. C. M. **Compósito particulado de baixa densidade com casca de amendoim, fibra de coco verde e resina poliuretana à base de óleo de mamona para aplicação como forro de galpões agrícolas**. 2013. 167f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos). Universidade de São Paulo, Pirassununga, (SP). 2013
- CUNHA, M. C. Populações tradicionais e a Convenção da Diversidade Biológica. **Revista de Estudos Avançados**, n. 13, p. 147-163, 1999.
- _____; ALMEIDA, M. W. B. Indigenous people, traditional people, and conservation in the Amazon. **Daedalus**, v. 29, n. 2, p. 315-338, 2000
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 248p.
- DANTAS, M. B. V. C. **Compostos Da Casca De Tucum-Do-Cerrado (*Bactris Setosa Mart.*) com Atividade Antioxidante**. 65p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Nutrição Humana – Faculdade de Ciências da Saúde) Universidade de Brasília. Brasília, 2016
- DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- DIEGUES, A. C. (org.). **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. Núcleo de Pesquisa sobre populações humanas e áreas úmidas brasileiras. NUPAUB – USP, 1999.
- _____. A etnoconservação da natureza. In: DIEGUES, A.C. (Org.). *Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos*. 2. ed. São Paulo: Hucitec e NUPAUB, p. 1-46, 2000.
- _____. ARRUDA, R. S. V. **Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. São Paulo: Universidade de São Paulo-USP, 2001, 176 p.
- _____. O mito moderno da natureza intocada. 6 ed. São Paulo: Hucitec, 2008, 198 p.

_____. O reconhecimento do conceito de sociobiodiversidade. Canal Educachico. 2012. Vídeo disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=gxzNetRw26E>> Acesso em: 28 de março de 2018

DRANSFIELD J., UHL, N. W.; LANGE, C. B. A.; BAKER, W. J. **Genera Palmarum: the evolution and classification of palms**. 2ª ed. Londres: Kew Publishing, Royal Botanical Garden, 2008. 732 p.

ELLEN, R. Indigenous Knowledge of Rainforest: Perception, Extraction and Conservation. **The GeoJournal Library**, Vol. 44. 1997

ENGELMAN, R. Além do blábláblá da Sustentabilidade. In: ASSADOURIAN, Erick. e PRUGH, Tom (org.) **Estado do mundo 2013: A Sustentabilidade Ainda é Possível?** Worldwatch Institute. Salvador: Uma. 2013. p. 03-18.

FATALLA, F. **Proposta de Metodologia para classificação fiscal de mercadorias têxteis na nomenclatura comum do Mercosul**. Dissertação (Pós-Graduação em Têxtil e Moda – Escola de Artes, Ciências e Humanidades) Universidade de São Paulo. São Paulo (SP). 2016

FERREIRA, E. L. **Manual das palmeiras do Acre, Brasil**. Rio Branco: Instituto Nacional de Pesquisas/Universidade Federal do Acre, 2005.

FERREIRA, T. R. **Sorção de Petróleo por Fibras Vegetais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 2009. 67p.

FERRO, A. F. P., BONACELLI, M. B. M., ASSAD, A. L. D. Oportunidades Tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão e Produção**, v.13, n.3, p.489-501, 2006.

FIGLIOLI, J.; CURTOLO, D. D.; BARRERO, N. G.; SAVASTANO JUNIOR, H.; PALLONE, E. M. de J. A.; JOHNSON, R.. Particulate Composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product. **Industrial Crops and Products**, Vol. 40. p. 69-75 2012.

FLEMING – POLYMER TESTING & CONSULTANCY. **Differential Scanning Calorimetry & Thermo - Gravimetric Analysis**. Disponível em: <http://www.flemingptc.co.uk/our-services/dsc-tga/>. Acesso em 24 de março de 2018.

FLETCHER, K. Slow Fashion: An Invitation for Systems Change. **Fashion Practice**, Vol. 2. P. 259-266. 2010

_____. GROSE, L. **Fashion & Sustainability: Design For Change**. Londres: Laurence King Publishing, 2012. 192 p.

FONSECA, A.S.; RAABE, J.; DIAS, L.M.; BALIZA, A.E.R.; COSTA, T.G.; SILVA, L.E.; VASCONCELOS, R.P.; MARCONCINI, J.J.; SAVASTANO JR, H.; MENDES, L.M.; YU, A.; ORTS, W.J; TONOLI, G.H.D. Main Characteristics of Underexploited Amazonian Palm Fibers for Using as Potential Reinforcing Materials. **Waste and Biomass Valorization**, p.1-18. 2018

- FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Análise de Fios Equipamentos e Aspectos Relevantes de Qualidade**. Circular Técnico, 69 – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 0100-6460. 9 p. Campina Grande, PB. 2003.
- FROÉS, V.; DOMINGUES, G.; FERREIRA, E.; QUINET, A.; ABREU, R.; ABREU, N. L.; KATZ, N. **Linha do Tucum: Artesanato da Amazônia**. Rio de Janeiro: Instituto de Estudos da Cultura Amazônica. 2010. 131 p.
- GADOTTI, M. **A carta da Terra no Brasil**. Disponível em: <<http://earthcharter.org/invent/images/uploads/A%20Carta%20da%20Terra%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 02 de abril de 2018
- GALEANO, G.; BERNAL, R. **Palmas de Colombia: guía de campo**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales, 2010. 688p.
- GARCIA, N.; GALEANO, G.; MESA, L.; CASTAÑO, N.; BALSLEVE, H.; BERNAL, R.. Management of the palm *Astrocaryum chambira* Burret (Arecaceae) in northwest Amazon. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n.1, p. 45-57. 2014.
- GARGALACA, P. **Índice de Brancura Berger**. Disponível em: <http://pedrogargalaca.blogspot.com/2012/10/indice-de-brancura-berger.html?view=flipcard> Acesso em: 04 out. 2019
- GHOSH, P.; GANGOPADHYAY, Rupali. Photofunctionalization of cellulose and lignocellulose fibres using photoactive organic acids. **European Polymer Journal**, Vol.36. nº 3. p. 625-634. 2003
- GROSE, L. ‘Sustainable cotton production’, In: R.S. Blackburn, ed. **Sustainable textiles: Life cycle and environmental impact**, Oxford: Woodhead Publishing, 2009.
- GUATTARI, F. **As três ecologias**. São Paulo: Papirus, 1990. 56p.
- GUEL, A.; PENN, J. Use of the chambira palm (*Astrocaryum chambira*) in rainforest communities of the Peruvian Amazon. **Student Summer Scholars**, vol.20, 2009.
- GUIMARÃES, B. M. G. **Estudo das características físico-químicas de fibras têxteis vegetais de espécies de Malvaceae**. 2014. 169f. Dissertação (Pós-Graduação em Têxtil e Moda – Escola de Artes, Ciências e Humanidades) Universidade de São Paulo. São Paulo (SP). 2014
- GUIMARÃES, M.; NOVACK, K. M.; BOTARO, V. R. Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 11, n. 7, p. 442-456, 2010.
- HANAZAKI, N.; GOMES, M. B.; GIRALDI, M.; MOURA, E. A.; GABDOLFO, E. S. Conservação biológica e valorização sócio-cultural: explorando conexões entre a biodiversidade e a sociodiversidade. In: Alves, A.G.C.; Souto, F.J.B.; Peroni, N.. (Org.). **Etnoecologia em Perspectiva: natureza, cultura e conservação**. Recife: NUPEEA, 2010, v. 1, p. 89-102.
- HEARLE, J. W. S. Fibre structure: Its formation and relation to performance. In: EICHHORN, S. J.; HEARLE, J. W. S.; JAFFE, M.; KIKUTANI, T. (Ed.). **Handbook of Textile fibre**

- structure. Volume 1 : Fundamentals and manufactured polymer fibres.** Cambridge: Woodhead Publishing Limited Abington Hall, 2009. p. 502.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas.** Princeton (New Jersey): Princeton University Press., 1995. 352p.
- HETHORN, J.; ULASEWICZ, C. **Sustainable fashion: Why now? A conversation about issues, practices, and possibilities.** Nova Iorque: Bloomsbury Academic. 2008. 488 p.
- HOLTZ, M. **Caracterização e utilização do resíduo de algodão da Indústria Têxtil para a produção de corpos frutíferos de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833.** 2008. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, 2008.
- HOUCK, M. M. **Identification of textile fibers.** Cambridge, England: Woodhead Publishing in Textiles: Number 84. 2009
- JENSEN, O. H.; BALSLEV, H. Ethnobotany of the fiber palm *Astrocaryum chambira* (Arecaceae) in Amazonian Ecuador. **Economic Botany**, v. 49, n. 3, p. 309-319, 1995.
- JOY, A.; SHERRY, J.; VENKATESH, A.; WANG, J.; CHAN, R.. Fast Fashion, sustainability and the ethical appeal of luxury brands. **Fashion Theory**, Vol. 16. p.273-296
- KAHN, F. El género *Astrocaryum* (Arecaceae). **Revista Peruana de Biología**, v. 15, p. 31-48, 2008.
- KASWELL, E. R. **Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles.** Massachusetts Institute of Technology (MIT) e Wellington Sears Company, Cambridge, Estados Unidos, 1963. 757 p.
- KAWAMURA, Y. **Fashion-ology: An Introduction to Fashion Studies.** Nova Iorque: Bloomsbury Academic, 2005. 124 p.
- KUASNE, A. Fibras têxteis. In: **Curso têxtil em malharia e confecção - 2º módulo.** Ministério Da Educação, Secretaria De Educação Média E Tecnológica Centro Federal De Educação Tecnológica De Santa Catarina, Unidade De Araranguá. Araranguá, 2008.
- LEÃO, M. A. **Fibras de Licuri: Um reforço alternativo de compósitos poliméricos.** 2008. 109p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- LEE, M. **Fashion Victim: Our Love-Hate Relationship with Dressing, Shopping, and the Cost of Style.** New York: Broadway Books, 2003. 294 p.
- LINARES, E. L.; GALEANO, G.; GARCÍA, N.; FIGUEROA, Y. **Fibras vegetales utilizadas en artesanías en Colombia.** Artesanías de Colombia S.A., Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 328 pp. 2008
- LIRA, S. R. B.; SILVA, M. L. M.; PINTO, R. S. Desigualdade e heterogeneidade no desenvolvimento da Amazônia no século XXI. **Revista Nova Economia**, V. 9, p. 153-184, 2009
- LOPES, L. C. **Controle metrológico da cor aplicado à estamperia digital de materiais têxteis.** 2009. 142f. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO). Rio de Janeiro, 2009.

- LORD, P. R. **Handbook of yarn production**. Woodhead Publishing. Cambridge, 2003
- LUCAS, E. F.; SOARES, B. G.; MONTEIRO, E. **Caracterização de polímeros: Determinação de peso molecular e análise térmica**. Rio de Janeiro: Editora E-papers, 20013. 366p.
- MACAULAY, C.; MAXWELL, D. Oral culture: A useful concept relevant to information seeking in context? In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES (InSciT2006). *Proceedings*. Spain, p. 1-5, 2006.
- MALUF, E.; KOLBE, W. **Dados Técnicos para a Indústria Têxtil**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Associação Brasileira da Indústria Têxtil e da Confecção ABIT. 2ª Ed., São Paulo, 2003. 336 p.
- MANZINI, E. **Design para a inovação social e sustentabilidade: Comunidades Criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. 104 p.
- MARINELLI, A. L.; MONTEIRO M. R.; AMBRÓSIO, J. D; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M.; NOBRE, A. D. Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 92-99, 2008.
- MARQUES, J. G. **Pescando pescadores: ciência e etnociência em uma perspectiva ecológica**. São Paulo: Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas e Áreas Úmidas Brasileiras, 2001.
- MCAFEE, A., DESSAIN, V.; SJOEMAN, A. **Zara: IT for Fast Fashion**. Cambridge: Harvard Business School, 2004
- MEADOWS, D. H. **Limites do crescimento: um relatório para o projeto Clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. São Paulo: Perspectiva, 1972. 203 p.
- MEDINA, J. C. **Plantas Fibrosas da Flora Mundial**. Seção de Plantas Fibrosas, Instituto Agrônômico, 1959. 913 p.
- Ministério do Desenvolvimento Agrário. Brasília, s/d. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br>>. Acesso em: jan. 2018.
- MIRANDA, G. **Sisal potiguar será exportado para os EUA até o fim de janeiro**. Portal no ar. 2018. Disponível em: <http://portalnoar.com.br/sisal-potiguar-sera-exportado-para-os-eua-ate-o-fim-de-janeiro> Acesso em: 05 abr. 2018
- MONTEIRO, A. S. **Tururi (*Manicaria saccifera Gaertn.*): caracterização têxtil, processos e técnicas artesanais em comunidade local amazônica (PA - Brasil)**. 2016. 116f. Dissertação (Pós-Graduação em Têxtil e Moda – Escola de Artes, Ciências e Humanidades) Universidade de São Paulo. São Paulo (SP). 2016
- MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V. Estrutura e Padrão Espacial das Populações de *Bactris Setosa* Mart e *B. Hatschbachii* Noblick Ex A. Hend (Arecaceae) em um Gradiente Altitudinal, Ubatuba (Sp). **Biota Neotropica**, v. 5, n.2, 2005.
- MORGADO, D. L.. **Biocompósitos a partir de celulose de linter: Filmes de acetatos de celulose/celulose e quitosana/celulose**. 2009. 290f. Tese (Doutorado em Ciências - Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo). São Carlos, 2009.

- MOTTA, L. A. de C.; AGOPIAN, V.. **Caracterização de fibras curtas empregadas na construção Civil**. 23f. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2007.
- MOUCHREK, N. M. **Estratégias e Competências de design para promover a cultura de sustentabilidade entre jovens**. 2014. 150f. Dissertação de mestrado. (Programa de Pós-Graduação em Design - Universidade do Estado de Minas Gerais). Belo Horizonte, 2014
- MWAIKAMBO, L. Y. ANSELL, M. P. Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute, and Kapok Fibers by Alkalization. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 84, n. 12, p. 2222–2234, 2002.
- NDAZI, B. S.; OGOLA, W. O., TESHAI, J. V., BISANDA, E. T.. Non-Conventional Panels Products Based on Agro-Wastes in LAHR, F., SAVASTANO JUNIOR, H., FIORELLI, J., **Non-conventional Building Materials based on agro-industrial wastes**. 1st Edition. Bauru, SP: Tiliform. 2015. p. 179 - 217
- NECHWATAL, A.; MIECK, K. P. & REUBMANN, T. **Composites Science And Technology**, 63, p.1273, 2003
- NIINIMÄKI, K. **Forming Sustainable Attachment to Clothing**. Aalto University, Helsinki, 2010.
- NOTÍCIA DA SERRA. **RN começa a exportar fio de Sisal para os Estados Unidos**. Disponível em: <http://www.noticiadaserra.com/2018/01/rn-comeca-exportar-fio-de-sisal-para-os.html> Acesso em: 05 abr. 2018
- NUNES, N. **LINHA DO TUCUM: a linha da lealdade**. Documentário. Direção: Noilton Nunes. Produção: Imagine Filmes. 2009. 50 min. Disponível em: <<http://youtu.be/RpbJH8lgzJ0>>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- OBOH, Fred O. J. The Food Potential of Tucum (*Astrocaryum vulgare*) Fruit Pulp. **International Journal of Biomedical and Health Sciences**, v. 5, n.2, 2009
- OLIVEIRA, F. R. **Tingimento da poliamida 6.6 com corantes ácidos, reativos e diretos após modificação superficial com descarga plasmática de Dupla Barreira Dielétrica (DBD)**. 2007. Dissertação (Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Têxtil). Universidade do Minho. Guimarães. 2007
- OLIVETE, A. L. **Formas de construção dos tecidos usados no vestuário**. Audaces, 2014. Disponível em: <https://www.audaces.com/formas-de-construcao-dos-tecidos-usados-no-vestuario-2/> Acesso em: 05 abr. 2018
- PADILHA, A. F. **Materiais de engenharia microestrutura e propriedades**. Curitiba PR: Hemus Editora Ltda., 2000. 349p.
- PENNAS, L. G. de A.; CATTANI, I. M.; LEONARDI, B.; SEYAM, A. M; MIDANI, M.; MONTEIRO, A. S.; BARUQUE-RAMOS, J. Textile Palm Fibers from Amazon Biome. **Materials Research Proceedings** (ISSN 2474-3941) v. 11 p. 262-274. 2019. <https://doi.org/10.21741/9781644900178-22>
- PEREIRA, B. E.; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 2, n. 22, p. 37-50, 2010.

- PEREIRA, P. H. F.; VOORWALD, H. C. J., CIOFFI, M. O. H., PEREIRA, M. L.C.P. da S. Preparação e Caracterização de Materiais Híbridos Celulose/ NbOPO₄.nH₂O a partir de Celulose Branqueada de Bagaço de Cana-de-Açúcar. **Polímeros**, vol.22, n.1, p.88-95, 2012
- PEREIRA, S. de J.; MUNIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; CECCANTINI, G.
MORPHOLOGICAL Characteristics And Density Of Tucum (*Bactris Inundata* Martius) Palms Leaves For Paper Production. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 12, n. 1, p. 39-48. 2002
- PESSOA, R. A. **Composição Nutricional e Bioativa da Amêndoa do Tucum (*Astrocaryum vulgare*)**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição) Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2016
- PEZZOLO, D. B. **Tecidos: História, Tramas, Tipos e Usos**. São Paulo: SENAC, 2012. 3a ed. 328p.
- PIANCÓ, R. **Tipos de tecidos: plano x malha**. Audaces, 2016. Disponível em: <https://www.audaces.com/tipos-de-tecido-plano-x-tecido-malha/> Acesso em: 05 abr. 2018
- PICKERING, L. Properties and performance of natural-fibre composites. **Woodhead Publishing and Maney Publishing on behalf of The Institute of Materials, Minerals & Mining**, p. 15 – 16. ISBN: 978-1-84569-267-4. Cambridge, England, 2008.
- PIMENTA, P. B. F. **Estudo da coloração de uma nova fibra natural de origem vegetal na indústria têxtil**. 2015. 120 f. Dissertação (Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Têxtil). Universidade do Minho. Guimarães. 2015.
- PLANTA S. **Fibra de Côco: um substrato especial para as plantas**. Disponível em: <http://www.plantasonya.com.br/adubos-e-substratos/fibra-de-coco-um-substrato-especial-para-as-plantas-2.html> Acesso em: 05 abr. 2018
- PORRO, N. S. M.; SHIRAIISHI NETO, J. Conhecimento tradicional associado à biodiversidade em recursos de uso comum: a roça e a quebra de coco babaçu em quilombo na Amazônia, 2013.
- PORTO-GONÇALVES, C. W. *Amazônia, Amazônia*. São Paulo: Contexto. 2001. 125p.
- POTTER-BOLLAND, L.; ELIS, E. A.; GUARIGUATA, M. R.; RUIZ-MALLÉN, I.; NEGRETE-YANKELEVICH, S.; REYES-GARCIA, V. Community managed forests and forest protected areas: an assessment of the conservation effectiveness across the tropics. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 6-17, 2012.
- REDDY, N.; YANG, Y. Properties and potential applications of natural cellulose fibers from cornhusks. **Green Chemistry**, V. 7, n. 4, p. 190-195, 2005.
- REYES-GARCIA, V. Conocimiento ecológico tradicional para La conservacion: dyanamicas y conflictos. **Papeles de relaciones ecosociales y cambio global**, n. 107, p. 57-67, 2009.
- REVEL, N. **Literature of voice: epics in the Philippines**. Quezon City, 2005. 202p.

- RIBEIRO, L. G.; ANDRADE FILHO, J. **Introdução à Engenharia Têxtil**. v. 1 (208 p.), v. 2 (214 p.), v.3. (196 p.) SENAI, Rio de Janeiro, 1987.
- RODRIGUEZ-CHANFRAU J. E., SANTOS, M. L., RICCARDI, C. dos S., OLYVEIRA, G. de M., HERNÁNDEZ-ESCALONA, M., BASMAJI, P., VERANES PANTOJA, Y., GUASTALDI, A. C., Chemical modification of bacterial cellulose for use in regenerative medicine. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 51 n. 7-8 p. 673-680, 2017
- ROMANATTO, J.; MARCONCINI, J. M.; LUCAS, A. de A.; BARBOSA, A. P.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. Determinação da composição química da fibra natural de *Astrocaryum vulgare*. **Anais da VI Jornada Científica – Embrapa São Carlos**. São Carlos, 2014.
- ROSELLO, J.; SORIANO, L.; SAVASTANO JR, H.; BORRACHEIRO, M. V.; SANTAMARINA P.; PAYÁ, J. Microscopic Chemical Characterization and Reactivity in Cementing Systems of Elephant Grass Leaf Ashes. **Microscopy and Microanalysis**. v. 24 p. 593-603. 2018 <https://doi.org/10.1017/S1431927618015192>
- SACHS. I. **Estratégias de transição para o século XXI, desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1993. 103 p.
- _____. **Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- SANTOS, F. R. S. **Desenvolvimento e aplicação de compósitos à base de matriz polimérica reforçado com fibras de curauá (*Ananas erectifolius*) e resíduos de madeiras amazônicas**. 134 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Amazonas. Manaus (AM), 2013.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização - do pensamento único à consciência universal**. São Paulo: Editora Record, 2000. 174 p.
- SANTOS, P. A.; SPINACÉ, M. A. S.; FERMOSELLI, K.; K. G. DE PAOLI, M. A. Processamento e tratamento da fibra de curauá nas propriedades de compósitos com poliamida-6. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol.19, no 1, p. 31-39, 2009
- SARKAR, B. K.; RAY, D. Characterization of Alkali-Treated Jute Fibers for Physical and Mechanical Properties. **Journal of Applied Polymer Science**, Vol. 80, 1013–1020. 2001.
- SARMENTO, F. **Design para sociobiodiversidade: Perspectivas para o uso sustentável da borracha na Floresta Nacional dos Tapajós**. 2014. 237f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.
- SAVILLE, B.P. **Physical testing of textiles**. Cambridge: The Textile Institute Woodhead Publishing Limited. 2007. 310 p.
- SCHMIDT, M. V. C. **Etnosilvicultura kaiabi no parque indígena do Xingu: subsídios ao manejo de recursos florestais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Carlos. São Carlos, 2001.
- SEVCENKO, N. **A corrida para o século XXI: no loop da montanha russa**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

- SHEN, X.; LI, S.; CHEN, N.; LI, S.; MCSHEA, W.J.; LU, Z. Does science replace traditions? Correlates between traditional Tibetan culture and local bird diversity and Southwest China. **Biological Conservation**, 145, p. 160-170, 2012.
- SINCLAIR, R. Understanding Textile Fibres and Their properties : What is a Textile Fibre? In: **Textile and Fashion: Materials, Design and Technology**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited Abington Hall, 2015. p. 845.
- SILVEIRA, S. **Manual das Matérias Primas Têxteis**. CILAN – Centro de Formação Profissional para a Indústria de Lanifícios. Covilhã - Portugal, 2011. 104p.
- SILVA, A. L. B. B.; SILVA, E. O. **Conhecendo Materiais Poliméricos**. Universidade Federal de Mato Grosso - Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Departamento de Física. Grupo de Pesquisa em Novos Materiais. Creative Commons. 2003. 84p.
- SILVA, F. de J. P.; FRAXE, T. de J. Saberes De Populações Tradicionais: Etnociência Em Processos De Bioconservação. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 2013-08, 2013.
- SILVA, K. A.; CORRADINI, E.; MATTOSO, L. H. C.; GALVANI, F.; JORGE, M. H. A.; SOARES, M. T. S.; MARCONCINI, J.M. **Extração e Caracterização de Fibras de Tucum (*Bactris Glaucescens Drude*) Provenientes do Pantanal**. Rede de Nanotecnologia aplicada ao agronegócio – Anais do V Workshop. Embrapa Instrumentação Agropecuária. São Carlos, 2009
- SILVA, R. J. F., VILHENA POTIGUARA, Raimunda Conceição de. Substancias ergásticas foliares de espécies amazônicas de *Oenocarpus* Mart. (Arecaceae): caracterizacao histoquímica e ultra-estrutural. **Acta Amaz.** v. 39 n.4 p. 793-798, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400007>
- SLOW FOOD MANIFESTO, 1989. Disponível em: <slowfood.com> Acesso em: 02 de abril de 2018
- SOARES. G. F. S. **Direito Internacional do Meio Ambiente: emergência, obrigações e responsabilidades**. São Paulo: Atlas, 2001.
- SOULTANIDIS, N. BARRON, A. R. **TGA/DSC-FTIR Characterization of Oxide Nanoparticles**. 2009. Connexions Web site. Disponível em: <http://cnx.org/content/m23038/1.2/> Acesso em 24 de março de 2018.
- SOUSA, S. G. A.; ARAÚJO, M. I.; WANDELLI, E. V. Saberes tradicionais dos povos amazônicos no contexto do processo de transição agroecológica. **EA Saberes Tradicionais/Alternativos – Ambientalmente sustentável**, Vol. II nº 20, p. 1699-1717. 2015
- SOUZA, A. L.; SALES, J. F.; CAMPOS, R. C.; NETO, A. R.; SILVA, F. G. Superação da dormência de sementes de Tucum (*Astrocaryum huaimi* Mart.). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 2, 2014
- STUART, B. H. Infrared Spectroscopy: **Fundamentals and Applications**. AnTS – Analytical Techniques in the Sciences. John Wiley and Sons. 2004. 244p.
- THOMAS, S. From ‘green blur’ to ecofashion: Fashioning an eco-lexicon. **Fashion Theory – The Journal of Dress, Body and Culture**, Vol. 12. nº 4. p. 525-539. 2008

- TOLEDO, L. R.; SOUZA, E. **Gente de Fibra**. Revista Globo Rural. Reportagens/Amazônia. 2010. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI183007-18283,00-GENTE+DE+FIBRA.html> Acesso em: 05 abr. 2018
- TOLEDO, V. M. Indigenous peoples and biodiversity. In: LEVIN, S. *et al.* (Eds.) **Encyclopedia of Biodiversity**. Academic Press, 2001.
- _____. BARRERA-BASSOLS, N. A Etnoecologia: uma ciência pós-normal que estuda as sabedorias tradicionais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 20, p. 31-45, 2009.
- TOMAZ, R. M. A. G.; BITTENCOURT, E.; SABINO, N. P.; KONDO, J. I.. Determinação dos índices de cristalinidade das fibras celulósicas. **Bragantia**, Vol. 53. nº 1. p. 121-126, 1994
- TREJO, H. X. **Exploring the New York slow fashion value chain: Local Animals, Fibers, and Knitwear**. 2014. 219f. Tese (Mestrado em artes) - Cornell University. 2014.
- TROMBETTA, E. **Utilização de Fibra Natural de Pinus (Serragem) como Reforço em Componentes Automotivos Compostos de Polipropileno**. Dissertação de Engenharia Mecânica UFPR, Curitiba-PR, 2010.
- VOGEL, A. I. **Química Analítica Quantitativa**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002. 462 p.
- VORMISTO, J. Making and Marketing Chambira Hammocks and Bags in the Village of Brillo Nuevo, Northeastern Peru. **Economic Botany**. Vol. 56. Nº 1. p. 27-40. 2002
- VRINCEANU, N. PETRE A. B, HRISTODOR C. M. POPOVICI, E. PUI, A. COMAN, D. TANASA, D. Zinc Oxide — Linen Fibrous Composites: Morphological, Structural, Chemical, Humidity Adsorptive and Thermal Barrier Attributes. In: **Modern Surface Engineering Treatments**. Mahmood Aliofkhazraei, 2013. Cap. 2
- WCDE. **Our Common Future**. World Comission on Environment and Development. 1987. Disponível em < <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> > Acesso em 06 de outubro de 2017.
- ZUCA, N. **Algodão: Um vilão na indústria têxtil?** Negócios da Moda, 2016. Disponível em: <https://negociosdamoda.com/2016/09/07/algodao-um-vilao-na-industria-textil/> Acesso em: 05 abr. 2018

NORMAS TÉCNICAS

ASTM D 3 822-2001. **Standard test method for tensile properties of single textile fibers.** American Society of Testing Materials. 10 p.

ABNT NBR 8428:1984. **Condicionamento de materiais têxteis para ensaios.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 6p.

ABNT NBR 12331:1991. **Fibras Têxteis – Taxa Convencional de Condicionamento – Padronização.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2p.

ABNT NBR 13 538-1995. **Material Têxtil – Análise qualitativa** Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. 20p.

ABNT NBR ISO 139:2008. **Têxteis – Atmosferas normais de condicionamentos de ensaios.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 6p.

ISO 1973-1995. **Textile Fibres – Determination of linear density – Gravimetric method and vibroscope method.** International Standards Organization. 8p.

ISO/TR 6741-4-1987. **Textile – Fibres and yarns – Determination of commercial mass of consignments – Part 4: Values used for the commercial allowances and the commercial moisture regain.** International Standards Organization. 6p.

ABNT NBR 13216:1994. **Materiais Têxteis – Determinação do título de fios em amostras de comprimento reduzido.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2p.

ASTM D 1422:2013 - **Standard Test Method for Twist in Single Spun Yarns by the Untwist-Retwist Method.** American Society of Testing Materials

ASTM D 1423:2013 - **Standard Test Method for Twist in Yarns by Direct-Counting.** American Society of Testing Materials

ASTM D1907 - **Standard Test Method for Linear Density of Yarn (Yarn Number) by the Skein Method.** American Society of Testing Materials

ASTM D1422 - **Standard Test Method for Twist in Single Spun Yarns by the Untwist-Retwist Method.** American Society of Testing Materials

ASTM D1423 - **Standard Test Method for Twist in Yarns by Direct-Counting.** American Society of Testing Materials

ASTM D2256 - **Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method.** American Society of Testing Materials

ABNT NBR 10591:2008 - **Materiais têxteis - Determinação da gramatura de superfícies têxteis.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 4P.

APÊNDICE A – DADOS DE COMPRIMENTO DAS FIBRAS DE TUCUM

Tabela 22 – Comprimento da fibra de tucum

Fibra	Comprimento (cm)	Fibra	Comprimento (cm)	Fibra	Comprimento (cm)
1	78,5	36	113	69	68
2	89,5	37	81	70	86,5
3	76	38	104	71	105
4	91,5	39	105	72	110
5	92	40	108	73	95
6	65	41	102	74	97
7	88,5	42	110	75	98
8	65	43	109	76	96
9	65	44	96	77	98
10	70	45	104	78	94
11	105	46	101	79	99
12	110	47	106	80	98
13	105	48	98	81	93
14	97	49	101	82	94,5
15	94,5	50	97	83	83
16	94	51	88,5	84	80
17	95	52	75	85	87
18	94	53	92	86	81
19	82	54	89	87	79
20	55	55	66	88	101
21	89	56	87	89	91
22	70	57	93	90	90
23	77	58	91	91	83
24	70	59	85	92	99
25	85	60	88	93	96
26	78,5	61	99	94	81
27	81	62	92	95	95
28	77	63	101	96	86
29	65	64	94,5	97	85
30	80	65	81	98	89
31	83	66	80	99	98
32	77	67	81	100	91
33	79	68	77		
34	92				
35	112				

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE B – DADOS DE DIÂMETRO DA FIBRA DO TUCUM

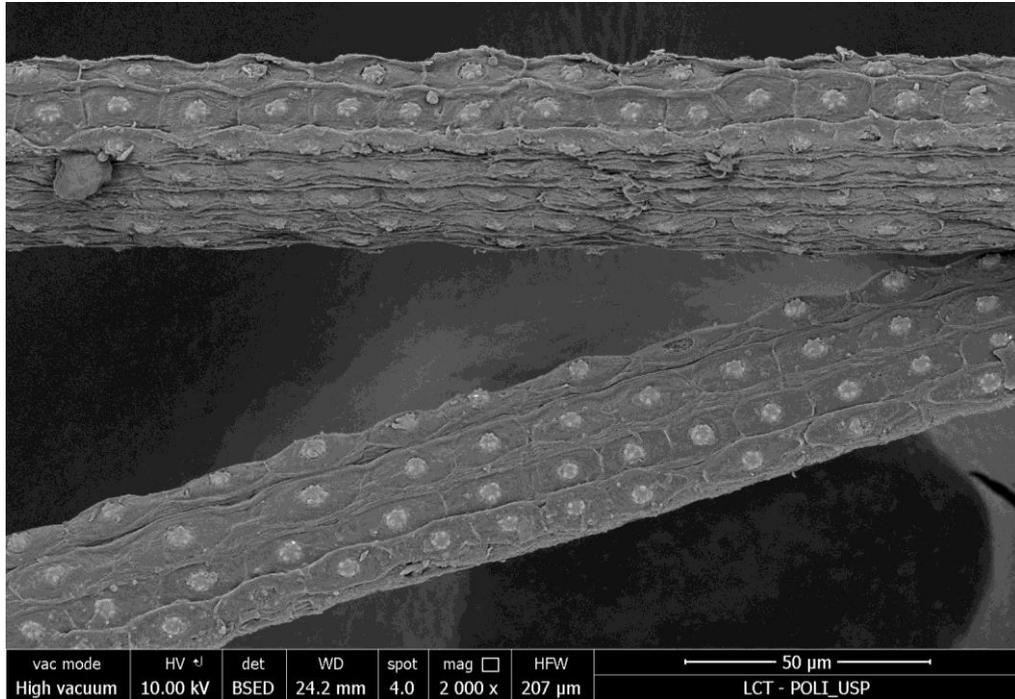
Tabela 23 - Diâmetro das fibras de tucum

Fibra	Diâmetro (µm)	Fibra	Diâmetro (µm)	Fibra	Diâmetro (µm)
1	63	36	57,65	71	81,61
2	61,66	37	65,64	72	81,51
3	83,71	38	69,58	73	73,59
4	67,59	39	55,67	74	63,62
5	71,68	40	73,59	75	67,59
6	72,01	41	63,62	76	79,52
7	73,59	42	69,58	77	73,67
8	46,11	43	79,55	78	81,73
9	61,66	44	51,73	79	83,5
10	57,69	45	63,74	80	72,01
11	66,36	46	61,66	81	85,58
12	65,61	47	75,57	82	79,62
13	55,67	48	59,68	83	59,64
14	67,62	49	60,1	84	81,51
15	55,81	50	83,59	85	93,46
16	69,58	51	73,59	86	85,58
17	70,04	52	65,61	87	69,7
18	69,7	53	85,49	88	85,88
19	73,56	54	87,68	89	73,56
20	71,57	55	81,51	90	61,63
21	79,55	56	67,59	91	77,53
22	77,56	57	79,55	92	89,49
23	83,52	58	79,52	93	75,57
24	83,59	59	75,64	94	57,69
25	59,68	60	77,64	95	85,51
26	65,61	61	67,59	96	93,46
27	77,56	62	65,64	97	67,62
28	61,63	63	79,52	98	97,5
29	63,74	64	75,55	99	81,51
30	75,57	65	79,55	100	79,62
31	63,74	66	55,67		
32	67,62	67	69,58		
33	69,61	68	81,9		
34	53,68	69	82,38		
35	80,14	70	83,71		

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

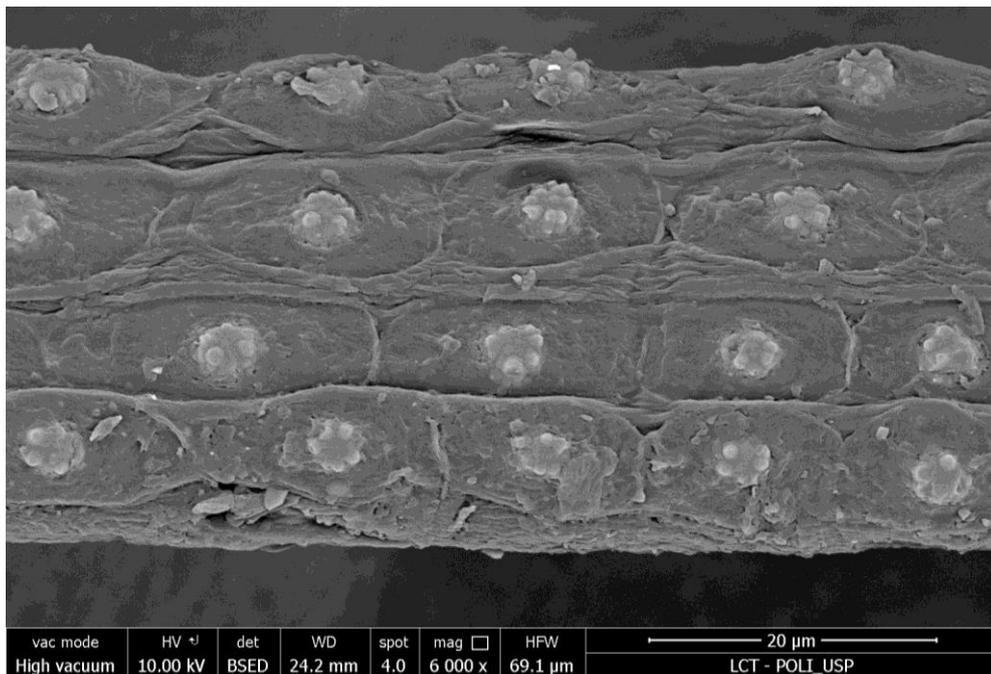
APÊNDICE C – IMAGENS DA MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Figura 69 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 2000x e 50 μm



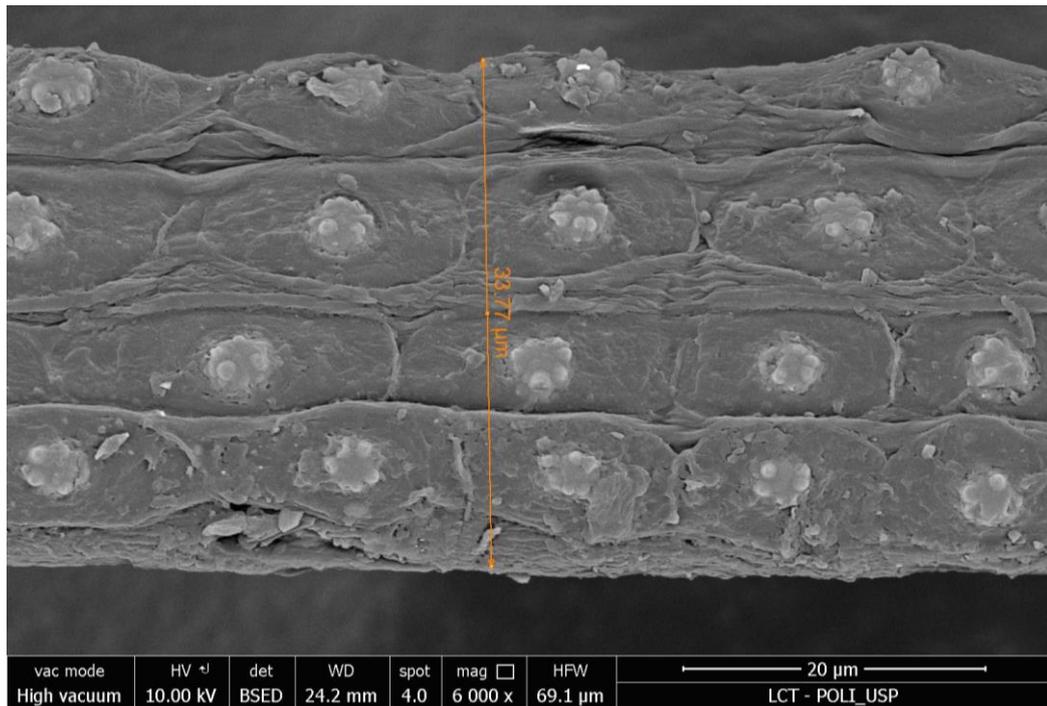
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 70 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 6000x e 20 μm



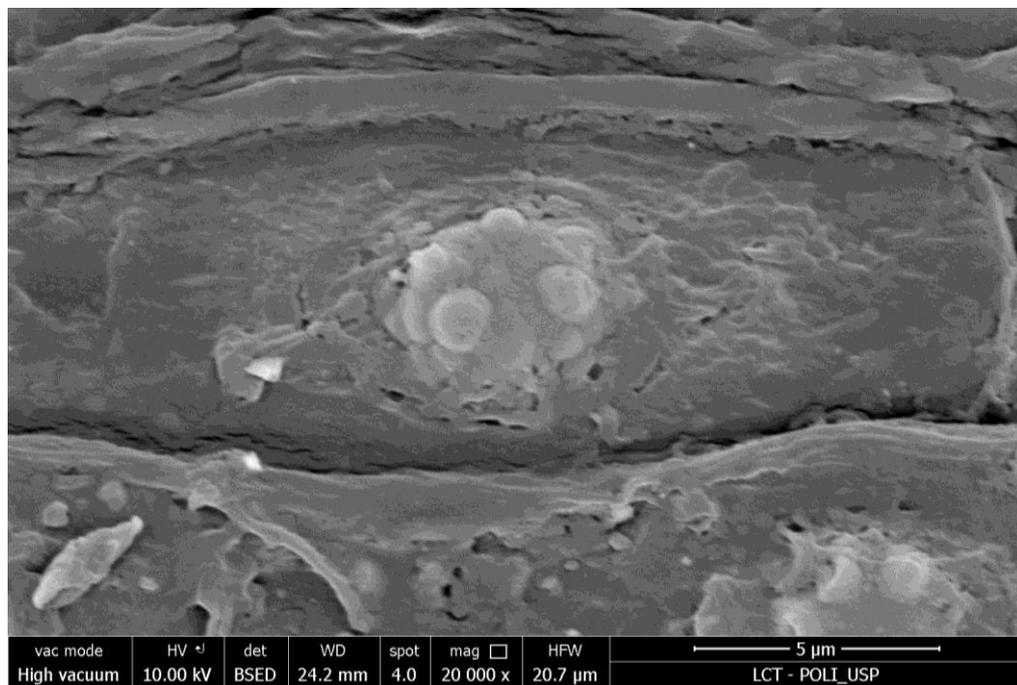
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 71 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 6000x e 20 μm , com medidas.



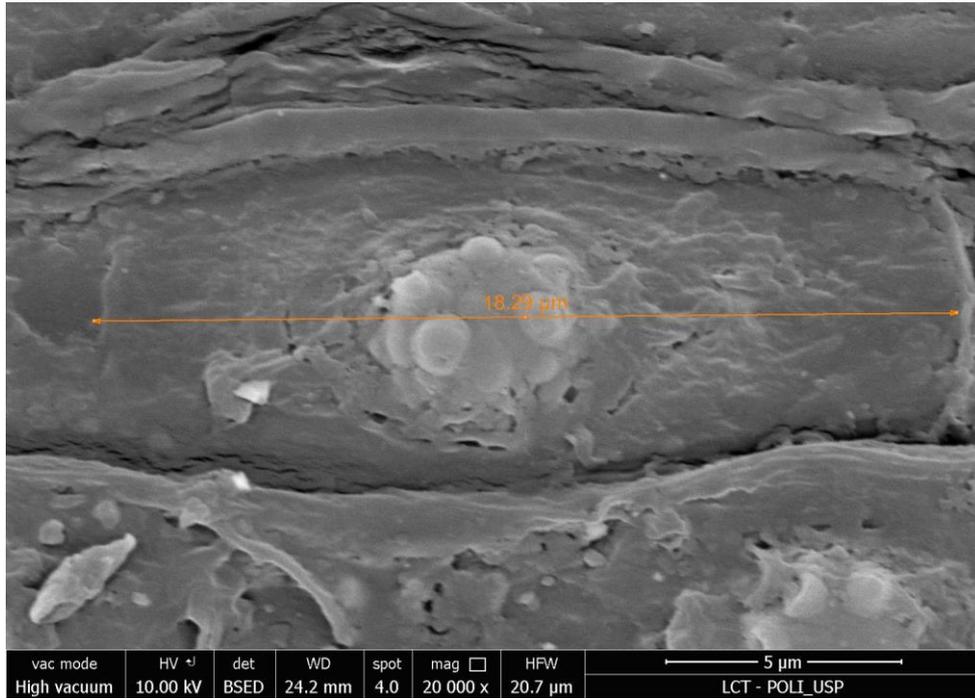
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 72 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 20.000x e 5 μm



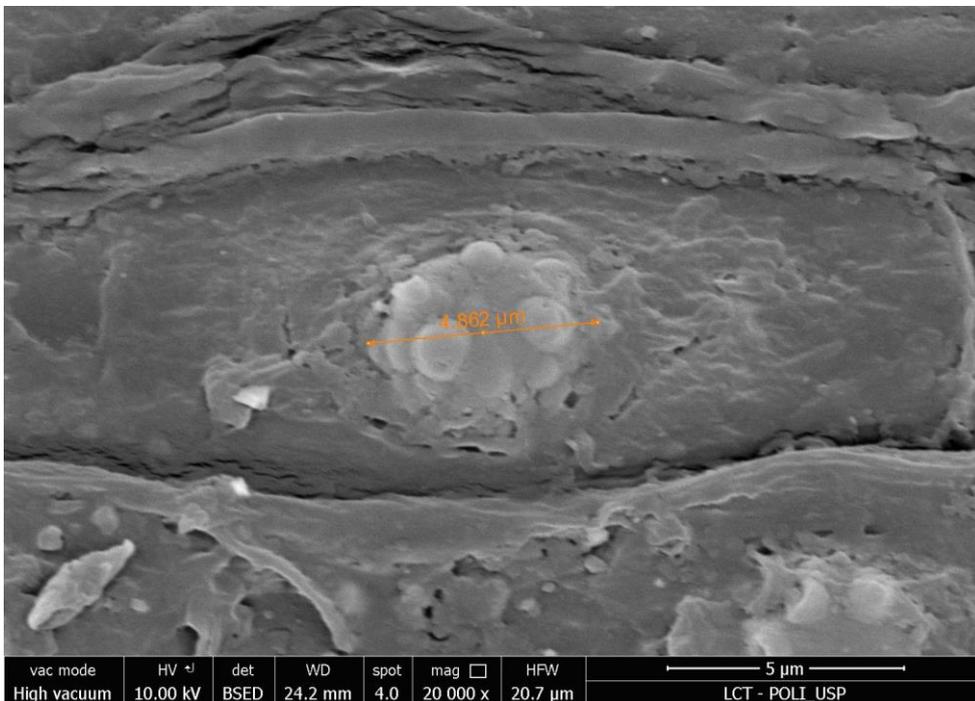
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 73 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 20.000x e 5 μm , com medidas.



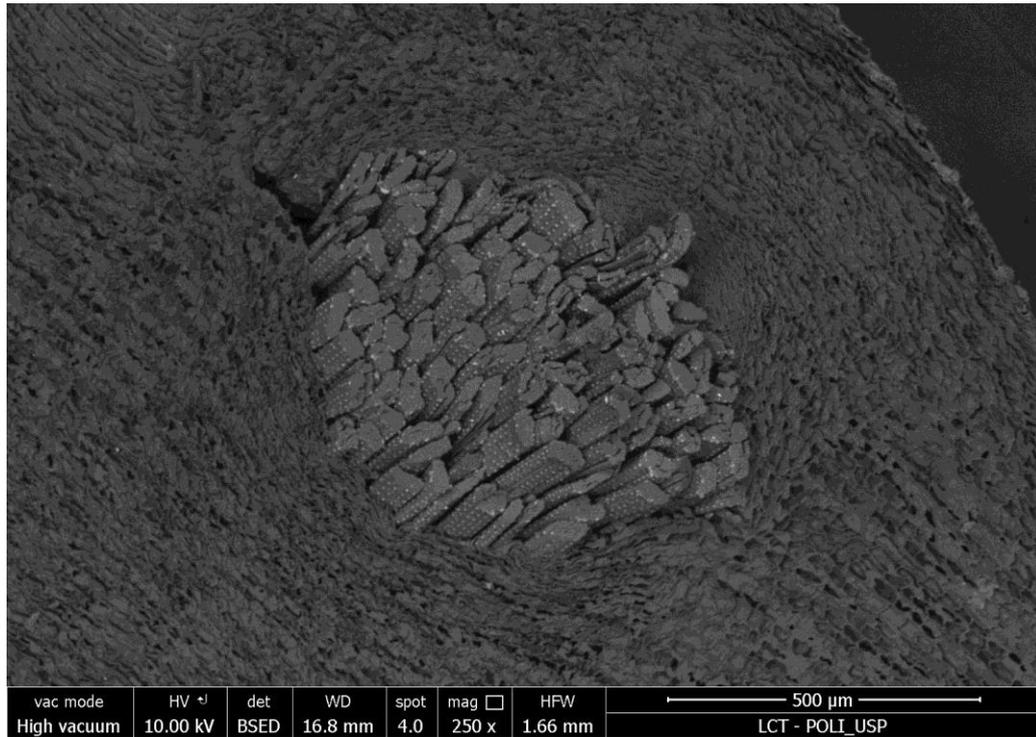
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 74 - Imagens MEV da seção longitudinal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 20.000x e 5 μm , com medidas.



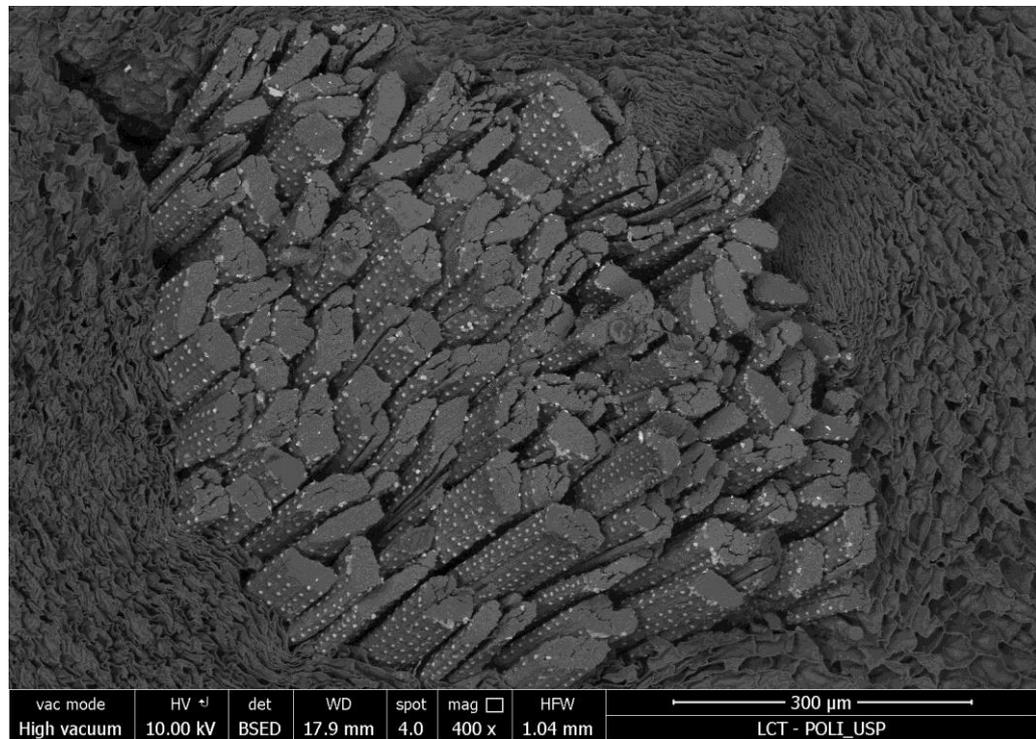
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 75 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 250 x e 500 μm .



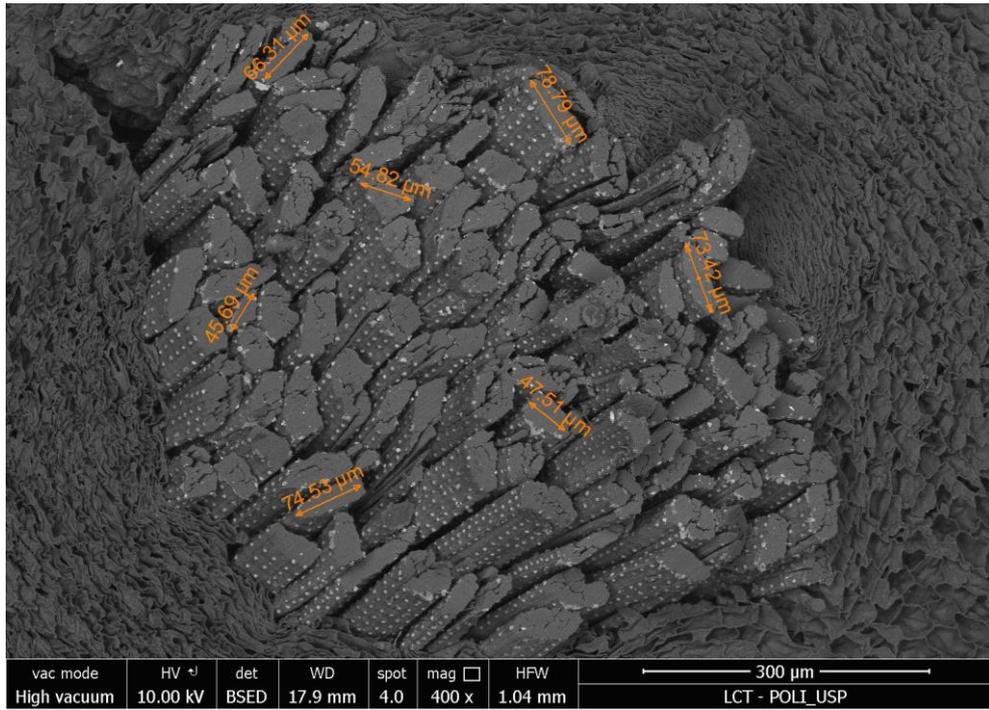
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 76 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 400 x e 300 μm .



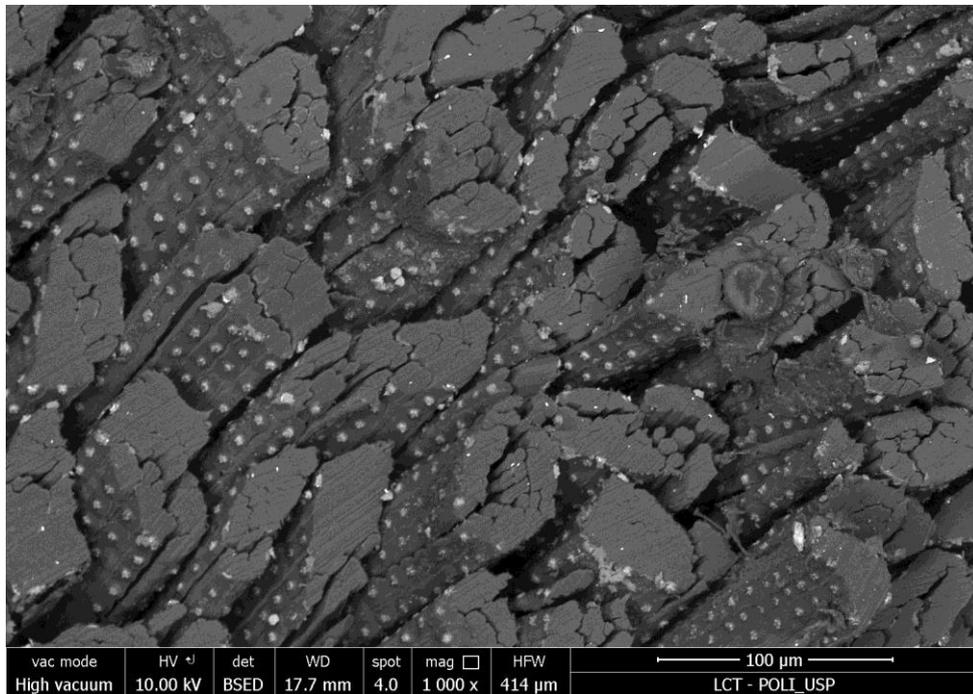
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 77 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 400 x e 300 μm , com medidas.



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

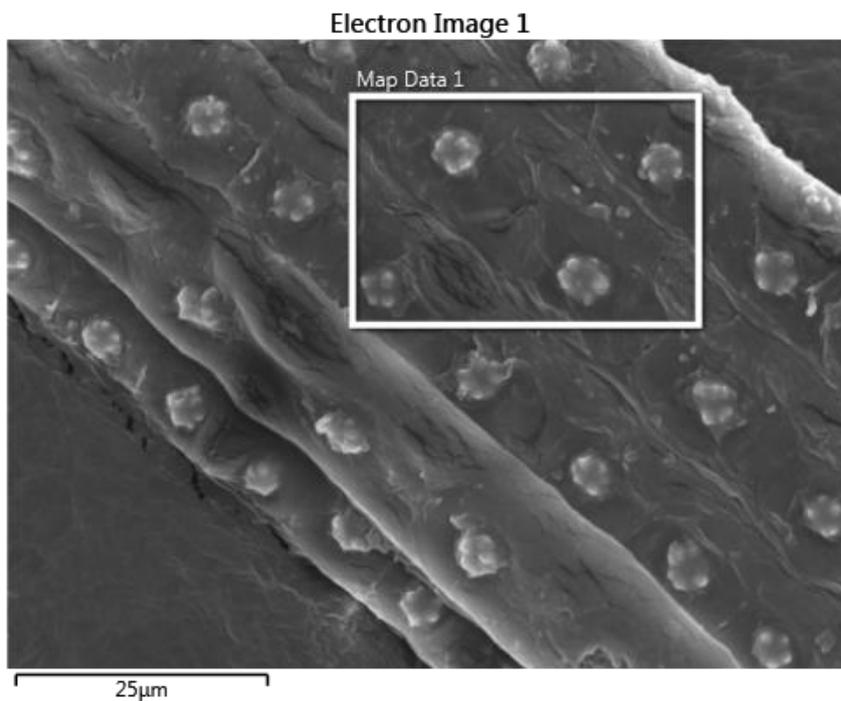
Figura 78 - Imagens MEV da seção transversal da fibra do tucum (*Astrocaryum chambira* Burret) com aumento e escala, respectivamente: 1000 x e 100 μm .



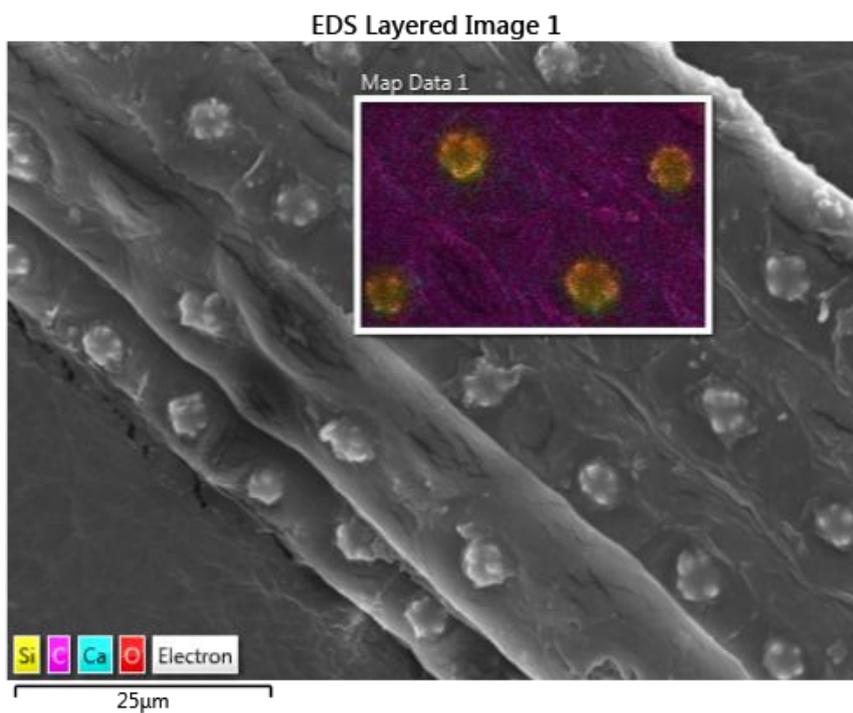
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE D – ANÁLISE POR EDS DAS FIBRAS DE TUCUM

Figura 79 - Análise por EDS nas fibras de tucum (*Astrocaryum chambira* Burret). **(a)** Área ensaiada; **(b)** Resultado por camadas. (Análise 1)



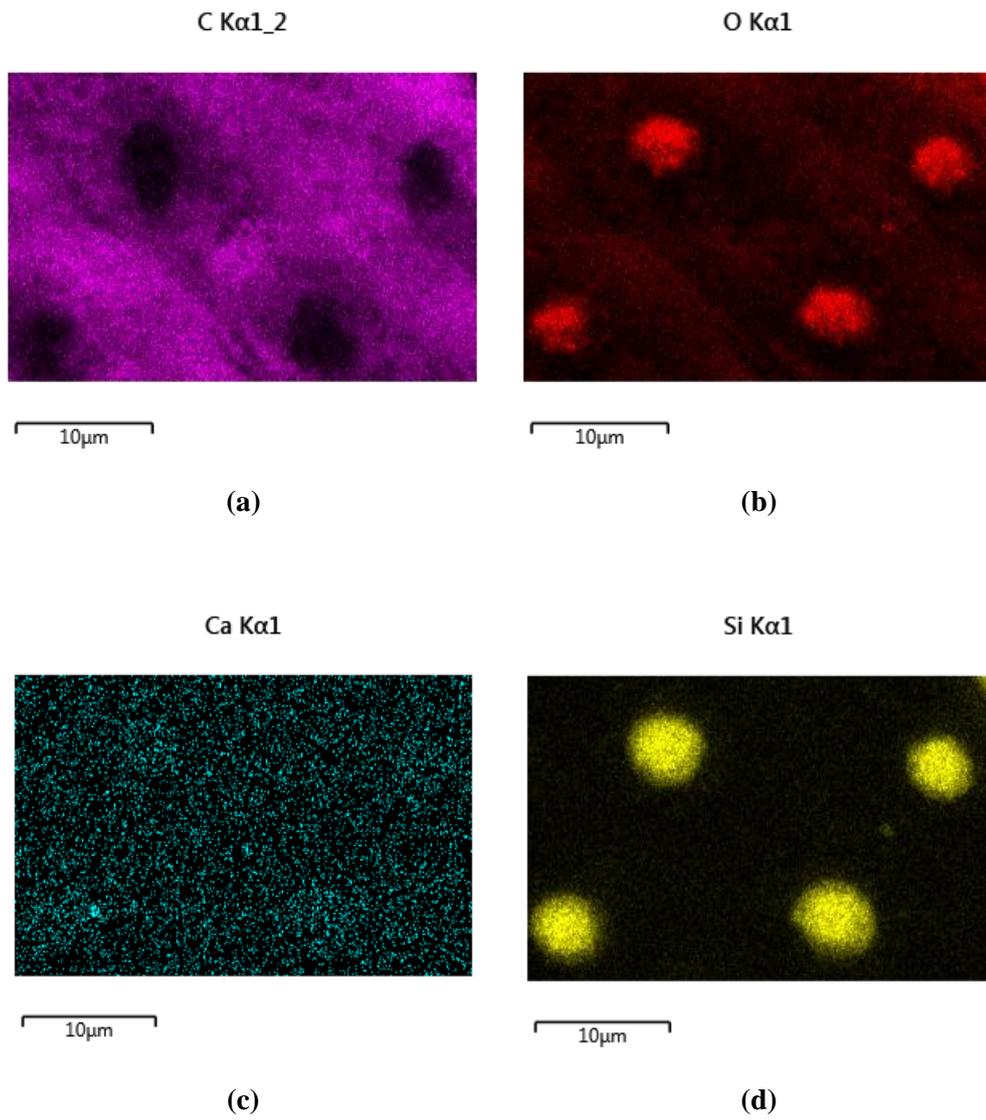
(a)



(b)

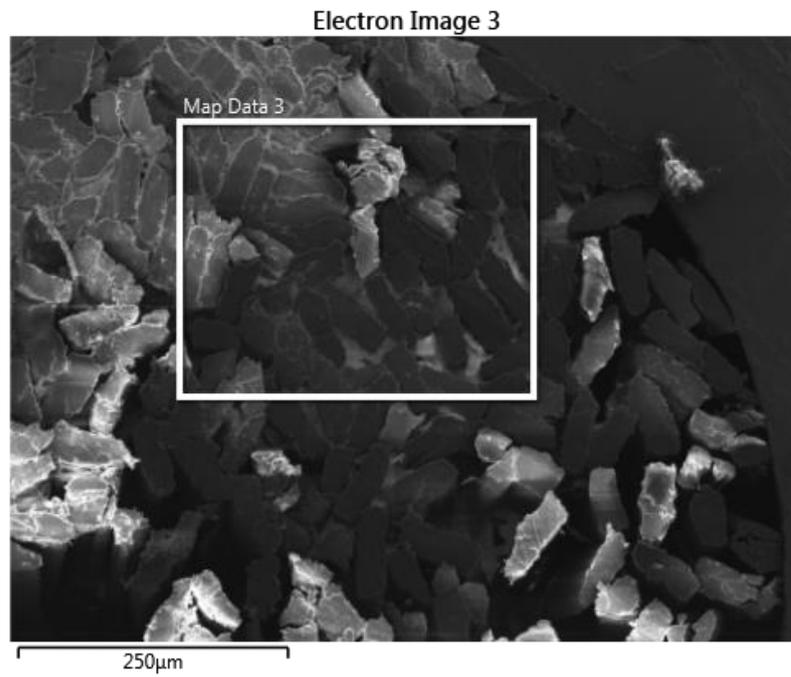
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 80 - Resultado da análise EDS por camadas separadas. (a) Carbono; (b) Oxigênio; (c) Cálcio; (d) Sílica. (Análise 1)

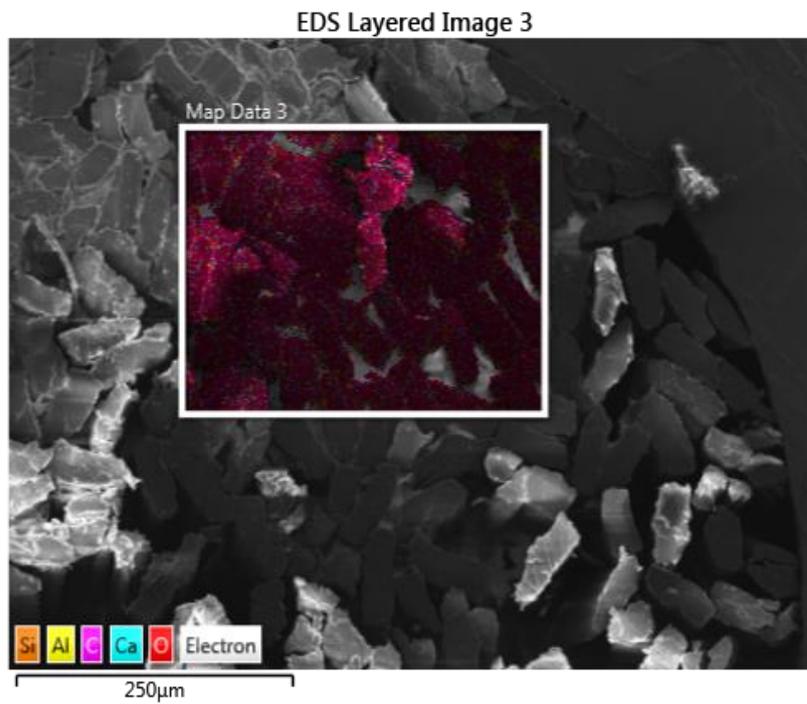


Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 81 - Análise por EDS nas fibras de tucum (*Astrocaryum chambira* Burret). **(a)** Área ensaiada; **(b)** Resultado por camadas. (Análise 2)



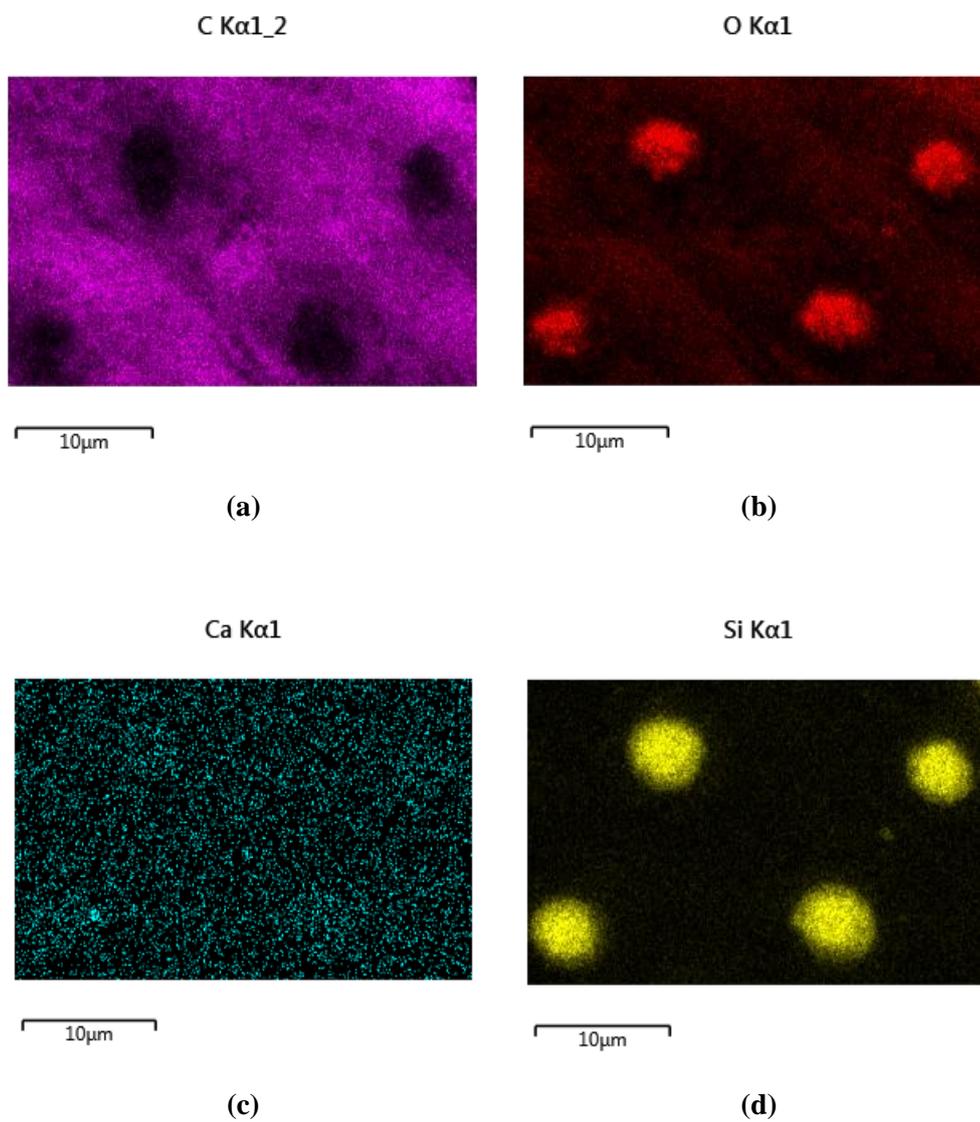
(a)



(b)

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Figura 82 - Resultado da análise EDS por camadas separadas. **(a)** Carbono; **(b)** Oxigênio; **(c)** Cálcio; **(d)** Sílica. (Análise 2)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE E – DENSIDADE DA FIBRA DE TUCUM

Tabela 24 - Densidade da fibra de Tucum

Número da Amostra	P1 (PSI)	P2 (PSI)	Vc (cm3)	Vr (cm3)	Vp Amostra (cm3)	Massa (g)	Densidade (g/cm3)
01	16962,000	6602,000	149,31410	88,10584	11,0565	16,5622	1,497957
02	17515,000	6815,000	149,31410	88,10584	10,9821	16,5622	1,508107
03	17167,000	6681,000	149,31410	88,10584	11,0297	16,5622	1,501595
04	17321,000	6740,000	149,31410	88,10584	10,9984	16,5622	1,505875
05	17271,000	6720,000	149,31410	88,10584	10,9801	16,5622	1,508388
06	17071,000	6641,000	149,31410	88,10584	10,9398	16,5622	1,513944
07	17224,000	6701,000	149,31410	88,10584	10,9560	16,5622	1,511704
08	17267,000	6716,000	149,31410	88,10584	10,8977	16,5622	1,519792
09	17347,000	6747,000	149,31410	88,10584	10,8938	16,5622	1,520336
10	17479,000	6800,000	149,31410	88,10584	10,9491	16,5622	1,512659
Média	17262,400	6716,300	149,314	88,106	10,9683	16,5622	1,510036
Desvio Pad.	169,594	65,388	0,000	0,000	0,0524	0,0000	0,007204

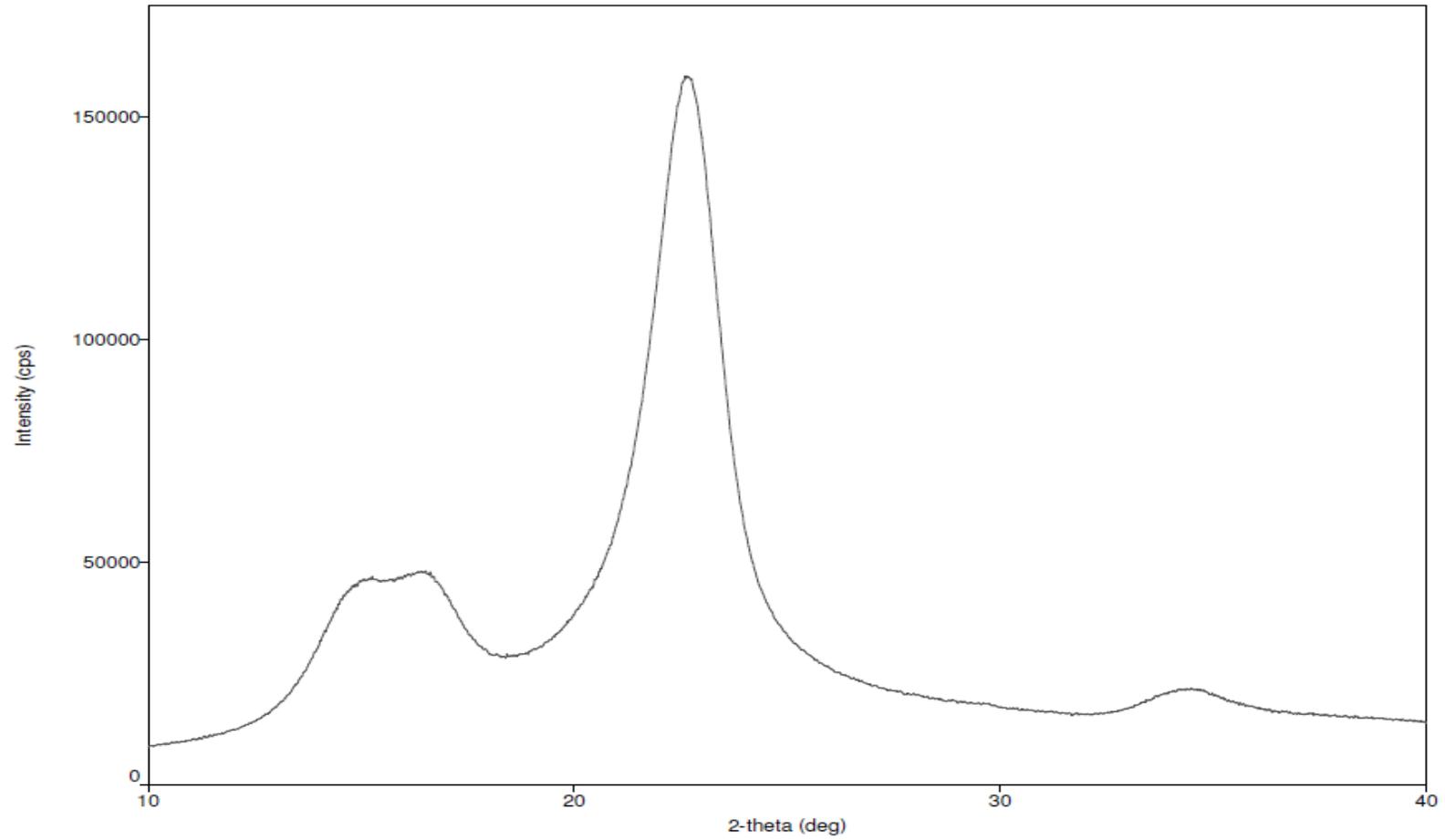
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE F – REGAIN

Tabela 25 - Valores encontrados no ensaio de Regain feito com a fibra de tucum (*Astrocaryum chambira*)

Fibra	Massa original (g)	Massa seca (g)	Regain (%)
1	2,3971	2,1845	9,7%
2	2,5822	2,3562	9,6%
3	1,8159	1,6545	9,8%
4	2,1395	1,9588	9,2%
5	2,0017	1,8239	9,7%
6	1,0167	0,9279	9,6%
7	0,9252	0,8397	10,2%
8	1,6520	1,5013	10,0%
9	1,6703	1,5178	10,0%
10	1,6457	1,5021	9,6%
11	1,3922	1,2675	9,8%
12	1,8552	1,6859	10,0%
13	1,3867	1,2530	10,7%
14	1,9880	1,8067	10,0%
15	1,7366	1,5721	10,5%
16	1,1693	1,0609	10,2%
17	1,9583	1,7764	10,2%
18	1,6608	1,5090	10,1%
19	2,0155	1,8277	10,3%
20	2,3734	2,1588	9,9%
Média	1,7691	1,6092	10,0%
Desv. Padrão	0,443895804	0,405582634	0,34%
CV%	25,09%	25,20%	3,44%

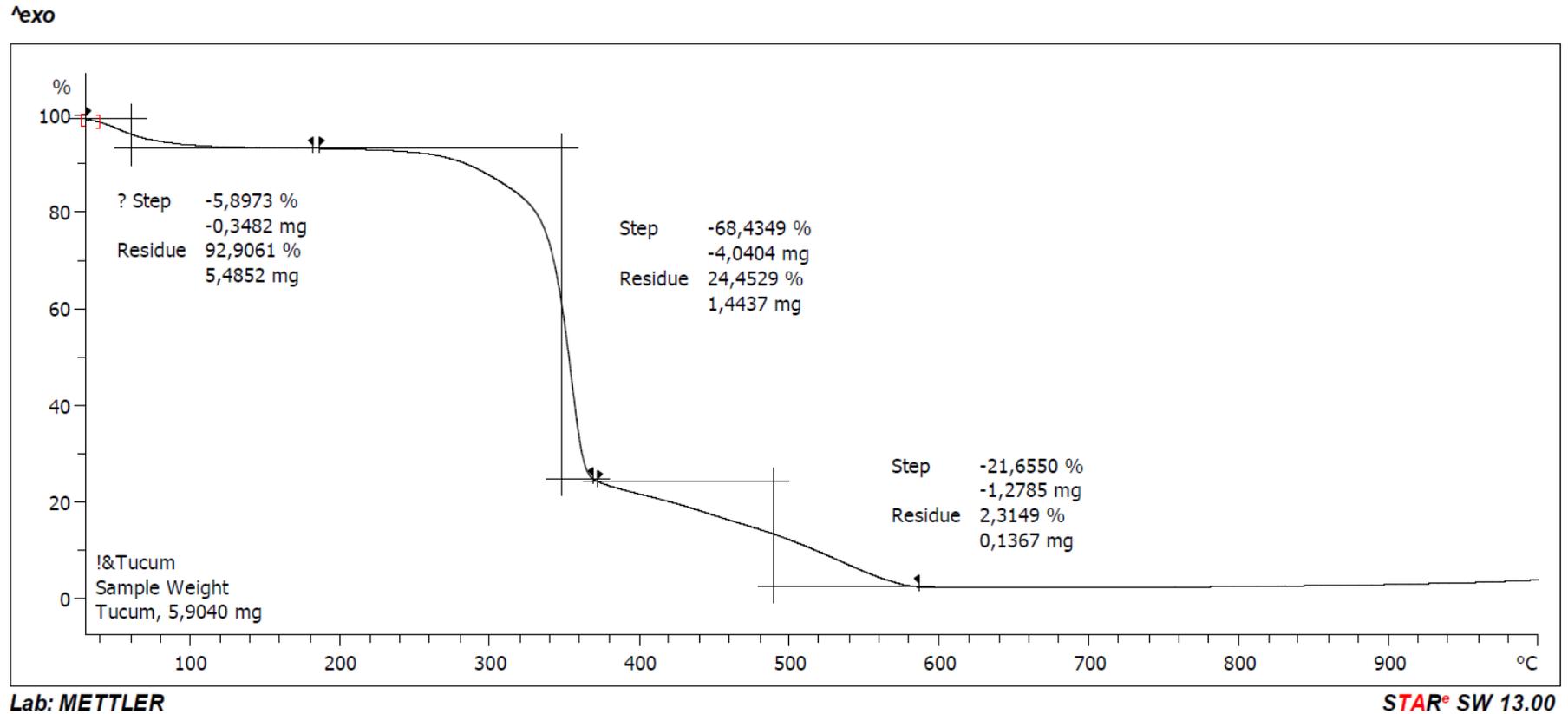
Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE G – SEGUNDA ANÁLISE DRX DAS FIBRAS DE TUCUM**Figura 83** - Difratoograma (DRX) da fibra do Tucum. (I002 = 160000 cps e Iam = 25000 cps). (Análise 2).

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE H – TGA DAS FIBRAS DE TUCUM

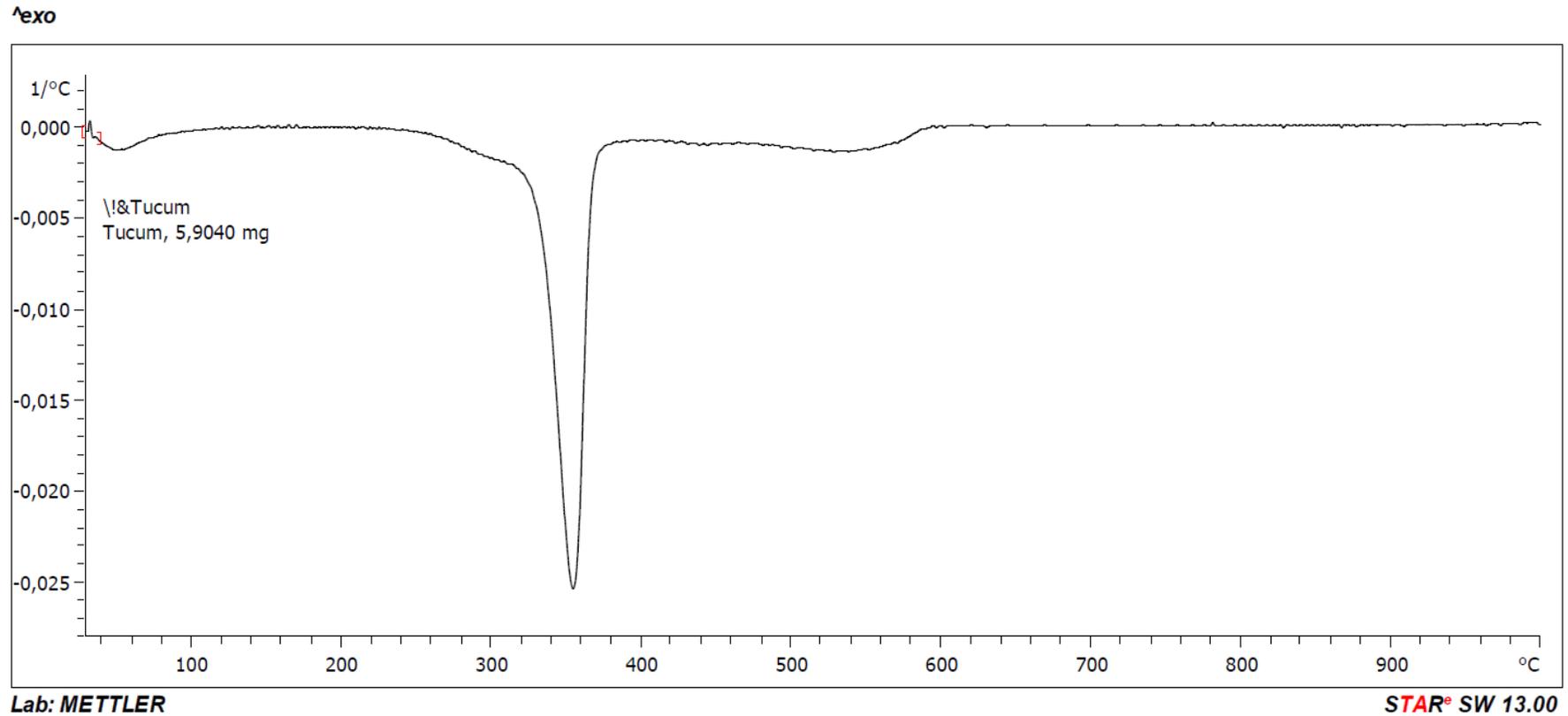
Figura 84 - Curva TGA – Fibras de tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE I – DTG DAS FIBRAS DE TUCUM

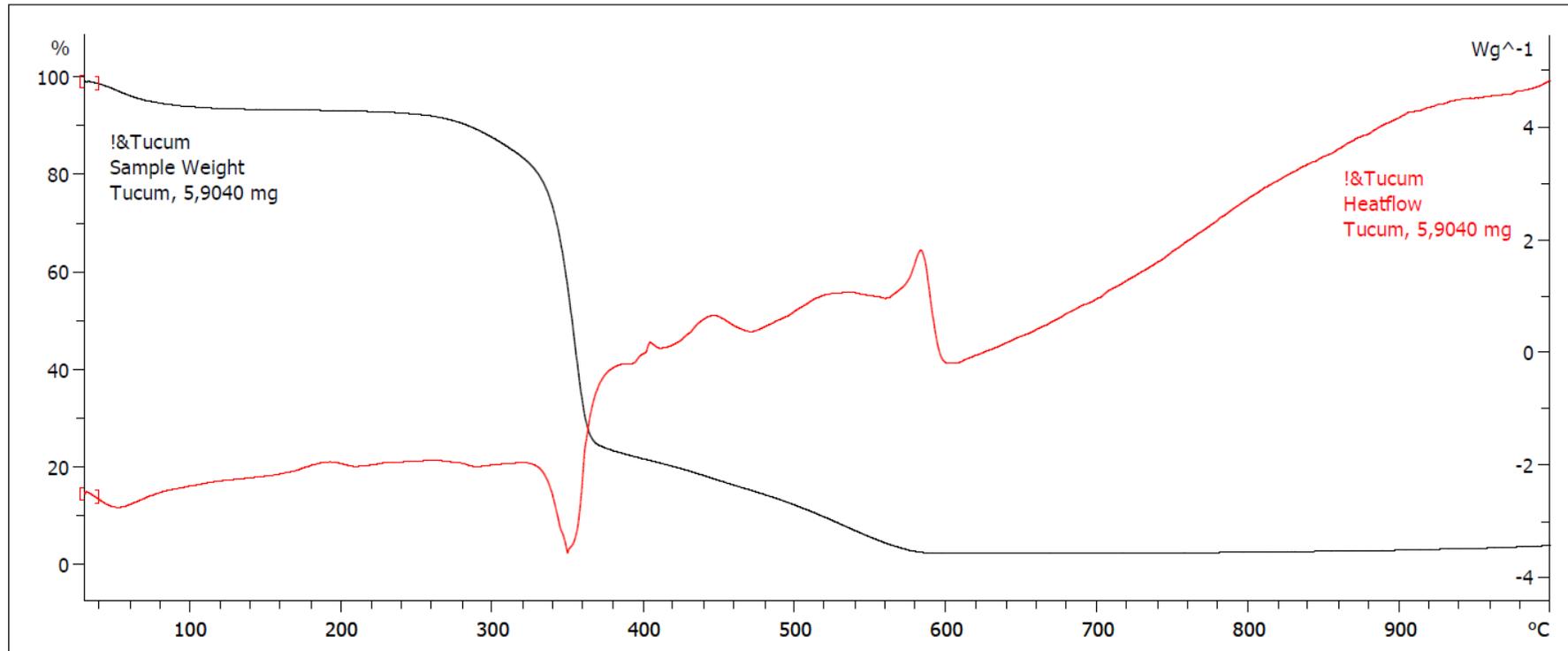
Figura 85 - Curva DTG - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)



Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE J – DSC DAS FIBRAS DE TUCUM**Figura 86** - Curvas DSC e TGA - Fibras do tucum (Thermogravimetric Analyzer Mettler Toledo, model TGA/DSC 2)

^exo



Lab: METTLER

STAR[®] SW 13.00

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

APÊNDICE K –TESTES EM DINAMÔMETRO COM A FIBRA DO TUCUM

Tabela 26 - Valores de Densidade Linear (Tex), Carga Máxima (N), Carga de Ruptura (N) e Tenacidade na Ruptura (cN/Tex) obtidos nos testes em dinamômetro com a fibra de tucum (*Astrocaryum chambira*)

	Densidade Linear (tex)	Carga máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tenacidade na Ruptura (cN/tex)
2	297.3	102.80	94.66	31.84
3	196.6	85.16	79.53	40.46
4	303.1	131.47	123.57	40.77
5	269.1	121.57	118.31	43.96
6	207.4	87.31	84.55	40.77
7	205.3	75.80	75.80	36.92
8	230.7	99.76	96.81	41.97
9	184.3	72.88	54.04	29.33
10	273.2	99.36	96.76	35.41
11	226.2	99.84	98.94	43.75
12	244.1	121.10	118.49	48.54
13	214.5	89.75	84.12	39.22
14	184.4	79.72	79.72	43.24
15	210.8	89.73	84.26	39.98
16	268.8	127.28	124.39	46.27
17	160.7	61.24	58.70	36.52
18	170.3	46.40	43.74	25.68
19	198.0	78.23	78.11	39.45
20	197.3	92.96	87.70	44.45
21	599.3	250.46	242.59	40.48
22	250.7	70.99	65.11	25.97
23	175.3	77.02	74.28	42.36
24	283.9	107.83	100.15	35.27
25	578.6	242.00	236.67	40.90
26	508.2	232.76	230.20	45.29
27	489.2	205.17	202.56	41.40
28	610.9	239.88	234.80	38.44
29	241.0	107.81	105.25	43.68
30	259.7	119.01	113.80	43.81
31	192.9	69.42	61.87	32.08
32	437.9	143.09	126.41	28.87
33	381.6	158.25	143.28	37.54
34	271.1	109.19	103.99	38.35
35	396.4	123.38	120.53	30.40
36	344.4	117.49	103.76	30.13
37	207.5	79.20	76.56	36.90
38	518.5	175.75	172.80	33.33
39	383.8	120.75	115.10	29.99

	Densidade Linear (tex)	Carga máxima (N)	Carga de Ruptura (N)	Tenacidade na Ruptura (cN/tex)
40	294.5	130.74	123.77	42.03
41	389.3	161.88	148.80	38.22
42	479.4	157.34	154.76	32.28
43	461.6	142.68	138.35	29.97
44	325.7	122.07	119.39	36.66
45	341.3	104.81	99.69	29.21
46	567.6	187.45	180.93	31.88
47	376.3	151.81	149.26	39.67
48	258.8	101.79	99.26	38.36
49	477.8	189.64	186.98	39.14
50	316.4	118.29	116.53	36.83
Mean	320.1	124.12	118.94	37.44
Standard	126.477	48.902	48.639	5.559
Coefficient	39.51	39.40	40.89	14.85

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

Tabela 27 - Valores de Alongamento Máxima (mm), Alongamento na Ruptura (mm), % de Alongamento (%) e Módulo Young (N/Tex) obtidos nos testes em dinamômetro com a fibra de tucum (*Astrocaryum chambira*)

	Alongamento Máximo (mm)	Alongamento na Ruptura (mm)	% de Alongamento (%)	Módulo Young (N/tex)
1	1.68	1.77	7.07	8.407
2	1.64	1.69	6.75	8.671
3	1.43	1.54	6.16	10.233
4	1.71	1.77	7.08	8.364
5	1.64	1.76	7.03	9.050
6	1.42	1.53	6.11	9.786
7	1.61	1.61	6.45	7.800
8	1.51	1.56	6.25	9.565
9	1.44	1.55	6.21	9.083
10	1.52	1.56	6.25	8.659
11	1.58	1.66	6.63	9.489
12	1.63	1.69	6.77	9.839
13	1.50	1.56	6.24	9.556
14	1.59	1.59	6.35	8.947
15	1.58	1.64	6.57	8.486
16	1.54	1.60	6.39	11.253
17	1.46	1.53	6.13	8.406
18	1.37	1.41	5.65	6.881
19	1.51	1.59	6.37	7.966
20	1.52	1.58	6.31	9.213
21	1.65	1.72	6.87	8.534
22	1.40	1.54	6.16	6.380

	Alongamento Máximo (mm)	Alongamento na Ruptura (mm)	% de Alongamento (%)	Módulo Young (N/tex)
23	1.62	1.67	6.69	8.748
24	1.52	1.60	6.39	8.283
25	1.58	1.66	6.64	8.716
26	1.70	1.76	7.05	8.290
27	1.54	1.58	6.33	8.658
28	1.70	1.77	7.09	7.462
29	1.64	1.72	6.87	8.741
30	1.61	1.73	6.92	8.621
31	1.33	1.47	5.87	9.020
32	1.62	1.72	6.89	7.140
33	1.70	1.82	7.29	7.491
34	1.51	1.62	6.49	7.643
35	1.58	1.64	6.58	6.813
36	1.53	1.64	6.54	7.087
37	1.48	1.53	6.11	8.187
38	1.44	1.54	6.17	7.743
39	1.55	1.64	6.55	6.913
40	1.73	1.85	7.38	8.394
41	1.63	1.78	7.14	8.020
42	1.59	1.67	6.68	7.119
43	1.55	1.65	6.59	6.354
44	1.56	1.60	6.41	7.680
45	1.64	1.69	6.77	7.204
46	1.50	1.62	6.47	6.922
47	1.59	1.66	6.65	7.579
48	1.46	1.54	6.15	8.542
49	1.74	1.81	7.23	7.179
50	1.55	1.64	6.55	7.586
Mean	1.56	1.64	6.57	8.254
Standard	0.095	0.095	0.381	1.029
Coefficient	6.07	5.81	5.81	12.47

Fonte: Lais Gonçalves de Andrade Pennas

ANEXO I – RESULTADO DE ANÁLISE EM TECIDO DE ALGODÃO FORNECIDO PELO LABORATÓRIO INTERFACE

METODOLOGIAS E RESULTADOS

CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA ENSAIO: ABNT NBR ISO 139:2008

PROCEDIMENTO Nº: INT-LT-01-rev.05

• **TEMPERATURA:** 20,8 °C

• **UMIDADE:** 64,4 %

• **DENSIDADE DE FIOS**

METODOLOGIA	RESULTADOS	
	TRAMA	URDUME
NORMA: ABNT NBR 10588:2008	X = 16,96 fios/cm	X = 35,28 fios/cm
PROCEDIMENTO Nº: INT-LT-27-rev.02		
Nº DE CORPOS-DE-PROVA: 05	Cv = 1,29 %	Cv = 0,95 %

• **RESISTÊNCIA À RUPTURA E % ALONGAMENTO - MÉTODO TIRA**

METODOLOGIA	RESULTADOS			
	TRAMA		URDUME	
	RESISTÊNCIA A RUPTURA	% DE ALONGAMENTO	RESISTÊNCIA A RUPTURA	% DE ALONGAMENTO
NORMA: NBR 11912:2001				
PROCEDIMENTO Nº: INT-LT-26-rev.02	X = 36,93 daN	X = 12,57 %	X = 93,61 daN	X = 7,58 %
EQUIPAMENTO: DINAMÔMETRO KRATOS - K501				
VEL. DOS MORDENTES: 300 mm/min	Cv = 3,07 %	Cv = 1,37 %	Cv = 0,66 %	Cv = 7,82 %
DIST. DOS MORDENTES: 200 mm				