

**MORFOLOGIA E DENSIDADE BÁSICA DAS FOLHAS DE TUCUM (*Bactris inundata* Martius)
COMO FONTE DE FIBRAS CELULÓSICAS PARA PAPEL**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DENSITY OF TUCUM (*Bactris inundata* Martius)
PALMS LEAVES FOR PAPER PRODUCTION**

Sanatiel de Jesus Pereira¹ Graciela Inés Bolzon de Muñiz² Silvana Nisgoski³ Gregório Ceccantini⁴

RESUMO

Este trabalho trata da avaliação das características morfológicas e da densidade das palhas provenientes das folhas da palmácea *Bactris inundata* Martius. A densidade básica das folhas de tucum (*Bactris inundata*) apresentou-se bastante uniforme no momento da sua determinação, tendo sido observado um valor médio de 0,342 g/cm³. *Bactris inundata* apresentou duas fibras diferenciadas pelas suas características morfológicas. Uma, com comprimento médio de 0,69 mm, largura de 10,56 µm, lume de 2,63 µm e espessura da parede de 3,97 µm, classificada como curta; outra, com comprimento médio de 2,33 mm, largura de 7,66 µm, lume de 1,85 µm e espessura da parede de 2,91 µm, classificada como longa. A fibra “A” de *Bactris inundata* apresentou um baixo coeficiente de flexibilidade (25,12%) e um razoável índice de enfiamento (66,85). A fibra “B” de *Bactris inundata* apresentou um baixo coeficiente de flexibilidade (24,09%) e um altíssimo índice de enfiamento (313,59). As relações entre as dimensões das fibras indicaram que estas podem ser utilizadas na produção de papel *kraft* com bons índices de resistência físico-mecânica em algumas de suas propriedades.

Palavras-chave: *Bactris*, tucum, morfologia, densidade.

ABSTRACT

This work aims at making an evaluation of the morphological characteristics and density of fibers obtained from straws of *Bactris inundata* palms leaves. A value of 0,342 g/cm³ was found for the basic density. *Bactris inundata* presented two different fibers due to their morphological characteristics: Fiber A, with average fiber length of 0,69 mm, width of 10,56 µm, lumen width of 2,63 µm and cell-wall thickness of 3,97 µm, classified as short; Fiber B, with length of 2,33 mm, width of 7,66 µm, lumen width of 1,85 µm and cell-wall thickness of 2,91 µm, classified as long. The fiber “A” of *Bactris inundata* presented a low coefficient of flexibility of 25,12%, and a rather high felting index of 66,85. The fiber “B” of *Bactris inundata* presented a low coefficient of flexibility (24,09%), and a high felting index (313,59). The relationship between fibers dimensions indicated that they could be used in kraft production with good indexes of physical-mechanical resistance in some properties.

Key words: *Bactris*, tucum, morphological, density.

INTRODUÇÃO

As palmeiras encontram-se distribuídas, principalmente, entre os Trópicos de Capricórnio e Câncer, e são motivo de controvérsias com relação ao número de espécies entre botânicos do mundo inteiro que já se aventuraram a contá-las. Henderson, Galeano e Bernal (1995) afirmaram que são aproximadamente 200 gêneros e 1.500 espécies de palmeiras em todo o mundo e que destas, 67 gêneros e 550 espécies ocorrem naturalmente nas Américas. Para Kahn (1997), a família das palmeiras compreende um pouco mais de 200 gêneros e 2.800 espécies.

1. Engenheiro Civil, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Desenho e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Campus universitário do Bacanga, CEP 65080-040, São Luiz (MA). sanatiel@uol.com.br
2. Engenheira Florestal, Dr^a., Professora Titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR).
3. Engenheira Florestal, Doutoranda pela Universidade Federal do Paraná, Rua Lothário Meissner, 3400, Jardim Botânico, Campus III, CEP 80210-170, Curitiba (PR). Bolsista da CAPES.
4. Biólogo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, Bairro Juvevê, CEP 80035-050, Curitiba (PR).

A maior parte dos autores encontrados na literatura sobre palmeiras concordam que a maior área de ocorrência destas, nas Américas, está na Região Amazônica que inclui uma área aproximada de 6,5 milhões de quilômetros quadrados de extensão. Henderson (1994) estimou que 34 gêneros e 189 espécies e variedades ocorrem nessa região. Moscoso (1945), de forma pragmática, disse que parece ser o Brasil a pátria das palmeiras americanas.

A palmeira de tucum (*Bactris inundata* Martius) apresenta troncos, geralmente, em touceiras ou algumas vezes solitários, eretos, com 3 a 8 m de altura e 8 a 12 cm de diâmetro, armados com espinhos negros. Folhas pinadas densamente armadas de espinhos negros, em número de 5 a 9. Inflorescência interfoliar. Frutos de cor esverdeada, globosos, com 3 a 5 cm de comprimento.

No Brasil, o tucum ocorre nos estados do Mato Grosso, Goiás e Maranhão. Ocorre também na Bolívia. Encontrado, geralmente, em áreas abertas de solos variáveis, podendo ocorrer tanto em beiras de rios e igarapés, como em terrenos arenosos (Alves e Demattê, 1987).

Os índios usavam as fibras (*Tycumbó*) das folhas para fazer corda, cordões, redes, etc. Tiravam delas um fino linho, com aparência de seda, que faziam linhas de pescar torcidas à mão que, de tão rijas, não quebravam com peixe algum (Lisboa, 1968). As folhas, até hoje, fornecem fibras utilizadas no artesanato de muitas regiões na confecção de artigos como redes, cordas, sacolas, etc. (Freire, 1996; Pereira e Lobo, 1994a; 1994b). O endosperma é apreciado como alimento tanto humano como pelos animais.

Muito embora as palmeiras estejam disponíveis a séculos no Brasil, muito pouca literatura é encontrada na área de exploração tecnológica das palmeiras, deixando, apenas disponíveis, informações que seguem métodos e técnicas artesanais, sem um valor econômico contábil para a maior parte das regiões do País.

Considerando o real potencial que representam as palmeiras no Brasil, particularmente da região amazônica do norte e nordeste, como matérias-primas alternativas em várias áreas de utilização industrial, com base no emprego, total ou parcial, desses vegetais, este trabalho tem por objetivo determinar as características morfológicas das fibras celulósicas obtidas valendo-se das folhas das *Bactris inundata* Martius e fornecer subsídios para os seus usos como matéria-prima alternativa na obtenção de polpa e papel, baseados nas principais relações das suas dimensões.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Baseado nas reservas naturais de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) existentes no estado do Pará, Costa *et al.* (1974) produziram o primeiro trabalho importante de tecnologia voltada à produção de celulose e papel com base em material proveniente de palmáceas. A pesquisa utilizou como matéria-prima para a produção de pasta celulósica o estipe e as folhas separadamente de palmeiras adultas. Pelos resultados das experiências realizadas nesse trabalho, ficou concluído pelos autores que as fibras do estipe da *Euterpe oleracea* prestam-se ao preparo de papéis para fins industriais e as da folha para papéis finos.

O segundo trabalho importante, que trata das possibilidades da utilização da *Euterpe oleracea* como matéria-prima alternativa para as indústrias de celulose e papel, foi desenvolvido por Melo *et al.* (1975). A matéria-prima para a produção de celulose e papel viria do aproveitamento do estipe do açazeiro, subproduto do processo de exploração do palmito. Os exames micrográficos mostraram que os valores médios característicos da fibra encontrados foram de 4,00 mm para o comprimento, de 37,72 µm para largura, de 7,94 µm para diâmetro do lume e 14,89 µm para espessura de parede. De acordo com os autores, pela dispersão em relação ao comprimento das fibras (valor mínimo 2,50 mm e máximo 6,10 mm), estas pertencem à classe de fibras muito longas, e as relações entre as suas dimensões, podem prever altas resistências ao rasgo em razão do alto índice de enfiamento (106,1), como em contrapartida, baixa resistência à ruptura em consequência do baixo coeficiente de flexibilidade (0,21%). Adiantam que, em razão dessas características, as fibras de *Euterpe oleracea* deverão produzir papel de elevada resistência ao rasgo e de média para baixa resistência à ruptura, podendo servir como material de incorporação na fabricação de papel valendo-se de polpas de fibras curtas.

Quatro espécies de sisal (*Agave*) tiveram as características anatômicas de suas folhas analisadas por Azzini e Ciaramello (1977) visando à sua utilização como suprimento de matéria-prima em indústrias

brasileiras de celulose. Nesse estudo as espécies analisadas, *Agave sisalana*, *Agave marginata*, *Agave fourcroydes* e *Agave amaniensis* tiveram suas fibras classificadas como longas, aproximando-se bastante das fibras das coníferas.

O bambu é outra matéria-prima classificada como não-arbórea, que apresenta um grande potencial como fonte fornecedora de fibras longas para a indústria papeleira. No estudo das potencialidades de *Bambusa vulgaris* para a produção de papéis tipo *kraft*, Gomide *et al.* (1982) compararam as propriedades dessa espécie com *Pinus elliottii*, matéria-prima considerada por excelência fornecedora de fibras longas. Em relação às suas características anatômicas, *Bambusa vulgaris* apresenta fibras com um comprimento médio de 2,75 mm, largura média de 17,23 μm e diâmetro médio do lume de 6,85 μm com espessura de parede média de 5,19 μm .

Um dos trabalhos mais significativos sobre a ocorrência do bambu em uma região brasileira foi feito por Corrêa *et al.* (1977), pesquisando as características papeleiras dos bambus nativos da região amazônica do Acre. Corrêa e Frazão (1994) retornaram posteriormente a essa avaliação, tendo em vista a evolução das pesquisas ocorridas sobre bambu no Brasil e no Mundo nesse período. Ao contrário do bambu exótico (*Bambusa vulgaris*), mais conhecido como bambu da China, existente nas regiões Sudeste e Nordeste, na Amazônia os bambus nativos, que recebem a denominação de *taboca*, existem pelo menos em dois gêneros: *Guadua* e *Nastus*. As espécies *Guadua angustifolia*, *Guadua glomerata* e *Guadua morim* ocorrem principalmente na Ilha de Marajó. *Nastus amazonicus*, existindo principalmente no Alto Purus. A espécie *Guadua superba* cresce nas terras altas do Amazonas e Acre. A densidade encontrada para o bambu pesquisado foi da ordem de 0,64. Os valores médios de comprimento das fibras variaram de 0,95 a 3,6 mm, da largura de 12 a 19 μm , e diâmetro do lume de 6 a 9 μm .

Azzini *et al.* (1988) determinaram a densidade básica do colmo, as características anatômicas e o rendimento em fibras celulósicas em progênies de *Bambusa tuldoides* Munro. Os autores verificaram que as progênies de *Bambusa tuldoides* apresentaram acentuada variação na densidade básica dos colmos, com valores médios variando de 0,407 a 0,712 g/cm^3 . Os rendimentos, em fibras celulósicas, não apresentaram diferenças significativas entre si, variando de 45,67 a 58,78%, mostrando que essa característica não influencia na densidade básica do colmo. O comprimento médio das fibras celulósicas da espécie *Bambusa tuldoides* (1,97 mm) e o de suas progênies (1,49 a 3,17 mm) ocuparam uma posição intermediária entre as fibras de eucaliptos (1,00 mm) e pinus (3,50 mm). Verificaram que a menor densidade (0,407 g/cm^3) foi oriunda de colmos de fibras com maior lume (4,86 μm).

As características anatômicas, químicas e celulósicas do bagaço de quatro variedades de cana-de-açúcar foram estudadas por Barrichello *et al.* (1976), utilizando, para a produção de celulose, o processo soda. Os comprimentos médios das fibras das variedades ensaiadas variaram de 1,11 a 1,30 mm; os comprimentos mínimos variaram de 0,65 a 0,87 mm e os comprimentos máximos variaram de 1,87 a 2,41 mm. A largura média das fibras variou de 19,6 a 21,3 μm e o diâmetro médio dos lumes de 10,0 a 11,6 μm . A espessura média das paredes das fibras variou de 4,6 a 5,0 μm . As relações encontradas entre as dimensões das fibras aproximaram-se dos valores normalmente encontrados para folhosas.

No caule da mandioca Azzini *et al.* (1996a) observaram que as frações lenhosas forneceram fibras mais curtas (0,77 a 0,96 mm) que as liberianas (1,71 a 2,61 mm). Concluíram que as relações entre as dimensões das fibras indicaram valores adequados à produção de celulose e papel com boas características físico-mecânicas.

Azzini *et al.* (1996b) estudaram a palha de cana-de-açúcar como matéria-prima alternativa para a obtenção de fibras celulósicas para papel. Esse material, classificado como um resíduo fibroso, apresentou, como características anatômicas, valores médios de comprimento das fibras de 1,24 mm, de espessura da parede de 4,33 μm , diâmetro do lume 4,15 μm e 12,80 μm para a largura da fibra.

Tomazello Filho e Azzini (1988) pesquisaram de forma detalhada a variação e estrutura dos colmos de *Bambusa vulgaris* em cinco diferentes porcentagens da altura dos colmos e verificaram uma variação na estrutura no sentido transversal e longitudinal. Os valores médios do comprimento das fibras apresentaram uma variação de 2,79 a 3,34 mm, a largura uma variação de 18,9 a 20,3 μm , o diâmetro do lume de 4,6 a 5,5 μm , a espessura de 7,2 a 7,8 μm . A densidade básica média variou de 0,67 a 0,81 g/cm^3 .

Restos vegetais da cultura da mamona como matéria-prima alternativa para a produção de celulose foram estudados por Azzini *et al.* (1981a). Concluíram, nesse trabalho, que as fibras liberianas e lenhosas do caule de mamona, comparativamente às fibras de pinus e eucalipto, podem ser classificadas como longas e curtas respectivamente. Posteriormente, Azzini *et al.* (1984), estudaram novamente os resíduos agrícolas de mamona para a produção de celulose e papel utilizando os processos alcalinos soda e sulfato. A densidade básica encontrada nos caules e ramos da mamona foi de 0,228 g/cm³. Como no estudo anterior, as características micrométricas mostraram que as fibras do liber são extremamente longas (5,51 mm), contrastando com as do lenho que são curtas (0,87 mm). Os autores, baseados nos valores encontrados para as características do papel encontrado, deixam evidente a possibilidade técnica do resíduo da mamona ser utilizado como matéria-prima para a produção de celulose e papel, mas ressaltam que o principal inconveniente é o elevado teor de medula (21,17%) que por não ser fibrosa, influi negativamente no rendimento em celulose e no consumo de reagentes químicos.

Estudando seis variedades de juta, Azzini *et al.* (1986) encontraram no caule uma densidade básica que variou de 0,270 a 0,335 g/cm³, e as fibras liberianas com comprimento médio variando de 1,99 a 2,14 mm e as lenhosas de 0,70 a 0,82 mm. Concluíram que, levando-se em consideração as variedades e as características tecnológicas estudadas, existem possibilidades técnicas de produzir celulose e papel valendo-se dos caules de juta.

Com o objetivo de avaliar o potencial do rami (*Boehmeria nivea*) como matéria-prima alternativa para a produção de celulose e papel, após a extração das fibras liberianas, Spoladore *et al.* (1984) determinaram as dimensões das fibras do lenho do caule. Concluíram, pelas características micrométricas, que as fibras lenhosas do caule que apresentam valores médios de comprimento de 0,57 mm, diâmetro do lume de 11,85 µm, espessura de parede celular de 5,92 µm e largura de 23,7 µm, são fibras extremamente curtas, com baixo potencial de utilização para produção de matéria-prima celulósica, podendo ser empregadas em misturas com fibras mais longas.

MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi coletado das folhas novas de tucum, palmácea da espécie nativa *Bactris inundata* Martius, coletadas na Fazenda Vila Regina, à margem esquerda do rio Preguiça, em frente ao Povoado São Domingos, município de Barreirinhas, no Estado do Maranhão, Brasil.

As folhas novas colhidas, retiradas próximas das apicais, diferenciam-se das outras por, geralmente, ainda não estarem expandidas. Do material coletado foram retirados, de forma manual, os folíolos para sua caracterização tecnológica e obtenção de polpa celulósica. Após sofrer secagem natural ao ar livre, durante dois dias, as amostras foram cortadas posteriormente, de forma manual, com auxílio de uma tesoura e reduzidas a pedaços de comprimento de aproximadamente 2,5 cm. A seguir, foram identificados e armazenados em sacos plásticos.

Foram avaliadas a densidade básica e características morfológicas. A densidade básica do material foliar foi calculada em corpos de prova em triplicata pela relação entre a massa seca da amostra determinada em estufa à temperatura de 105±3°C, até peso constante, e seu volume saturado em água, determinado pelo deslocamento da água em proveta graduada conforme procedimento preconizado por Azzini *et al.* (1981b).

Para a caracterização morfológica foram confeccionadas lâminas permanentes no Laboratório de Anatomia da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. O material, depois de desintegrado, foi submetido à coloração com safranina a 1% em solução alcoólica, desidratado em série alcoólica crescente, passando logo ao acetato de butila e montadas com Entellan.

Para as mensurações dos elementos celulares individuais, feitas com o auxílio de microscópio óptico Carl Zeiss de ocular micrométrica com filamento móvel, seguiram-se as recomendações de Muñiz e Coradin (1991) e da Norma COPANT (C30: 1-19/74).

As mensurações das fibras foram obtidas com o auxílio de ocular micrométrica, sendo tais valores posteriormente multiplicados pelo coeficiente micrométrico. A média dos resultados do exame micrométrico representa a média da mensuração de 100 fibras medidas em 10 lâminas. A classificação das fibras seguiu as recomendações da Norma COPANT (C30: 1-19/74).

Pela análise microscópica das fibras das espécies estudadas, foram determinadas as seguintes características das fibras: Comprimento da fibra (l); Diâmetro da fibra (D); Diâmetro do lume (d) e Espessura da parede celular (e), calculada como a metade da diferença entre o diâmetro da fibra e o diâmetro do lume.

Valendo-se das características levantadas, foram calculadas as principais relações entre as dimensões das fibras, consideradas importantes para a produção de celulose para papel e que estão relacionadas às propriedades físico-mecânicas do papel produzido. Essas relações foram determinadas conforme preconizam Milanez e Foelkel (1981) e Azzini *et al.* (1984).

Coefficiente de flexibilidade (CF), dado pela relação entre o diâmetro do lume (d) e o diâmetro da fibra (D), expressa em porcentagem: $CF = (d/D) \cdot 100$.

Fração parede (FP), dada pela relação entre a espessura da parede da celular (e) e o raio da fibra (D/2), expressa em porcentagem: $FP = (2e/D) \cdot 100$.

Índice de enfiamento (IE), dado pela relação entre o comprimento (l) e o diâmetro (D) da fibra: $IE = l/D$.

Índice de Runkel (IR), dado pela relação entre duas vezes a espessura da parede celular (e) e o diâmetro do lume (d): $IR = 2e/d$.

Índice de Boiler (IB), dado pela relação entre as diferenças dos quadrados do diâmetro da fibra (D) e o diâmetro do lume (d) sobre a soma dos quadrados do diâmetro da fibra (D) e o diâmetro do lume (d): $IB = (D^2 - d^2) / (D^2 + d^2)$.

Índice de Mulsteph (IM), dado pela relação entre as diferenças dos quadrados do diâmetro da fibra (D) e o diâmetro do lume (d) sobre o diâmetro da fibra (D): $IM = (D^2 - d^2) / D^2$.

Os valores encontrados compreendem a média de cada índice para cada fibra. Foi adotado esse critério por ter-se verificado que os valores médios das características encontradas, quando utilizadas na obtenção desses índices, divergem em alguns valores, prejudicando, com isso, a análise real desses índices.

Para cada uma das dimensões encontradas, assim como dos índices calculados, foram determinados os valores médio, máximo, mínimo, desvio-padrão e coeficiente de variação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Densidade Básica

A densidade básica das folhas de tucum (*Bactris inundata*) apresentou-se bastante uniforme no momento da sua determinação, tendo sido observado um valor médio de 0,342 g/cm³.

Os valores observados para a densidade das folhas de *Bactris inundata* foram superiores aos encontrados para o lenho de *Crotalaria juncea* L. (0,255g/cm³ e 0,286g/cm³) por Azzini *et al.* (1981b e 1993) e de 6 variedades de *Corchorus sp.* (0,270 - 0,335g/cm³) por Azzini *et al.* (1993). A densidade de *Bactris inundata* ainda é superior a de *Agave sisalana* Perr. (0,230g/cm³) observada por Azzini *et al.* (1989). Entre as não-madeiras, a densidade dessa matéria-prima se encontra inserida nos valores encontrados por Bugajer *et al.* (1983) para o caule de *Gossypium sp.* (0,253-0,391g/cm³). Para as madeiras de uso comum, na produção de papel, a densidade de *Bactris inundata* encontra-se próxima aos valores observados para *Pinus elliottii* (0,316g/cm³), *Pinus taeda* (0,347g/cm³) e *Pinus caribaea* (0,353g/cm³) por Foelkel *et al.* (1975).

Esses valores são relativamente baixos quando comparados com os encontrados nas matérias-primas empregadas na produção de celulose e papel, como as não-madeiras exóticas, *Bambusa vulgares* Schrad (Azzini *et al.*, 1988; Tomazello Filho e Azzini, 1988) que variaram de 0,428g/cm³ a 0,810g/cm³ e *Bambusa tuldoides* Munro (Azzini *et al.*, 1988) que apresenta uma densidade média de 0,646g/cm³. Para o bambu nativo do Acre, Corrêa *et al.* (1977) e Corrêa e Frazão (1994) observaram valores de densidade em torno de 0,64g/cm³ e 0,42g/cm³ (*Guadua weberbaueri* Pilger) respectivamente.

Caracterização Morfológica

Na análise microscópica, efetuada na lâmina foliar e no material macerado de *Bactris inundata*, foi verificado a ocorrência de duas fibras com características anatômicas bem-diferenciadas (Figura 1). Uma longa, dominante, com comprimento médio de fibra igual a 2,33 mm (Fibra B) e outra, extremamente curta (Fibra A), com comprimento médio de 0,69 mm (Tabela 1 e 2).

Pelo comprimento médio das Fibras A (0,69 mm) de *Bactris inundata* e, pela frequência dos intervalos de comprimento dados na Tabela 3, a COPANT classifica essas fibras como extremamente curtas. Esses comprimentos se encontram inseridos no grupo das fibras do lenho da crotalária (0,71-0,83 mm) e da juta (0,70-0,82 mm) observados por Azzini *et al.* (1981b) e Azzini *et al.* (1986). Tais comprimentos ainda foram observados na casca de amendoim (0,57-0,67 mm) por Azzini *et al.* (1983a) e de rami (0,55-0,58 mm) por Spoladore *et al.* (1984). Esse valor se encontra também entre os grupos das fibras da medula do bagaço de cana-de-açúcar (0,49-0,55 mm) observados por Barrichelo *et al.* (1976), e da soqueira de algodão (0,76-0,82mm) observada por Cronis (1985).

A largura das Fibras “A” de *Bactris inundata* variou de um máximo de 15,00 μm a um mínimo de 7,5 μm para um desvio-padrão de 1,76. A largura média encontrada foi de 10,56 μm , sendo inferior a todas as fibras encontradas na literatura, chegando perto da largura média das fibras de palhas de cana-de-açúcar (12,80 μm) e do valor inferior do sorgo (10,64-17,11 μm) encontrados por Azzini *et al.* (1996b) e Azzini *et al.* (1983b). O diâmetro médio do lume na faixa da Fibra “A” (2,63 μm) de *Bactris inundata* só se encontra no bambu (2,45-2,71 μm) e no sorgo (2,26-5,67 μm) observados por Azzini *et al.* (1988; 1983b).

A espessura média da parede (3,97 μm) das Fibras “A” de *Bactris inundata* encontra-se em uma faixa muito inferior à maioria de espécies não-arbóreas, entretanto, está na mesma faixa dos eucaliptos (3,64-4,12 μm) observados por Marques *et al.* (1979), Cronis (1985) e Machado *et al.* (1987).

O Coeficiente médio de Flexibilidade (25,12%) baixo demonstra que essas fibras têm pouco colapso, pouca superfície de contato e pouca união fibra-fibra (Istas *et al.*, 1954), conseqüentemente, podendo apresentar, no papel, baixa resistência à tração e ao arrebentamento. O Índice médio de Enfeltramento (66,85), que se encontra em patamares equivalentes aos de *Pinus* (Folkel *et al.*, 1975), mostra uma tendência de boa resistência ao rasgo. O valor alto do índice de *Runkel* (3,18) ainda deixa a Fibra “A” da folha de *Bactris inundata* fora dessa classificação.

TABELA 1: Características morfológicas e propriedades das fibras de *Bactris inundata* Martius “Fibra A”, medida de 100 fibras.

Características Morfológicas/Propriedades	Dimensões das Fibras				
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio-padrão	CV (%)
Comprimento da fibra (mm)	0,69	1,16	0,42	0,16	23,18
Largura da fibra (μm)	10,56	15,00	7,50	1,59	15,06
Diâmetro do Lume (μm)	2,63	5,00	1,25	0,63	23,96
Espessura da Parede (μm)	3,97	5,00	2,50	0,73	18,39
Coeficiente de Flexibilidade (%)	25,12	50,00	12,50	5,67	22,57
Índice de Enfeltramento	66,85	120,00	34,40	17,4	26,03
Fração Parede (%)	74,88	87,50	50,00	5,67	7,57
Índice de <i>Runkel</i>	3,18	7,00	1,00	0,95	29,87
Índice de Boiler	0,88	0,97	0,60	0,05	5,68
Índice de Mulsteph	0,93	0,98	0,75	0,03	3,23

O comprimento das Fibras “B” de *Bactris inundata* variou de um valor mínimo de 1,22 mm a um valor máximo de 4,00 mm, tendo um valor médio de 2,33 mm para um desvio-padrão de 0,53.

As Fibras “B” das folhas de *Bactris inundata* apresentam um comprimento médio (2,33 mm) muito superior aos valores observados para a Fibra “A” (0,69 mm). O valor médio alcançado permite a sua classificação, de acordo com a COPANT, como fibras muito longas. Não deixa de ser interessante observar, por meio da Tabela 3, que a maior parte das fibras estão concentradas na frequência acima de 2,00 mm (72%). Levando em consideração as características das Fibras “A”, esse fato, provavelmente, venha conferir

alguma propriedade adicional a essas fibras. Esse comprimento de fibras coloca as Fibras “B” de *Bactris inundata* em uma posição acima da maioria das espécies não-arbóreas, chegando perto das fibras de bambu (2,24-3,34 mm) e do sisal (2,14-2,94 mm).

A largura média, das Fibras “B” (7,66 μm), caiu para valores inferiores a da Fibra “A” (10,56 μm). O valor encontrado para a largura média da Fibra “B” das folhas de *Bactris inundata* torna a fibra mais fina em toda literatura pesquisada sobre fibras celulósicas de espécies não-arbóreas. Somente em fibras de palha de cana-de-açúcar (12,80 μm), espécie não-arbórea de largo uso na produção de celulose e papel, e de palha de arroz (12,00 μm), encontram-se valores tão baixos (Azzini *et al.* 1996b; Cahen *et al.*, 1984).

TABELA 2: Características morfológicas e propriedades das fibras de *Bactris inundata* Martius “Fibra B”, medida de 100 fibras.

Características Morfológicas/Propriedades	Dimensões das Fibras				
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio-padrão	CV (%)
Comprimento da fibra (mm)	2,33	4,00	1,22	0,53	22,75
Largura da fibra (μm)	7,66	12,50	5,00	1,28	16,71
Diâmetro do Lume (μm)	1,85	3,75	1,25	0,65	35,14
Espessura da Parede (μm)	2,91	5,00	1,88	0,56	19,24
Coefficiente de Flexibilidade (%)	24,09	50,00	14,29	7,56	31,38
Índice de Enfeltramento	313,59	533,33	122,00	91,66	29,23
Fração Parede (%)	75,91	85,71	50,00	7,56	9,96
Índice de Runkel	3,55	6,00	1,00	1,33	37,46
Índice de Boiler	0,88	0,96	0,60	0,07	7,95
Índice de Mulsteph	0,94	0,98	0,75	0,04	4,26

O diâmetro do lume, da Fibra “B” variou de um mínimo de 1,25 μm para um máximo de 3,75 μm , tendo como valor médio 1,85 μm que o caracteriza como uma das menores dimensões encontradas para o lume de uma fibra. O bambu (*Bambusa vulgares* Schrad), das espécies não-arbóreas, fornecedoras de matérias-primas de uso corrente, e reconhecidas na produção de celulose, é o que apresenta o menor valor (2,45 μm) de diâmetro de lume (Tomazello Filho e Azzini, 1988).

O valor da espessura média da parede da Fibra “B” (2,91 μm) da folha de *Bactris inundata*, novamente, faz com que essa fibra seja considerada a mais fina, em largura, diâmetro de lume e espessura de parede, diante das demais fibras celulósicas encontradas na bibliografia consultada.

O coeficiente médio de flexibilidade (24,09%) continua nos mesmos patamares da Fibra “A” da *Bactris inundata*, tendo as mesmas implicações de interface entre fibras e sobre as propriedades físico-mecânicas. O alto Índice de Enfeltramento (313,59) pode resultar em papéis com elevada resistência ao rasgo, mas de porosidade alta. Tais fibras, seguindo a tendência das anteriormente discutidas, pelas características apresentadas, podem ser inseridas no grupo dos bambus.

TABELA 3: Frequência dos intervalos de comprimento das fibras de *Bactris inundata*, de acordo com a COPANT (C30: 1-19/74), media de 100 fibras.

Fibras	Frequência de Comprimento (mm)				
	até 0,75	0,76 a 1,00	1,10 a 1,50	1,60 a 2,00	acima de 2,00
	(Extremamente Curtas)	(Muito curtas)	(Curtas)	(Longas)	(Muito longas)
Fibra A	65	34	1	0	0
Fibra B	0	0	10	18	72

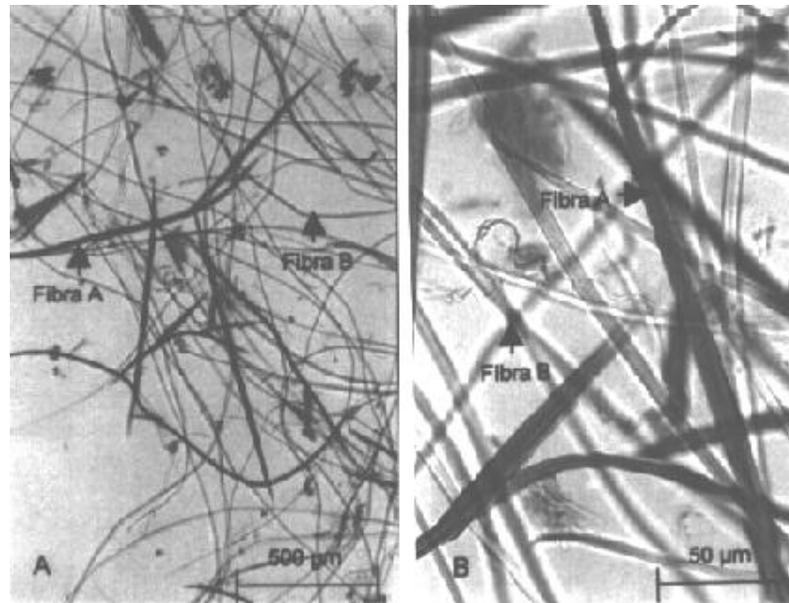


FIGURA 1: Fotomicrografias das fibras de *Bactris inundata* Martius: A. arranjo de fibras (4x); B. detalhe da fibra (40x).

CONCLUSÕES

O valor da densidade de *Bactris inundata* Martius é relativamente baixo comparado tanto com as não-madeiras como as matérias-primas já largamente empregadas nas indústrias de celulose e papel.

As dimensões das fibras do tucum são inferiores, quando comparadas às fibras de *Pinus* e *Eucalyptus*, largamente empregadas, embora a “Fibra B” tenha valores de comprimento superiores a alguns eucaliptos.

Apesar das fibras de tucum não apresentarem um perfil próximo das características morfológicas de fibras papeleiras e contrariando, em parte, os coeficientes usualmente utilizados para pré-diagnosticar o desempenho de uma fibra para fins papeleiros, essas podem ser utilizadas na produção de papel *kraft* com bons índices de resistência físico-mecânicas em algumas de suas propriedades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.R.P.; DEMATTÊ, M.E.S.P. **Palmeiras**: características botânicas e evolução. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 129p.
- AZZINI, A.; BENATTI JUNIOR, R.; ARRUDA, M.C.Q. Características tecnológicas dos caules de juta visando a produção de pastas celulósicas para papel. **Bragantia**, Campinas, v. 45, n. 2, p.249-255, 1986.
- AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. Dimensões das fibras em agave. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 1, p.35-38, 1977.
- AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Densidade básica do colmo e fibras celulósicas em progênies de *Bambusa tuldoides* Munro. **Bragantia**, Campinas, v. 47, n. 2, p.239-246, 1988.
- AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.; ZULLO, M.A.T. Caracterização tecnológica de híbridos de sisal. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 1, p. 113-124, 1989.
- AZZINI, A.; GODOY, I.J.; GERIN, M.A.M. Dimensões das fibras em casca de amendoim. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 1, p. 267-270, 1983a.

- AZZINI, A.; GONDIM-TOMAZ, R.M.A.; COSTA, A.A.; VALLE, T.L. Caracterização tecnológica de caules de quatro variedades de mandioca como fonte de fibras celulósicas para papel. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 2, p. 293-297, 1996a.
- AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; BENATTI JUNIOR, R.; COSTA, A.A. Caracterização tecnológica de espécies liberianas para o estabelecimento de métodos de análise quantitativa de fibras. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 27-32, 1993.
- AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N.V. Restos vegetais da cultura da mamona como matéria-prima para celulose. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 115-124, 1981a.
- AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; TEIXEIRA, J.P.F. Curva de maturação da *Crotalaria juncea* L. em função da densidade básica do caule. **Bragantia**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 1-10, 1981b.
- AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; MENTEN, J.F.M. Rendimento em celulose, densidade básica e dimensões das fibras em sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 42, n. 1, p. 171-178, 1983b.
- AZZINI, A.; SAVY FILHO, A.; SALGADO, A.L.B.; ARNALDI, F.Z. Deslignificação dos resíduos agrícolas da cultura da mamona para a produção de celulose. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 519-530, 1984.
- AZZINI, A.; ZIMBACK, L.; GONDIM-TOMAZ, R.M.A. Palha de cana-de-açúcar como matéria-prima na obtenção de fibras celulósicas para papel. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 137-140, 1996b.
- BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B.; BRITO, J.O. Características anatômicas, químicas e celulósicas do bagaço de quatro variedades de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 9., 1976, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1976. p.97-106.
- BUGAJER, S.; SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A. Aproveitamento de restos da cultura de algodão como fonte de fibras celulósicas. **O Papel**, São Paulo, v. 44, n. 1, p. 217-227, 1983.
- CAHEN, R.; BUGAJER, S.; SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A. Aproveitamento de restos de culturas agrícolas para obtenção de pastas celulósicas. **O Papel**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 17-30, 1984.
- COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeiras**: descripción de características generales macroscópicas y microscópicas de la madeira Angiospermae dicotiledonaes: COPANT.C30:1-19. 1974.
- CORRÊA, A.A.; FRAZÃO, F.J.L. O bambu do Estado do Acre, uma nova aproximação. **O Papel**, São Paulo, v. 47, n. 11, p. 20-30, 1994.
- CORRÊA, A.A.; LUZ, C.N.R.; FRAZÃO, F.J.L. Características papeleiras dos bambus da região do Acre da Amazônia. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 10., 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABCP, 1977. p.97-112.
- COSTA, M.F. da; LOUREIRO, M.R.C.; ALBUQUERQUE, C.R.A. de; AMARAL FILHO, Z.P. do. **Perspectivas para o aproveitamento integral da palmeira do açaí**. Belém: EDESP, 1974. 84p. (Monografias, 14)
- CRONIS, M.D.C. de. Caracterização de alguns materiais não lenhosos visando a avaliação do seu potencial como matéria-prima na fabricação de pasta celulósica. **O Papel**, São Paulo, v. 46, n. 4, p. 29-36, 1985.
- FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G.; AMARAL, A.C.B.; VALLE, C.F. Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. **IPEF**, Piracicaba, v. 10, p. 81-87, 1975.
- FREIRE, F.H.F. **Utilização das fibras vegetais na atividade artesanal da região maranhense**. São Luís, UFMA/DEDET, 1996. 191p. Monografia de Conclusão de Curso em Desenho Industrial.
- GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; OLIVEIRA, R.C. Estudos das potencialidades do *Bambusa vulgaris* para produção de papéis tipo *Kraft*. **O Papel**, São Paulo, v. 43, n. 7, p. 38-42, 1982.
- HENDERSON, A. **The palms os Amazon**. New York: Oxford University Press, 1994.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the americas**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1995.

ISTAS, J.R.; HEREMANS, R.; RAEKELBOOM, E.L. INEAC. **Série Technique**, n. 43, p. 29, 1954.

KAHN, F. **Lês palmiers de l'Eldorado**. Paris: Éditions de l'Orstom, 1997.

LISBOA, Frei C. de. **História dos animais e árvores do Maranhão. (1625-1631)**. Curitiba: Imprensa da Universidade Federal do Paraná, 1968.

MACHADO, F.J.J.; GOMIDE, J.L.; CAMPOS, W.O.; CAPITANI, L.R. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus torelliana* e *Eucalyptus grandis* para produção de polpa kraft. **O Papel**, São Paulo, v. 48, n. 8, p. 56-60, 1987.

MARQUES, A.R.; FOELKEL, C.E.B.; OLIVEIRA, L.M. Otimização da relação tempo-temperatura na produção de celulose kraft de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. **O Papel**, São Paulo, v. 40, n. 12, p. 161-171, 1979.

MELO, C.F.M.; WISNIEWSKI, A.; ALVES, S.M. Possibilidades papeleiras do açazeiro. **O Papel**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 33-43, 1975.

MILANEZ, A.C.; FOELKEL, C.E.B. Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 14., 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABTCP, 1981. p.37-110.

MOSCOSO, R.M. **Palmas dominicanas**. Ciudad Trujillo, R.D.: Ed. Montalvo, 1945.

MUÑIZ G.I.B.; CORADIN, V.R. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia da madeira: I-Angiospermae, II-Gimnospermae**. Brasília: Laboratório de produtos Florestais, 1991. (Série Técnica, 15).

PEREIRA, S.J.; LOBO, F.A.S. Fibras vegetais – produtos e processos no artesanato maranhense. In: CONGRESSO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 1., São Paulo, 1994. **Anais...** São Paulo, 1994a. v. 2, p. iii-11.

PEREIRA, S.J.; LOBO, F.A.S. Fibras vegetais na produção artesanal do Maranhão – Nordeste Ocidental do Brasil. In: FÓRUM INTERNACIONAL – DESIGN E DIVERSIDADE CULTURAL, 1994b. Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis, 1994b. p. 65-66.

SPOLODORE, D.S.; BENATTI, JR. R.; AZZINI, A. Composição química das folhas e dimensões das fibras em rami. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 1, p. 229-236, 1984.

TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Variação e estrutura dos colmos de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad). **O Papel**, São Paulo, v. 49, n. 12, p. 155-161, 1988.