

## **Biometria e verificação do potencial das fibras do xilema secundário de duas espécies de *Theobroma* para a fabricação de papel**

Cassiele Fonseca da Cruz<sup>1</sup>; Alisson Rodrigo Souza Reis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Morfo-anatomia e qualidade da madeira / Universidade Federal do Pará

**Resumo:** A *Theobroma glandiflorum* (willd ex Spreng) K. Schum e *T. cacao* L. conhecidos como cupuaçu e o cacau, respectivamente, são espécies bastantes utilizadas com fins alimentício, entretanto, quando há renovação dos plantios, esses vegetais são descartados sem nenhuma utilização, com isso estudos que reaproveitem esse material torna-se promissores. Assim o objetivo do trabalho foi realizar a biometria dos elementos celulares e investigar o potencial das fibras para fabricação de papel e para isso, utilizou-se a técnica de maceração para a mensuração das dimensões das fibras e dos elementos de vasos e calculou-se o índice de enfeltramento, fração parede, coeficiente de flexibilidade e índice de Rukel. As fibras das espécies são consideradas de tamanho médio, conforme a literatura de classificação, havendo diferença significativa na parede, onde a fibra de cupuaçu é mais espessa. As amplitudes no índice de enfeltramento e no coeficiente de flexibilidade foram maiores no cacau, enquanto que na fração parede e no índice de Runkel foram maiores no cupuaçu. Com isso conclui-se que as fibras de ambas as espécies possuem potencial para tal finalidade. Porém, recomenda-se a confecção e teste do papel utilizando essas fibras para confirmação deste trabalho.

**Palavras-chave:** Cacau, Cupuaçu, reaproveitamento de resíduo.

## **Biometrics and utilization of secondary xylem fibers from two *Theobroma* species for papermaking**

**Abstract:** *Theobroma glandiflorum* (ex-Spreng) K. Schum and *T. cacao* L. known as cupuaçu and cocoa, respectively, are species of fish used with food fins, however, when plants are recovered, these substances are discarded without use. , thereby studying that reusing this material becomes promising. Thus, the objective of this work was to perform a biometrics of the cellular elements and to investigate the potential of papermaking fibers and, for this, to use a maceration technique to measure the dimensions of fibers and tissue elements and to calculate the weakening index., wall fraction, flexibility coefficient and Rukel index. The fibers of the species are of medium size, according to the classification literature, with significant difference in the wall, where the cupuaçu fiber is thicker. Amplitudes with no weakening index and no coefficient of flexibility were higher in cocoa, while in the wall fraction and no Runkel index they were higher in cupuassu. Thus, we conclude that fiber fibers and species have potential for. However, it is recommended to make and

test the paper that uses these fibers to confirm this work.

**Keywords:** Cacau, Cupuaçu, Reuse of waste.

## 1. INTRODUÇÃO

O *Theobroma cacao* L. e *T. grandiflorum* (willd ex Spreng) K.Schum são bastantes conhecidas pela população da Amazônia, como cacau e cupuaçu. Essas espécies são utilizadas, principalmente, com fins alimentícios na fabricação de chocolate e de doces.

Na região da transamazônica o cacau tem a produção bastante expressiva, onde são utilizadas as amêndoas, com comércio nacional e internacional, com produção estimada em 132 mil toneladas por ano. Já o cupuaçu possui produção artesanal e estima-se a produção de 300 toneladas por ano. (CEPLAC, 2019)

As espécies pertencem a família malvaceae Juss e o gênero ocorre nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e sudeste e nos biomas: Amazônia, Cerrado, Mata atlântica e pantanal. Com 13 espécies aceitas, 4 endêmicas e 2 sinônimos. Contudo o cacau ocorre no norte e nordeste e o cupuaçu ocorre somente na região norte do Brasil. (Flora do Brasil, 2019)

Sob o ponto de vista taxonômico, o gênero foi revisado em 1964 realizada por Cuatrecasas (Cuatrecasas, 1964). Rondón & Cumana Campos (2005) realizaram a revisão taxonômica do gênero na Venezuela. Varella et al. (2018) verificaram a estrutura populacional e distribuição espacial de *Theobroma speciosum* no norte do estado do Maranhão.

Como estas espécies são bastantes utilizadas a indústria de alimentos, vários estudos foram e estão sendo desenvolvidos na linha de tecnologia e engenharia de alimentos com destaques para os trabalhos de Sanbongi et al. (1998); Franco & Shibamoto (2000); Golveia et al. (2018); Costa et al. (2015); Kongor et al. (2016); Barros et al. (2016); Genovese & Barros (2017); Borges et al. (2017) e Alvarez-Barreto et al. (2018) que estudaram os componentes presentes na polpa do cupuaçu.

Para o cacau merecem destaque os trabalhos de Arena-de-Souza et al (2016); Osorio et al (2017); Fantinato et al (2018); Guimarães e Durigan (2018); Ferreira et al (2018) os quais avaliaram a produção e produtividade do cacaueiro. Enquanto que Silva et al (2015); Lachenaud (2015); Argout et al (2011); Lachenaud et al (2018) e Alcoforado et al (2019) estudaram a genética do gênero, incluindo as espécies estudadas.

Com tudo um dos maiores problemas dos plantios do cacau e do cupuaçu é a vassoura de bruxa, o qual compromete plantios inteiros. Quanto há o ataque dessa praga os plantios são renovados e a prática usual entre os agricultores, na região norte, é o corte e queima dos plantios, sem a perspectiva de utilização desse resíduo. Com isso, estudo que busquem alternativa para a utilização



desses plantios comprometidos são promissores para o reaproveitamento dessa biomassa.

Uma das alternativas é a utilização desta biomassa para a produção de papel, conforme os trabalhos de Azzini et al. (1996); Pereira et al. (2002); Rocha & Potiguara (2007); Guimarães Junior et al. (2010); Benites et al. (2015); Cardoso & Gonzalez (2016); Wille et al. (2016) e Reis et al. (2018) os quais verificaram o potencial das fibras de diferentes tipos de resíduos para a fabricação de celulose e papel, incluindo lianas, palhas, casca, entre outros.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi realizar a biometria dos elementos celulares e verificar a potencialidade das fibras do xilema secundário para a fabricação de papel dos resíduos de duas espécies do gênero *Theobroma* L.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de cacau e cupuaçu foram realizadas na área urbana da cidade de Altamira-PA, onde foram coletas 5 amostras por indivíduos e a identificação foi feita por comparação a literatura especializada, sites e comparação com material de acervo devidamente identificado.

Para a mensuração dos elementos celulares (fibras e elementos de vaso), utilizou-se o método de Franklin (1945), onde foram retiradas lascas do caule no sentido longitudinal e colocadas em mistura de partes iguais de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (120 volumes), e levadas à estufa a 60°C por 24 horas. Após esse período o material foi lavado em água corrente por várias vezes, até que a solução macerante fosse completamente removida e em seguida foi corado com safranina hidro-alcoólica. Para a observação dos elementos celulares, foram confeccionadas lâminas temporárias, misturando uma pequena quantidade do macerado em gotas de glicerina. As mensurações foram feitas em sistema de análise digital a partir de micrografias tiradas do microscópio- câmera Opticam HD 3.7.

Foram realizadas cinquenta medidas do comprimento, largura da parede e diâmetro do lumem das fibras e largura e diâmetro dos elementos de vasos e calculados o Índice de enfeltramento, Fração parede, Coeficiente de flexibilidade e o índice de Runkel, conforme citado por Foelkel & Barrichelo (1975).



ONDE: CF = C = comprimento das fibras ( $\mu\text{m}$ ); d = diâmetro do lumen ( $\mu\text{m}$ ); e = espessura da parede das fibras ( $\mu\text{m}$ ); L = largura das fibras ( $\mu\text{m}$ ); IE: índice de enfieltramento; FP: fração parede (%); Coeficiente de Flexibilidade (%); IR: índice de Runkel.

O índice de Runkel foi usado para classificar as fibras em cinco classes de acordo com sua indicação para a produção de papel: grupo I (até 0,25) – excelente; grupo II (de 0,25 a 0,50) – muito boa; grupo III (de 0,50 a 1,0) – boa para o papel; grupo IV (de 1,0 a 2,0) – regular; grupo V (acima de 2,0) – não serve para papel (Paula & Alves, 1997).

O delineamento experimental inteiramente casualizado, aplicando o teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do software *Statgraphics Centurion*.

### 3. RESULTADOS

Na tabela 01 observa-se os valores do comprimento, largura e diâmetro das fibras das espécies são semelhantes, exceto a espessura da parede, onde as fibras de cupuaçu são mais espessas, com valores variando entre 705,31 a 1387,58 para o comprimento; 6,55 à 17,24 para largura; 1,03 à 6,90 espessura da parede e 2,76 à 12,41 para o diâmetro do lumen.

Para os elementos de vaso a amplitude para o comprimento foi de 7,59 a 151,72, enquanto que a largura variou entre 53,75 a 143,75 verificando-se uma maior amplitude nos elementos de cupuaçu.

Tabela 01: Dados biométricos da fibra e dos elementos de vaso em *Theobroma cacao* L. e *T. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.

| BIOMETRIA DOS ELEMENTOS CELULARES                           |            |         |       |      |                  |        |        |  |
|-------------------------------------------------------------|------------|---------|-------|------|------------------|--------|--------|--|
| ESPÉCIE                                                     | FIBRA      |         |       |      | ELEMENTO DE VASO |        |        |  |
|                                                             |            | Comp.   | Larg. | esp. | diam.            | Comp.  | L      |  |
| <i>Theobroma cacao</i> L.                                   | MÍN.       | 760,08  | 6,55  | 1,03 | 2,10             | 13,79  | 53,75  |  |
|                                                             | MÁX.       | 1387,58 | 15,52 | 3,45 | 12,07            | 131,03 | 131,25 |  |
|                                                             | MÉDIO      | 1077,20 | 10,54 | 2,03 | 6,46             | 77,95  | 88,28  |  |
|                                                             | DESV PAD   | 170,72  | 2,00  | 0,42 | 2,07             | 32,11  | 20,53  |  |
|                                                             | COEF. VAR. | 0,16    | 0,19  | 0,21 | 0,32             | 0,37   | 0,59   |  |
| <i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum. | MÍN.       | 705,31  | 7,93  | 1,72 | 2,76             | 7,59   | 56,25  |  |
|                                                             | MÁX.       | 1352,38 | 17,24 | 6,90 | 12,41            | 151,72 | 143,75 |  |
|                                                             | MÉDIO      | 1073,87 | 12,00 | 3,20 | 5,59             | 91,57  | 83,13  |  |
|                                                             | DESV PAD   | 149,10  | 2,11  | 0,92 | 2,09             | 34,82  | 19,92  |  |
|                                                             | COEF. VAR. | 0,14    | 0,18  | 0,29 | 0,37             | 0,38   | 0,24   |  |

No índice de enfieltramento houve uma variação de 55,16 a 178,38, para fração parede foi de 23,53 a 95,23, o coeficiente de flexibilidade variou entre 16 à 131,58 e o índice de Runkel foi de 0,34 à 3,33 (cupuaçu). As amplitudes foram maiores no cacau no índice de enfieltramento e coeficiente de flexibilidade, enquanto que na fração parede e índice de Runkel as maiores

amplitudes foram nas fibras de cupuaçu, conforme exibido na tabela 02.

Tabela 02: Índices de qualidade das fibras de *Theobroma cacao* L. e *T. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.

| ÍNDICES DE QUALIDADE DE FIBRAS PARA FABRICAÇÃO DE PAPEL E CELULOSE |            |         |        |         |       |
|--------------------------------------------------------------------|------------|---------|--------|---------|-------|
| ESPÉCIE                                                            |            | IE      | FP     | CF      | IR    |
| <b><i>Theobroma cacao</i> L.</b>                                   | MÍN.       | 66,79   | 23,53  | 27,27   | 0,34  |
|                                                                    | MÁX.       | 178,38  | 57,14  | 131,58  | 1,82  |
|                                                                    | MÉDIO      | 105,56  | 39,37  | 63,23   | 0,69  |
|                                                                    | DESV PAD   | 25,97   | 8,53   | 23,30   | 0,27  |
|                                                                    | COEF. VAR. | 0,25    | 0,22   | 0,37    | 0,39  |
| <b><i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.</b> | MÍN.       | 55,168  | 31,250 | 16,000  | 0,444 |
|                                                                    | MÁX.       | 145,863 | 95,238 | 120,000 | 3,333 |
|                                                                    | MÉDIO      | 90,844  | 53,869 | 47,861  | 1,302 |
|                                                                    | DESV PAD   | 24,139  | 12,929 | 19,219  | 0,605 |
|                                                                    | COEF. VAR. | 0,266   | 0,240  | 0,402   | 0,464 |

#### 4. DISCUSSÃO

Os comprimentos das fibras de ambas as espécies foram classificados como médias de acordo com a classificação do IAWA (1989) que classifica as fibras medias de 900 a 1600  $\mu\text{m}$ . Classificação semelhante as das fibras da madeira de oito espécies do cerrado estudadas por Benites et al. (2015), de nove espécies de lianas caracterizadas por Reis et al. (2018) e das fibras de uma espécie de Cyperaceae verificada por Wille et al. (2016). Contudo divergindo do tamanho das fibras de arecaceae, que tendem ser maiores e classificadas como longas conforme observa-se nos trabalhos de Rocha & Potiguara (2007) e Pereira et al. (2002). Segundo Miranda et al (2012) o comprimento da fibra pode influenciar na resistência do papel a tração e ao arrebatamento.

Nas larguras das fibras, as espécies apresentaram variação de valores de 6,55  $\mu\text{m}$  à 17,24  $\mu\text{m}$  e a fibra do cupuaçu é mais delgada do que a fibra do cacau, e de acordo com Miranda et al. (2012) fibras mais largas reduzem a resistência do papel ao arrebatamento.

Os valores da espessura da parede variaram de 1,03 a 6,90, sendo classificados como bons, e Rocha & Potiguara (2007) afirmam que o espessamento da parede da fibra está ligado com a resistência mecânica e com o coeficiente de flexibilidade, paredes mais espessas são mais resistentes, porém menos flexíveis.

No índice de enfiamento as duas espécies apresentaram valores superiores a 50, mostrando uma boa resistência ao rasgo, o mesmo ocorreu no trabalho Florsheim et al (2009) onde estudou Eucalipto e Reis et al. (2018) estudando lianas. Foelkel & Barrichelo (1975) citam que para se ter uma boa resistência as fibras esse valor deve ser acima de 50

O cupuaçu não obteve o índice fração parede acima de 40 %, isso indica que suas fibras são rígidas, e consequentemente, produzira celulose de má qualidade. Foelkel & Barrichelo (1975)

comentam que a Fração Parede e o Índice de Enfeltramento estão relacionados diretamente à resistência ao rasgo e quanto menor a fração parede menor a qualidade da pasta celulósica.

O cacau apresentou o maior valor no coeficiente de flexibilidade que significa que suas fibras são consideradas mais flexíveis do que as fibras do cupuaçu. Segundo Foelkel & Barrichelo (1975), os maiores valores desse coeficiente caracterizam as fibras mais flexíveis, facilitando as ligações entre as mesmas, acrescentando resistência ao papel.

No índice de Runkel o Cacau se enquadrou ao grupo III, considerada boa para fabricação de papel e o cupuaçu no grupo IV considerada regular, resultados semelhantes aos trabalhos de Reis et al. (2018); Benites et al. (2015) e Wille et al. (2016).

## 5. CONCLUSÕES

Ambas as espécies possuem potencial para a fabricação de papel, entretanto recomenda-se a fabricação do mesmo e teste técnicos-científicos no papel fabricado dessas espécies.

## 6. REFERÊNCIAS

Alcoforado AT, Pedrozo CÂ, Mayer MM, Lima-Primo HE. Repeatability of morpho-agronomic characters of *Theobroma grandiflorum* fruits. Revista Brasileira Fruticultura, 2019, 41, 1-7.

Alvarez-Barreto JF, Quintero D, Rodríguez M, Rea R, Sosa D. Evaluation of phenolic compounds, lignin, amino acids and carbohydrates in *Theobroma cacao* L. From three different climate regions in venezuela. Emirates Journal of Food and Agriculture, 2018, 30, 522-530.

Arenas-de-Souza MD, Rossi AA, Varella TL, Silveira GF, Souza SA. Stigmatic receptivity and pollen viability of *Theobroma subincanum* Mart.: fruit species from the amazon region. Revista Brasileira de Fruticultura, 2016, 38, 1-7.

Argout X., Salse J., Aury JM., Guiltinan MJ, Droc G, Gouzy J, . . . Lanaud C. The genome of *Theobroma cacao*. Nature Genetics, 2011, 43, 101-108.

Barros HR, García-Villalba R, Tomás-Barberán FA, Genovese MI. Evaluation of the distribution and metabolism of polyphenols derived from cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) in mice gastrointestinal tract by UPLC-ESI-QTOF. Journal of Functional Foods, 2016, 22, 477-489.

Benites PK, Gouvêa AD, Carvalho AM, Silva FC. Caracterização anatômica das fibras de oito espécies florestais do Cerrado de Mato Grosso do Sul para a produção de papel. Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 2015, 06, 88-93.

Borges SF, Pires VP, Sampaio RM, Vélez HA. Estudo do comportamento reológico e estabilidade da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Revista Brasileira de Iniciação Científica, 2017, 04, 61-75.

Cardoso MS, González JC. Aproveitamento da casca do coco-verde (*Cocos nucifera* L.) para produção de polpa celulósica. Ciência Florestal, 2016, 26, 321-330.



Costa MP, Frasao BS, Silva AC, Freitas MQ, Franco RM, Conte-Junior CA. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 2015, 98, 5995-6003.

Cuatrecasas J. Cacao and its allies: A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contr. U.S. Natl. Herb*, 1964, 379-614.

Fantinato DE, Zanetti LV, Aguilar MA, Souza CA, Cuzzuol GR, Gama VN, Milanez CR. Effects of silicon on biochemical and physiological aspects in *Theobroma cacao* under inoculation with *Moniliophthora perniciosa*. *Revista de Ciências Agrárias*, 2018, 41, 841-848.

Ferreira KR, Rocha JD, Surui J, Vendruscolo J, Cavalheiro WC. Efeito da luminosidade em plantas de *Theobroma cacao* em sistema agroflorestal, na aldeia Ĝapğir, Terra Indígena Sete de Setembro, Rondônia. *Cadernos de Agroecologia*, 2018, 13, 1-8.

Flora do Brasil. *Theobroma* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2019. Acesso em 02 de Setembro de 2019, disponível em Flora do Brasil: <http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23617>.

Florsheim SM, Couto HT, Lima IL, Longui EL. Variação nas dimensões dos elementos anatômicos da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos sete anos de idade. *Revista do Instituto Florestal*, 2009, 21, 79-91.

Foelkel CE, Barrichelo LE. Relação entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. 1975, 02-207.

Franco MR, Shibamoto T. Volatile Composition of Some Brazilian Fruits: Umbu-caja (*Spondias citherea*), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Aracü a-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuacü (*Theobroma grandiflorum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48, 1263-1265.

Franklin GL. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood – resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, 1945, 155, 51.

Genovese MI, Barros HR. *Theobroma cacao* and *Theobroma grandiflorum*: Bioactive Compounds and Associated Health Benefits. *Bioactive Molecules in Food*, 2017, 1-22.

Golveia JC, Santiago MF, Sales PT, Sartoratto A, Ponezi AN, Thomaz DV, . . . Bara MT. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) residue and its potential application in the bioremediation of 17-A-ethinylestradiol as a *Pycnoporus sanguineus* laccase inducer. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 2018, 48, 541-548.

Guimarães PV, Durigan MF. Crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçuzeiros em sistema agroflorestal no estado de Roraima, Brasil. 2018, 11, 278-295.

Iawa Committee. List of microscope features for hardwood identification. *IAWA Bull. New Ser*, 1989, 10, 1-332.

Kongor JE, Hinneh M, Walle DV, Afoakwa EO, Boeckk P, Dewettinck K. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review. *Food Research International*, 2016, 82, 44-52.

Lachenaud P. Wild cacao trees (*Theobroma cacao* L.) in French Guiana. Academic Journal of Suriname, 2015, 06, 555-560.

Lachenaud P, Clément D, Argout X, Scalabrin S, Doaré F. The Guiana cacao genetic group (*Theobroma cacao* L.): a new core collection in French Guiana. Botany Letters, 2018, 165, 248–254.

Osorio MA, Leiva EI, Ramírez RP. Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. Revista de Ciencias Agrícolas, 2017, 34, 73-82.

Paula JE, Alves JL. Madeiras Nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília, Distrito Federal, Brasil. 1997

Pereira SD, Muñoz GI, Nisgoski S, Ceccantini, G. Morfologia e densidade básica das folhas de tucum (*Bactris inundata* Martius) como fonte de fibras celulósicas para papel. Ciência Florestal, 2002, 12, 39-48.

Reis ARS, Araújo SM, Piovesan, PRR. The potential use of Fabaceae lianas fibers in papermaking. European Journal of wood and wood products, 2018, 76, 1761-1763.

Rocha CB, Potiguara RCV. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. murumuru Mart. (Arecaceae). Acta Amazônica, 2007, 37, 511-516.

Rondón JB, Cumana Campos LJ. Revisión taxonómica del Género *Theobroma* (Sterculiaceae) en Venezuela. Acta Botanica venezolica, 2005, 28, 113-133.

Sanbongi C, Osakabe N, Natsume M, Takizawa T, Gomi S, Osawa T. Antioxidative Polyphenols Isolated from *Theobroma cacao*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46, 454-457.

Silva BM, Rossi AA, Dardengo JF, Silva CR, Silva IV, Silva ML, Silva CJ. Genetic structure of natural populations of *Theobroma* in the Juruena National Park, Mato Grosso State, Brazil. Genetics and Molecular Research, 2015, 14, 10365-10375.

Varella TL, Rossi AA, Souza MD, Silveira GF, Cochev JS, Toledo JJ, Silva CJ. Estruturapopulacional e distribuição espacial de *Theobroma speciosum* Willd. ex Spreng no norte do estado de Mato Grosso. Ciência Florestal, 2018, 28, 115-126.

Wille VK, Pedrazzi C, Ludtke R, Gatto DAR, Coldebella R. Produtividade e descrição morfológica das fibras de junco (*Schoenoplectus californicus* (C.A.Mey.) Soják - Cyperaceae) para produção de polpa e papel. Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), 2016, 7 (01) 36-41.