

ANATOMIA DE MADEIRAS INDÍGENAS COM VISTAS À PRODUÇÃO DE ENERGIA E PAPEL¹

JOSÉ ELIAS DE PAULA² e FRANCIDES GOMES DA SILVA JUNIOR³

RESUMO - Foi estudada a madeira de 13 espécies ocorrentes em matas ciliares (ripárias) da região Centro-Oeste brasileira. Para qualificação de madeiras destinadas à geração de energia, considerou-se, dentre outros parâmetros, a fração parede das fibras, das células parenquimatosas e dos elementos de vaso, a densidade básica e o percentual de fibras. No que concerne à produção de polpa para papel, as madeiras foram qualificadas tomando-se por base o índice de Runkel, os coeficientes de rigidez e de flexibilidade e o percentual de fibras.

Termos para indexação: madeira, biomassa, celulose, lignina.

ANATOMICAL STUDY OF NATIVE WOODS SUITABLE FOR ENERGY AND PAPER PRODUCTION.

ABSTRACT - Wood of 13 species occurring in gallery forests in the Midwest of Brazil were studied. To qualify woods destined for energy generation, among other parameters, were considered the wall fraction of fibres of parenchymatic cells and vessel elements, and the basic density and percentage of fibres. As to production of pulp for paper, the woods were qualified on the basis of the Runkel index, the rigidity and flexibility coefficients and the percentage of fibres.

Index terms: wood, cellulose, biomass, lignin.

INTRODUÇÃO

Continua-se, neste artigo, uma série de estudos sobre estruturas anatômicas de madeiras indígenas, visando seu aproveitamento para geração de energia e produção de papel (Paula, 1981, 1983, 1984, 1985, 1992, 1993; Paula & Alves, 1989).

Até os dias hodiernos, uma parte considerável do carvão vegetal que atende à demanda do parque siderúrgico nacional é produzida a partir de madeiras de *Eucalyptus* e a outra parte de madeiras nativas obtidas por métodos extrativos. Por outro lado, a polpa que atende às necessidades do parque industrial papelero nacional é produzida, em sua quase totalidade, de madeiras de *Pinus* e *Eucalyptus*. Em 1992, o Brasil produziu 5.298.098 toneladas de celulose e 4.900.000 toneladas de papel a partir de madeira desses dois gêneros (Esforço..., 1993). Isso tem provocado desmata-

mentos desordenados e muito preocupantes no que tange à destruição de ecossistemas, trazendo no seu bojo prejuízos para a flora, para a fauna e para o próprio homem, comprometendo seriamente a biodiversidade.

Nos mais variados tipos de vegetação que compõem a flora nacional, estão as auxilóforas, de excelente qualidade na esfera biotecnológica para a geração de energia (álcool, coque metalúrgico, carvão e lenha), produção de papel, e de múltipla utilização. É bom lembrar que grande número dessas espécies de madeira está ameaçada de extinção, decorrente dos desflorestamentos em alta escala e saques devastadores sob o escudo do extrativismo.

O estudo tem por objetivo indicar madeiras nativas com propriedades para geração de energia e produção de papel e assim torná-las conhecidas, a fim de que possam ser utilizadas na formação de grandes maciços florestais heterogêneos, papeleros e energéticos, sob plano de manejo ecológico de rendimento sustentado.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira utilizadas neste estudo, juntamente com o material botânico fértil que serviu para

¹ Aceito para publicação em 2 de setembro de 1994.

Trabalho realizado com o auxílio financeiro do CNPq.

² Biólogo, Dr. em Ciências, Prof. Adj., Univ. de Brasília, IB/BOT, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil. Bolsista do CNPq.

³ Eng. Florestal, Bolsista do CNPq.

identificação científica de cada espécie, foram coletadas e identificadas pelos autores. As amostras circulares foram obtidas de árvores com mais de 15 anos de idade, na altura de 1,30 m, contendo cerne e albúrnio. O material botânico fértil foi incorporado ao acervo do Herbário da Universidade de Brasília (UB) sob o número de coleta, conforme discriminação que se segue.

Aspidosperma pruinosum (Apocynaceae), mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula 289.

Belangera glabra Camb. (Cunoniaceae), mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula 3227.

Callisthene major Mart. (Vochysiaceae), mata ciliar do córrego dos Macacos, Santo Antonio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula 3086.

Cheiloclinium cognatum (Meirs.) Smith (Hippocrateaceae), mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula, 1886.

Emmotum nitens (Benth) Miers (Icacinaeae), mata ciliar do córrego Capãozinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula, 3332.

Erytheca gracilipes (K. Schum.) A. Robins (Bombacaceae), mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula, 3464.

Fagara rhoifolia (Lam.) Engl. (Rutaceae), mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula 290.

Fareamea cyanea M. Argf. (Rubiaceae), mata ciliar do córrego Capãozinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula 1936.

Gomidesia regeliana Berg. (Myrtaceae), mata ciliar do córrego dos Macacos, Fazenda Canteiro do Paraíso, Santo Antonio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula 3228.

Hirtella glandulosa Spreng. (Rosaceae), mata ciliar ao córrego dos Macacos, Santo Antonio do Descoberto, Goiás, J. Elias de Paula 3124.

Hirtella martiana Hook f. (Rosaceae), coletada na mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, J. Elias de Paula 3226.

Inga fagifolia (L.) Willd. (Leguminosae), coletada na mata ciliar do córrego Capãozinho, Distrito Federal, J. Elias de Paula 3118 (UB).

Licania apetala (Meyer) Frisch (Rosaceae), mata ciliar do rio São Bartolomeu, Distrito Federal, R. C. de Mendonça & J. Elias de Paula 855.

Os cortes histológicos foram realizados no micrótomo Jung para madeira, cuja espessura variou entre 25 e 40 micrômetros. Para tanto, as amostras foram previamente colocadas em autoclave para amolecimento, sob pressão de uma atmosfera e temperatura de 120°C.

A espessura da parede dos elementos celulares, o diâmetro dos vasos, das fibras e das células parenquimatosas, bem como a largura e altura dos raios e o comprimento das fibras e dos elementos de vasos, foram determinados pela escala micrométrica ocular, com fator de correção conhecido.

A computação dos raios por mm linear, bem como a de vasos por mm², foi feita com o uso de câmara clara e escala micrométrica objetiva.

O coeficiente de rigidez foi determinado pela razão percentual entre o diâmetro do lume (**d**) e o diâmetro total (**D**) da fibra (**100.d/D**). Esse parâmetro indica o grau de achatamento (colapso) que as fibras sofrem durante o processo de fabricação do papel (Petroff & Normand, 1961; Mottet, 1963; Salgiya, 1972; Foelkel & Barrichelo, 1975).

A fração parede foi determinada pela razão percentual entre duas vezes a espessura da parede (**e**) e o diâmetro total (**D**) da fibra ou do vaso, ou da célula parenquimatosa: (**100.2e/D**) (Moreschi, 1975; Paula, 1993).

Esse parâmetro (fração parede) indica percentualmente a quantidade de celulose, hemiceluloses e lignina existente nas paredes, tendo em vista que a parede é basicamente constituída de celulose, hemiceluloses e lignina. Portanto, se a fração parede for 85%, isso revela um indicativo, segundo o qual, do espaço ocupado por uma fibra dentro da madeira, 85% são celulose, lignina e hemiceluloses, e o restante (15%) é o espaço (lume) não ocupado pela parede (Paula & Alves, 1989). Assim sendo, quanto mais espessa for a parede, mais celulose, lignina e hemiceluloses terá a fibra.

O coeficiente de flexibilidade das fibras, conhecido também por índice de feltragem, foi determinado pela razão entre o comprimento (**L**) e a largura (**W**). Esse coeficiente indica a aptidão das fibras a formarem feltros (Comissão Panamericana de Normas Técnicas, 1974; Foelkel & Barrichelo, 1975; Moreschi, 1975; Paula, 1989).

O Índice de Runkel foi determinado pela razão entre duas vezes a espessura da parede (**e**) da fibra sobre o diâmetro do lume (**d**); esse parâmetro, na prática, tem o mesmo significado do coeficiente de rigidez. Ressalta-se que o diâmetro do lume é a diferença entre o diâmetro total, menos duas vezes a espessura da parede. Foi com base nesse índice que o próprio Runkel propôs os seguintes grupos: I - até 0,25 a fibra é tida como excelente para papel; II - 0,25 - 0,50, muito boa para papel; III - 0,50 - 1,0, boa para papel; IV - 1,0 - 2,0, regular para papel; V - acima de 2,0, não serve para papel.

A densidade básica (**DB**) foi determinada pela razão do peso de amostras de madeira seca em estufa à tempe-

ratura de 105°C (até atingirem peso constante), sobre o volume da respectiva amostra saturada, valor em kg/m³. Ressalte-se que de cada amostra circular preparou-se um corpo de prova em forma de cunha (Fig. 14), do qual foram obtidos três blocos em partes disjuntivas, orientadas do centro em direção ao alborno, denominadas área 1, área 2 e área 3. Os valores da densidade básica constante da Tabela 1, refletem a média das três áreas.

O percentual dos elementos constituintes da madeira foi determinado com o uso de fotografias de cortes transversais da madeira com área conhecida, e com um planímetro procedeu-se à leitura das áreas ocupadas por cada tipo desses elementos, e também por pesagem do papel das áreas ocupadas por fibras, vasos e parênquima axial e radial.

Na descrição, consideraram-se as características anatómicas que são mais relacionadas com a qualidade da madeira. Adotou-se a terminologia constante da literatura (Milanez & Bastos, 1936; Metcalfe & Chalk, 1965; Comissão Panamericana de Normas Técnicas, 1974; IAWA, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As descrições das estruturas anatômicas da madeira das espécies estudadas são as que se seguem. Para facilitar ao leitor, parte dos parâmetros foi resumida nas Tabelas 1 e 2.

Aspidosperma pruinatum (Fig. 1). Vasos de distribuição difusa, solitários, geminados e múltiplos radiais de até 6 elementos, sem predominância de nenhum dos tipos, diâmetro tangencial de tamanho médio, pouco numerosos. **Parênquima axial**, paratraqueal, confluyente vasicêntrico e unilateral abaxial. **Raios**, heterogêneos, constituídos de células quadradas, predominantemente 1-seriados, extremamente baixos, muito finos e numerosos. **Fibras**, moderadamente abundantes, curtas, de paredes espessas (Tabelas 1 e 2).

Belangera glabra (Fig. 2 e 14). Vasos de distribuição difusa, predominantemente múltiplos radiais de até 8 elementos, às vezes agrupados em

TABELA 1. Fibras e densidade básica (DB).

| Espécies | L/um | e/um | D/um | W/um | 2e/d | GR | L/W | FP% | CR% | % | DB (kg/m ³) |
|-------------------------------|------|------|-------|------|------|----|-----|------|------|----|----------------------------|
| <i>Aspidosperma pruinatum</i> | 1430 | 4,9 | 14,2 | 18 | 2,2 | V | 79 | 69 | 31 | 47 | 792 |
| <i>Belangera glabra</i> | 1347 | 6,6 | 24 | 33 | 1,2 | IV | 40 | 55 | 45 | 68 | 751 |
| <i>Callisthene major</i> | 1081 | 6 | 19 | 18 | 1,7 | IV | 60 | 60 | 14,2 | 40 | 751 |
| <i>Cheiloclinium cognatum</i> | 1130 | 5,5 | 19,8 | 20 | 1,3 | IV | 56 | 56,4 | 43,6 | 56 | 710 |
| <i>Emmotum nitens</i> | 2038 | 8,53 | 25,73 | 18 | 2,2 | V | 60 | 65,4 | 34,6 | 40 | 721 |
| <i>Erytheca gracilipes</i> | 1790 | 13,9 | 46,6 | 52 | 1,5 | IV | 34 | 59,7 | 40,3 | 38 | 512 |
| <i>Fagara rhoifolia</i> | 2245 | 4,6 | 16,3 | 19 | 1,3 | IV | 116 | 56,4 | 43,6 | 37 | 790 |
| <i>Faramea cyanea</i> | 1327 | 5,5 | 13,9 | 16 | 3,8 | V | 81 | 79,1 | 20,9 | 40 | 962 |
| <i>Gomidesia regeliana</i> | 1484 | 7,59 | 20 | 26 | 2,7 | V | 57 | 73 | 27 | 60 | 863 |
| <i>Hirtella glandulosa</i> | 1642 | 9,9 | 22 | 21 | 9 | V | 78 | 90 | 10 | 40 | 950 |
| <i>Hirtella martiana</i> | 1631 | 9,7 | 25,6 | 27 | 3,1 | V | 60 | 75,8 | 24,2 | 70 | 973 |
| <i>Inga fagifolia</i> | 1246 | 4,9 | 17,7 | 17 | 1,4 | IV | 71 | 58,7 | 41,3 | 48 | 651 |
| <i>Licania apetala</i> | 1787 | 6,6 | 18 | 16 | 2 | IV | 109 | 73,3 | 26,7 | 68 | 630 |

TABELA 2. Vasos, raios e parênquima axial.

| Espécies | Diâmetro vaso (Um) | Vasos (mm ²) | Área ocupada por vasos (%) | Vaso fração parede (%) | Raios altura (mm) | Raios largura (Um) | Raios/mm linear | Fração parede da célula radial | Parênquima axial (%) | Fração parede da célula Par | Área ocupada por raios % |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Aspidosperma pruinatum</i> | 151 | 9 | 18 | 21,4 | 0,420 | 22 | 13 | 22 | 25 | 20 | 25 |
| <i>Belongera glabra</i> | 65 | 17 | 14 | 13,2 | 0,633 | 30 | 6 | 17,7 | 10 | 11,5 | 8 |
| <i>Callisthene major</i> | 60 | 8 | 10 | 20 | 0,223 | 49 | 5 | 26 | 38 | 18 | 12 |
| <i>Cheilochlinium cognatum</i> | 110 | 7 | 16 | 7 | 1,030 | 81 | 13 | 6,2 | 20 | 9,9 | 8 |
| <i>Emmotum nitens</i> | 95 | 8 | 15 | 4 | 4 | 309 | 2 | 15,3 | 8 | 11,4 | 38 |
| <i>Erytheca gracilipes</i> | 233 | 3 | 14 | 8,4 | 1,100 | 148 | 6 | 19,5 | 16 | 12 | 32 |
| <i>Fagara rhoifolia</i> | 144 | 9 | 13 | 8,1 | 0,500 | 51 | 11 | 8,8 | 34 | 8,2 | 16 |
| <i>Faramea cyanea</i> | 51 | 53 | 14 | 18,5 | 0,762 | 20 | 19 | 12 | 37 | 8,5 | 9 |
| <i>Gomidesia regelliana</i> | 70 | 6 | 18 | 18,5 | 0,450 | 30 | 10 | 12 | 13 | 10,1 | 9 |
| <i>Hirtella glandulosa</i> | 142 | 3 | 7 | 5,8 | 0,623 | 15 | 14 | 13,5 | 37 | 12 | 6 |
| <i>Hirtella maritima</i> | 93 | 2 | 6 | 3,1 | 0,550 | 20 | 22 | 24 | 16 | 19 | 8 |
| <i>Inga fagifolia</i> | 174 | 5 | 10 | 9,1 | 0,211 | 19 | 9 | 22,3 | 34 | 8,2 | 8 |
| <i>Licania apetala</i> | 163 | 4 | 12 | 10,3 | 0,892 | 29 | 13 | 21 | 13 | 18,5 | 7 |

cachos, de diâmetro tangencial pequeno, numerosos; são freqüentes vasos com tilos. **Parênquima axial**, apotraqueal, difuso, representado por células escassas, às vezes ausente. **Raios** heterogêneos, constituídos de células erectas e quadradas, raramente ocorrem raios homogêneos (células decumbentes), predominam os 2-3 seriados, muito baixos, pouco numerosos e muito finos. **Fibras**, abundantes, curtas, de paredes moderadamente finas.

Callisthene major (Fig. 3). **Vasos** de distribuição difusa, predominam os solitários e geminados, ocorrendo também múltiplos radiais de até 4 elementos, diâmetro tangencial pequeno, pouco numerosos. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas curtas e faixas largas tangenciais, às vezes confluentes. **Raios**, homogêneos, constituídos de células decumbentes, predominam os 3-5 seriados, ocorrendo também 1-2 seriados, extremamente baixos, finos e pouco numerosos. **Fibras**, moderadamente abundantes, curtas, de paredes espessas.

Cheilochlinium cognatum. (Fig. 4). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, raramente geminados, diâmetro tangencial de tamanho médio, pouco numerosos. **Parênquima axial**, paratraqueal confluyente, às vezes tangenciais. **Raios** he-

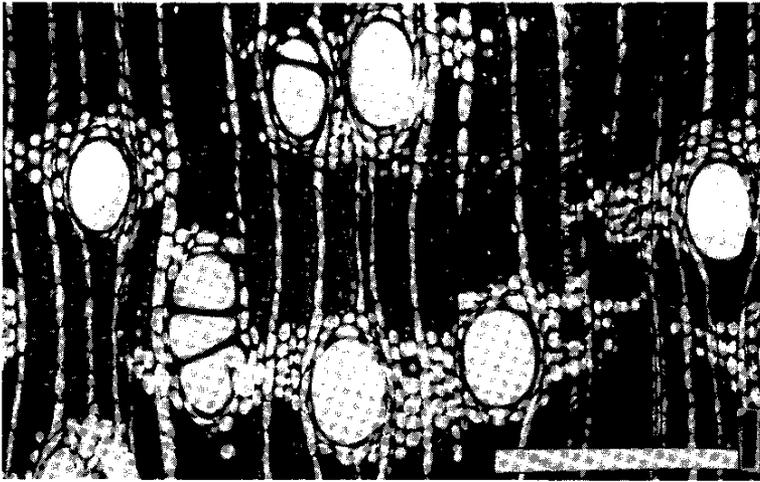


FIG. 1. *Aspidosperma pruinosa* - corte transversal da madeira mostrando parênquima axial (partes claras), raios 1-seriados (fitas claras) e fibras (partes negras); escala de 250 micrômetros.

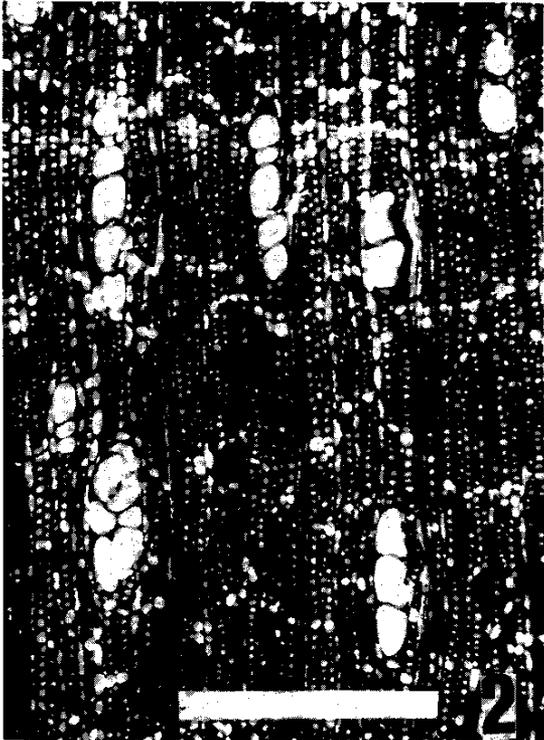


FIG. 2. *Belangera glabra* - corte transversal da madeira onde se observa parênquima axial escasso (partes claras), vasos múltiplos (partes claras em séries) e fibras (áreas negras); escala de 600 micrômetros.

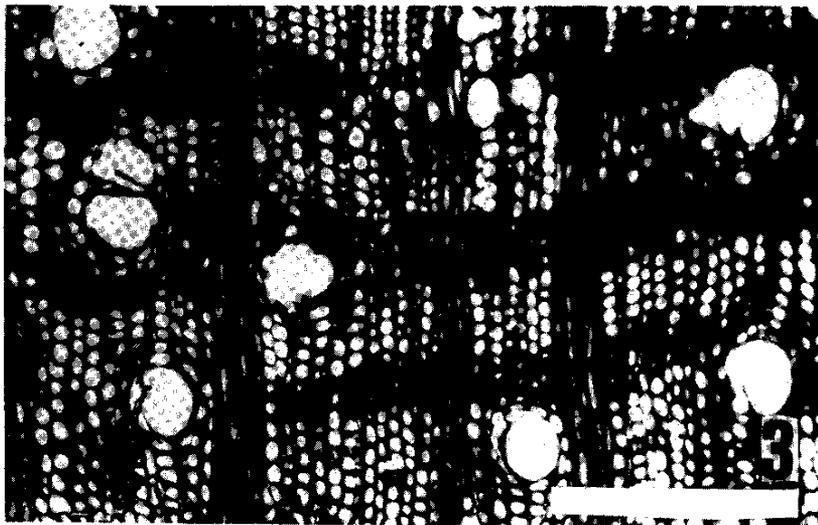


FIG. 3. *Callisthene major* - corte transversal da madeira, onde se vê parênquima axial (partes claras), raios (fitas escuras) e fibras (áreas negras); escala de 250 micrômetros.

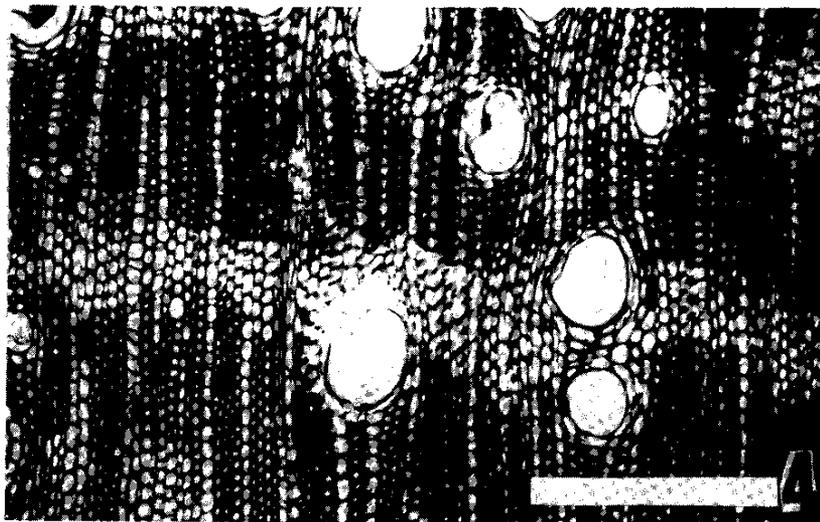


FIG. 4. *Cheilochlinium cognatum* - corte transversal da madeira mostrando faixas de parênquima axial (áreas claras), raios 1-seriados (fitas estreitas e claras) e fibras (áreas negras); escala de 250 micrômetros.

terogêneos, constituídos de células quadradas, 2-3 seriados, sem predominância, muito numerosos, finos e baixos; são freqüentes células radiais com cristais rômnicos de oxalato de cálcio. **Fibras**, abundantes, curtas, de paredes finas. Cordões de floema incluso ocorrem com freqüência.

Emmotum nitens. (Fig. 5). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados, raramente múltiplos de três elementos, diâmetro tangencial pequeno, pouco numerosos. **Parênquima axial**, apotraqueal, escasso, difuso, representado por células isoladas ou em grupos de até quatro células, às vezes paratraqueal. **Raios** heterogêneos, constituídos de células quadradas e horizontais, 5-12 seriados, muito largos, altos, muito poucos. **Fibras**, poucas, muito longas, de paredes espessas.

Erytheca gracilipes. (Fig. 6). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados e múltiplos radiais de até quatro elementos, diâmetro tangencial grande, pouco numerosos. **Parênquima axial**, apotraqueal, difuso. **Raios** homogêneos, predominam os 3-4 seriados, baixos, largos e pouco numerosos.

Fibras, poucas, longas, de paredes moderadamente espessas.

Fagara rhoifolia. (Fig. 7). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente geminados, ocorrendo também solitários e múltiplos radiais de até quatro elementos, diâmetro tangencial de tamanho médio, pouco numerosos. **Parênquima axial**, paratraqueal, vasicêntrico, as vezes com distensão irregular e apotraqueal zonado; são freqüentes células desse parênquima com cristais rômnicos e prismáticos de oxalato de cálcio. **Raios** homogêneos, predominam os 3-4 seriados, estreitos e muito numerosos. **Fibras**, poucas, muito longas, de paredes moderadamente finas.

Faramea cyanea. (Fig. 8). **Vasos**, de distribuição difusa, predominam os solitários e os múltiplos radiais de até cinco elementos, ocorrendo também geminados, diâmetro tangencial pequeno, numerosíssimos. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas largas confluentes. **Raios** heterogêneos, formados de células quadradas e erectas, predominam 1-2 seriados, muito baixos, muito finos e numerosíssimos; são freqüentes células radiais com

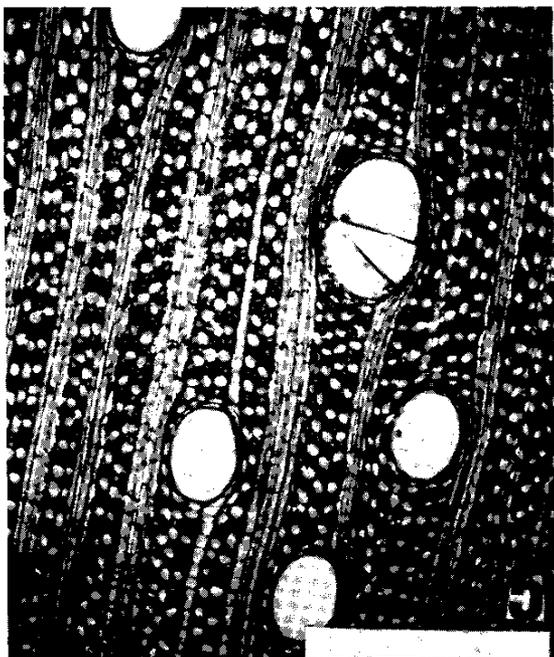


FIG. 5. *Emmotum nitens* - corte transversal da madeira mostrando raios largos (fitas claras), parênquima axial pouco (pontos claros) e fibras (áreas escuras); escala de 250 micrômetros.

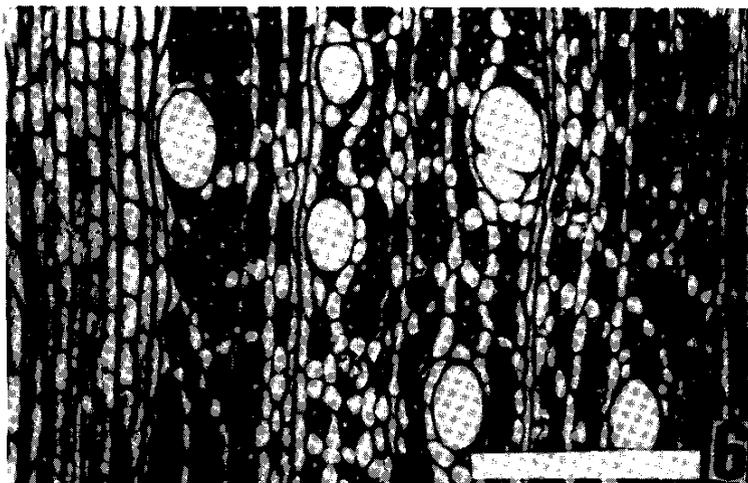


FIG. 6. *Erytheca gracilipes* - corte transversal da madeira mostrando parênquima axial pouco (áreas claras) e raios largos (fitas escuras); escala de 250 micrômetros.



FIG. 7. *Fagara rhoifolia* - corte transversal da madeira, onde se vê parênquima axial (partes claras), fibras (áreas negras) e raios (fitas negras); escala de 250 micrômetros.

cristais rômnicos de oxalato de cálcio e concreções silicosas. **Fibras**, abundantes, curtas, de paredes espessas.

Gomidesia regeliana. (Fig. 9). Vasos, de distribuição difusa, predominantemente solitários, diâmetro tangencial pequeno, pouco numerosos. Pa-

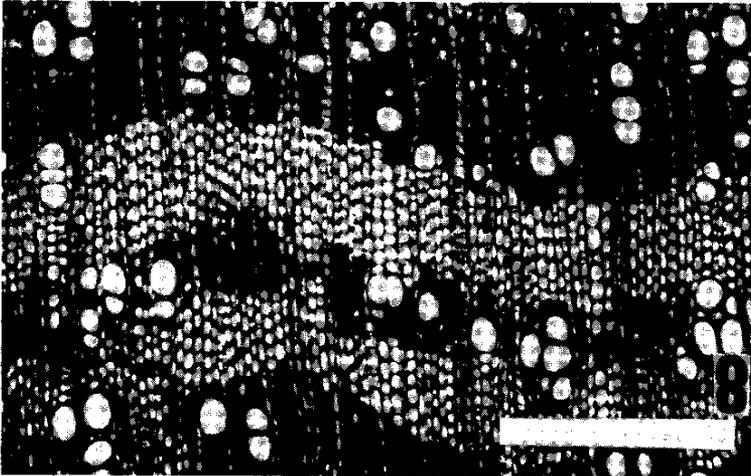


FIG. 8. *Farama cyanea* - corte transversal da madeira, onde se observa parênquima axial (faixas claras) e fibras (áreas negras); escala de 250 micrômetros.

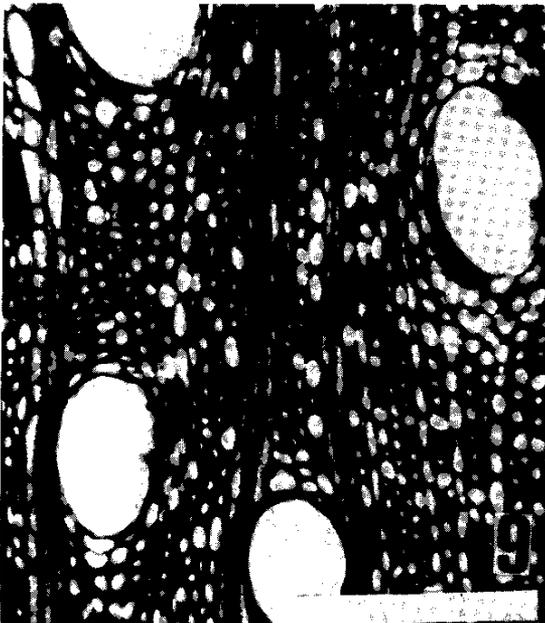


FIG. 9. *Gomidesia regeliana* - corte transversal da madeira, onde se observa parênquima axial pouco (partes claras) e fibras abundantes (áreas negras); escala de 250 micrômetros.

parênquima axial, apotraqueal, difuso. **Raios** heterogêneos, constituídos de células quadradas e decumbentes, predominam os 2-3 seriados, ocorrendo também 1-seriados, extremamente baixos, numerosos e muito estreitos. **Fibras**, abundantes, curtas, de paredes espessas.

Hirtella glandulosa. (Fig. 10). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também múltiplos radiais de até quatro elementos, diâmetro tangencial de tamanho médio, poucos. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas longas de até sete células de largura, confluentes, ocorrendo também aliforme e vasicêntrico com expansões losangulares. **Raios** homogêneos, 1-3 seriados, sem predominância, extremamente finos, muito numerosos e muito baixos; são frequentes células radiais com concreções silicosas. **Fibras**, moderadamente abundantes, longas, de paredes muito espessas.

Hirtella martiana. (Fig. 11). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, diâmetro tangencial de tamanho médio, muito poucos; são frequentes vasos com tilos. **Parênquima axial**, apotraqueal, escasso, difuso, representado

por células isoladas ou dispostas em linhas tangenciais descontínuas. **Raios**, predominantemente homogêneos, ocorrendo também heterogêneos constituídos de células quadradas, 1-seriados, finos, baixos e muito numerosos; são frequentes células radiais com concreções silicosas. **Fibras**, abundantes, longas, de paredes espessas.

Inga fagifolia. (Fig. 12). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados e múltiplos radiais de até quatro elementos, às vezes em cachos, diâmetro tangencial de tamanho médio, poucos. **Parênquima axial**, paraqueal, em faixas longas confluentes, aliforme e vasicêntrico com expansão triangular. **Raios** homogêneos, predominam os 1-seriados, de altura média, muito finos e numerosos; são frequentes células marginais com cristais rômnicos de oxalato de cálcio. **Fibras**, moderadamente abundantes, curtas, de paredes moderadamente espessas.

Licania apetala. (Fig. 13). **Vasos**, de distribuição difusa, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados, diâmetro tangencial de tamanho médio, muito poucos, alguns com tilos.

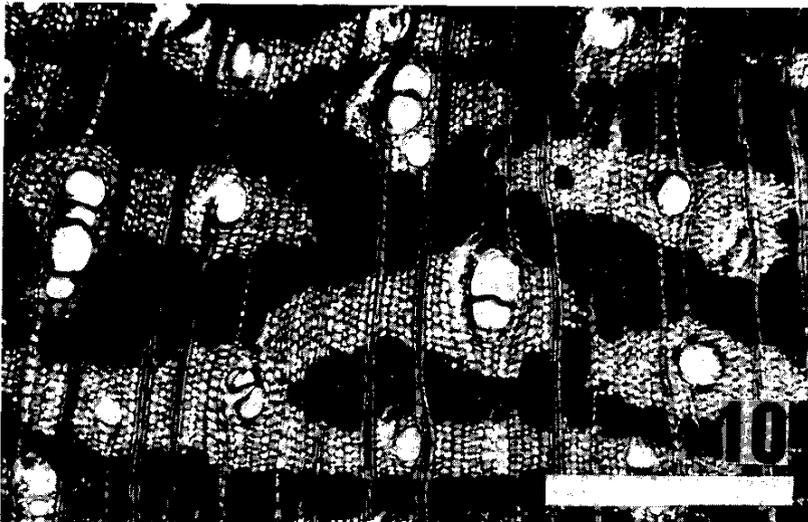


FIG. 10. *Hirtella glandulosa* - corte transversal da madeira, mostrando parênquima axial (áreas claras) e fibras (áreas negras); escala de 250 micrômetros.

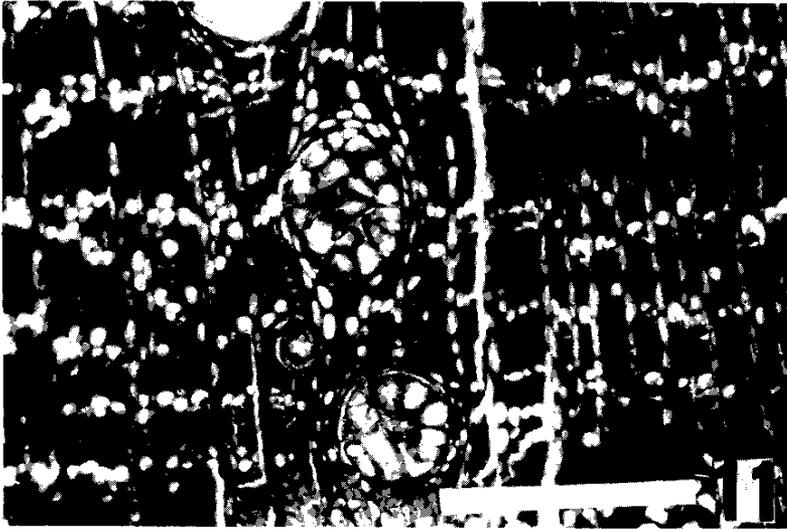


FIG. 11. *Hirtella martiana* - corte transversal da madeira, mostrando parênquima axial pouco (áreas claras) e fibras (áreas negras); escala de 250 micrômetros.

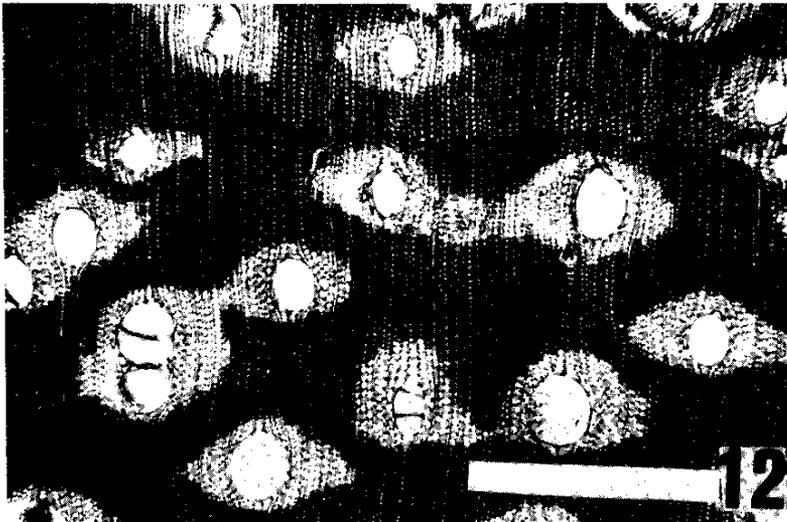


FIG. 12. *Inga fagifolia* - corte transversal da madeira, onde se vê parênquima axial (áreas claras) e fibras abundantes (áreas negras); escala de 250 micrômetros.



FIG. 13. *Licania apetala* - corte transversal da madeira, mostrando parênquima axial pouco (faixas estreitas e claras) e fibras abundantes (áreas escuras); escala de 250 micrômetros.

Parênquima axial, paraqueal, em faixas estreitas, 1-2 células de largura, tangenciais aos vasos. **Raios** homogêneos, predominantemente 1-seriados, muito baixos, muito finos e muito numerosos; ocorrem concreções silicosas em quase todas as células radiais. **Fibras**, abundantes, longas, de paredes espessas.

A alternativa para evitar a destruição irreparável de ecossistemas e da biodiversidade como um todo, com formação de florestas homogêneas, seria a diversificação do maior número possível de espécies utilizadas para produção de fitomassa sob plano de manejo ecológico de rendimento sustentado, destinada à geração de energia e produção de papel. Dentre as euxilóforas indígenas estão também milhares de espécies de excelente qualidade para produção de energia e papel compondo as nossas florestas. Estudos anteriores indicam dezenas de espécies nativas cujas madeiras são de boa qualidade para produção de energia, bem como revelam outras herbáceas, inclusive amilíferas altamente auspiciosas para produção de álcool e biogás (Paula & Conceição, 1984; Paula, 1985; Paula & Alves, 1989).

No capítulo de conclusões estão relacionadas dez espécies com potencial energético, e três com vocação papelreira. Somam-se a essas espécies, respectivamente para produção de energia e papel, 117 e 59 espécies indicadas em comunicações anteriores (Paula, 1981, 1984, 1985, 1993; Paula & Alves, 1989). Correa *et al.* (1970, 1974) e Correa (1985) indicam 64 espécies nativas da Amazônia com aptidão para produção de papel.

As madeiras de *Eucalyptus* não são as melhores para geração de energia, economicamente falando, tendo em vista que a densidade básica dessas madeiras com pouca idade se situa abaixo de $0,60 \text{ g/cm}^3$, e a fração parede das fibras, abaixo de 60%. Quanto mais alta for a fração parede das fibras, maior será a densidade básica, e, conseqüentemente, mais celulose, hemiceluloses e lignina terá a madeira. A densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis* com 6 anos de idade é de $0,322 \text{ g/cm}^3$, e $0,590 \text{ g/cm}^3$ com 13 anos de idade (Barrichelo & Brito, 1976; Paula, 1983); portanto, 322 kg/m^3 e 590 kg/m^3 de madeira seca, respectivamente. Por outro lado, a densidade básica de *Hirtella martiana*, por exemplo, foi de $0,97 \text{ g/cm}^3$,

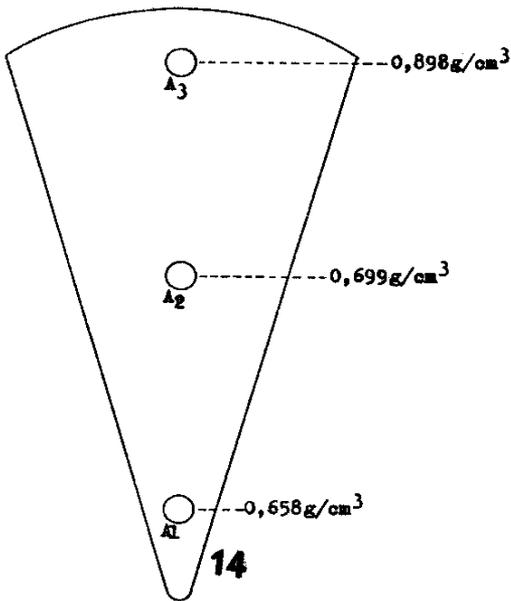


FIG. 14. *Belongera glabra* - desenho esquemático em forma de cunha do tronco, mostrando as partes de onde foi determinada a densidade.

que corresponde a 970 kg/m^3 de madeira seca. Esses dados comparativos indicam que *Hirtella martiana* produz mais celulose, hemicelulose e lignina por volume, do que *Eucalyptus grandis*. Ferreira & Timoni (1978) indicam que 109,13 toneladas de madeira seca foram obtidas de *Eucalyptus* spp., com sete anos de idade, ou seja, 15,57 t/ha/ano, enquanto que *Caesalpinia leiostachya* Ducke (pau-ferro) produziu 48,2 t/ha/ano de madeira seca (Paula *et al.*, 1990).

A substituição de energia fóssil, portanto finita a médio prazo, é possível a partir da energia quase infinita acumulada nos vegetais. No caso brasileiro, além das madeiras indígenas adequadas para esse fim, citam-se a cana-de-açúcar, sorgo sacarina, capim, plantas aquáticas herbáceas (*Eichhornia crassipes*, *E. azurea*, *Pontederia rotundifolia*, *Pontederia cordata* var. *ovalis* e var. *lanceolata*), amilíferas (mandioca, *Discorea* spp., batata-doce, araruta, batatarana, inhame) e oleíferas (mamona, dendê, babaçu, cutieira, jojoba,

amendoim, marmaleiro, *Jatropha curcas*, *Acrocomia intumescens*, *Aleurites molucana*), com potencial energético.

O Brasil já sofre os efeitos do déficit de energia elétrica que cresce ano após ano. Uma das alternativas para esse grande problema seria a construção de centenas de termoelétricas movidas a lenha. Para tanto, é necessário que se inicie em tempo hábil a formação de grandes maciços florestais energéticos heterogêneos com espécies nativas sob plano de manejo ecológico de rendimento sustentado, onde essas usinas seriam instaladas e, devendo-se também definir os locais onde deveriam ser construídas as termoelétricas e formação das respectivas florestas heterogêneas.

Explorar árvores, nativas ou exóticas, com idade mais avançada - com 15 anos por exemplo -, seria também outra alternativa, que culminaria em redução de desmatamentos para plantios de *Eucalyptus*, tendo em vista que com essa idade o rendimento de madeira por hectare seria bem maior.

As espécies indicadas no capítulo de conclusões para geração de energia, juntamente com as apontadas nas referidas comunicações anteriores, certamente poderão ser utilizadas na formação dessas florestas energéticas e papeleiras.

Biodiversidade são todas as formas de vida existentes na Terra, que formam os ecossistemas e que só devem ser exploradas racionalmente através de plano de manejo ecológico de rendimento sustentado. O manejo ecológico é uma grande alternativa, pois traz no seu bojo o respeito e a preservação das formas de vida existentes nas áreas trabalhadas, bem como facilita a conservação das espécies utilizadas para a produção de biomassa destinada a atender à demanda.

As madeiras de boa qualidade para geração de energia são ricas em fibras de parede espessa, fração parede das fibras e densidade básica alta, posto que, quanto menos vasos e parênquima axial e radial, cujas células são de parede fina, maior será a quantidade de fibras. Para produção de papel, as madeiras mais auspiciosas são as que possuem alto percentual de fibras de parede fina, pouco parênquima axial e radial e densidade básica baixa (Tabelas 1 e 2).

CONCLUSÕES

Com base nas análises dos parâmetros determinados e consignados no capítulo de resultados, conclui-se que *Callisthene major*, *Aspidosperma pruinatum*, *Belangera glabra*, *Faramea cyanea*, *Emmotum nitens*, *Gomidesia regeliana*, *Hirtella grandulosa*, *Hirtella martiana*, *Inga fagifolia*, *Licania apetala* e *Belangera glabra*, são de boa qualidade para geração de energia, enquanto que *Erytheca gracilipes*, *Fagara rhoifolia* e *Inga fagifolia* são aptas para produção de papel.

REFERÊNCIAS

- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição microscópica**. Assunção, 1974. v. 30, p. 1-19.
- BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. As madeiras das espécies de eucalipto como matéria-prima para indústria de celulose e papel. PRODEPEF, Brasília, v. 13, p. 9-45, 1976.
- CORREA, A. A. Essências papeleiras de reflorestamentos: oito madeiras nativas da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v.15, n.3, p.371-402, 1985.
- CORREA, A.A.; LOBATO, R.F.; RIBEIRO, E.R.P. **Estudo papeleiro de madeiras da Amazônia**. Manaus: INPA, 1970, 36 p.
- CORREA, A.A.; RIBEIRO, E.R.P.; LUZ, C.N.R. Estudo papeleiro de maciços florestais da Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 4, n. 2, p. 23-46, 1974.
- ESFORÇO das empresas não supera dificuldades de 1992. **Celulose e Papel**, São Paulo, v.41, p.17-20, 1993.
- FERREIRA, C.A.; TIMONI, J.L. Contribuição ao estudo de delimitação da época de corte em povoamentos de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 14, p. 85-96, 1978.
- FOELKEL, C.E; BARRICHELO, L.E.G. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus* spp., para produção de celulose sulfato. IPEF - Instituto de Pesquisa e Experimento Florestal, Piracicaba, São Paulo, v. 10, p. 17-37, 1975.
- IAWA - Bulletin. Association Wood Anatomists. List of IAWA Bull., Utrecht, v.10, n.3, p.221-359, 1989.
- METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons**. Oxford, 1965. v.2, 776p, v.12, 724p.
- MILANEZ, F.R.; BASTOS, A.M. Glossário de termos usados em anatomia de madeiras. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 1-27, 1936.
- MORESHI, J.C. **Levantamento da qualidade da madeira em plantações artificiais de Pinus elliotti nos estados do sul do Brasil**. Curitiba: Escola de Florestas, 1975. 148 p. Tese de Mestrado.
- MOTTET, A. Relation between the structure of fibers and quality of paper obtained from tropical wood treated by natural sulfite semi chemical process. **Svensk Papperstidning**, v. 14, p. 104-111, 1963.
- PAULA, J.E. de. Estudo da estrutura anatômica de madeiras de espécies nativas, visando seu aproveitamento na produção de energia e papel. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.41, n.4, p.344-353, 1989.
- PAULA, J.E. de. Estudo de madeiras da Amazônia, visando seu aproveitamento na produção de energia e papel. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 42, p. 35-52, 1981.
- PAULA, J.E. de. Estudo de madeiras indígenas, visando seu aproveitamento na geração de energia. **Atualidades**, Brasília, v. 92, p. 13-23, 1985.
- PAULA, J.E. de. Estudo de madeiras, visando seu aproveitamento na geração de energia. **Atualidades**, Brasília, v.92, p.13-23, 1984.
- PAULA, J. E. de. Exploração dos recursos naturais renováveis, conservação e preservação de seus respectivos ecossistemas. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 56, p. 5-29, 1983.
- PAULA, J.E. de. Madeiras da caatinga úteis para produção de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.2, p.153-165, 1993.
- PAULA, J.E. de. A produção e exploração de fitomassa no contexto da atual conjuntura energética e ecológica. In.: **SEMANA UNIVERSITÁRIA**, 1992, Brasília. Brasília: UnB, 1992. v.1, p.30-54.
- PAULA, J.E, de; ALVES, J. L. H.. Estrutura anatômica de madeiras indígenas para produção de energia e papel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.12, p.1461-1471, 1989.

- PAULA, J.E. de; CONCEIÇÃO, C. A. Biogás a partir de plantas aquáticas do Pantanal. **Atualidades**, Brasília, v. 90, p. 32-34, 1984.
- PAULA, J. E. de; ENCINAS, J. I.; MENDONÇA, R. C. de; LEÃO, D. T. Estudo dendrométrico e ecológico de mata ripária da região Centro-Oeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.43-55, Jan. 1990.
- PÉTROFF, G.; NORMAND, D. Relations entre les caractéristiques des fibres de quelques bois, familles tropicaux et leurs caractéristiques papetières. **Bulletin de l' Association Technique Internationale des Bois Tropicaux**, v.5, p.353-369, 1961.
- SALGIYA, S.C. Seasonal variation in the anatomical characteristics of Bakain wood (*Melia azedarach* Linn.) and its suitability for pulp making. **Indian Pulp and Paper**, p.85-89, Feb-Mar, 1972.