

Nota Técnica/Technical Note

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA DE ESPÉCIES NATIVAS DO CERRADO, VISANDO SUA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA

José Elias de Paula¹

(recebido: 25 de novembro de 1999; aceito: 10 janeiro de 2005)

RESUMO: Foram estudadas sete espécies ocorrentes no cerrado (chapada) do município de Santa Quitéria, estado do Maranhão. Dentre os parâmetros determinados para a qualificação da madeira destinada à geração de energia, notadamente carvão siderúrgico e lenha, citam-se a fração parede das fibras, o percentual de fibras, de raios, de parênquima axial, a biomassa total por m³ de madeira seca e a densidade básica. As espécies *Lindackeria paraensis* (farinha-seca), *Parkia platycephala* (faveira), *Platonia insignis* (bacuri), *Salvertia convallariodora* (folha-larga), *Swartzia flaemingii* (jacarandá), *Vataifrea macrocarpa* (amargoso) e *Zeyhera tuberculata* (pau-d' arco-cabeludo) apresentam potencial para geração de energia.

Palavras-chave: madeira, celulose, lignina, energia, carvão.

ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF “CERRADO” VEGETATION WOOD FOR ENERGY PRODUCTION

ABSTRACT: The wood anatomy of 7 from “cerrado”(chapada) natives specie), Santa Quitéria(Maranhão) was studied. Mainly related to their qualification for energy production (charcoal and fire wood). The fraction of total area in a transverse section, fiber vessel, parenchyma cells, and total biomass per cubic meter of dry wood and also the basic density (specific weight) of wood were studied. For energy production, wall fraction in relation to the occupied area of the cell (%), percent of fibers, vessel, and both axial and ray parenchyma, as well as wall density were considered. The study was based in 3 areas in a cross-section of the trunk, from the center towards the sapwood, called areas 1, 2 and 3. Based on anatomy and density mentioned, *Lindackeria paraensis* (farinha-seca), *Parkia platycephala* (faveira), *Platonia insignis* (bacuri), *Salvertia convallariodora* (folha-grande), *Swartzia flaemingii*(jacarandá), *Vatarea macrocarpa* (amargoso) and *Zeyhera tuberculata*(pau-d”arco-cabeludo) can be classified as energy production tree species.

Key words: wood, cellulose, energy, lignin, charcoal.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos anatômicos de madeiras têm sido realizados na sua grande maioria, como respaldo e subsídio à taxonomia e em pequena escala relacionados com a fisiologia e ecologia; em alguns casos, são puramente anatômicos, ou seja, sem correlacionar as características anatômicas com as funções biológicas e o uso adequado da madeira. Porém, o objetivo deste trabalho é direcionado à qualificação da madeira para a geração de energia, como carvão e lenha, com base nas características anatômicas e densidade. Nesse sentido, são considerados aqui parâmetros anatômicos que dizem respeito à qualificação da madeira para fins energéticos, dispensando, portanto, aspectos anatômicos puramente descritivos.

No decorrer do tempo, tem-se notado a falta de maiores interesses pelos estudos de madeira do cerrado, não só do ponto de vista anatômico como o tecnológico, notadamente com vistas à geração de energia. Em Pinho (1966), encontram-se informações substanciais descritivas acerca da anatomia de doze espécies do cerrado, sem contudo correlacionar as características anatômicas descritas com o uso adequado da madeira. Felfili & Silva Júnior (1988) e Silva Júnior & Silva (1988) realizaram estudos sobre a distribuição diamétrica de árvores em vegetação de cerrado, no Distrito Federal e em Paraopeba, Minas Gerais, respectivamente, e afirmaram que a maioria dos indivíduos de um total de 2014 apresentou tronco com diâmetro entre 5 e 9 cm e que 80% das árvores de *Sclerolobium paniculatum* se situam nas classes de diâmetro basal de até 13 cm.

¹ Professor, Universidade de Brasília – Departamento de Botânica - Bolsista do CNPq – 70910-900 – Brasília, D.F. eliaspaula@bol.com.br

Por outro lado, a crise energética mundial que teve início em setembro de 1973, decorrente das constantes e exorbitantes elevações do preço do petróleo, realizadas pelos países exportadores desse produto, devido à guerra entre eles e o Estado de Israel e seus aliados, é bom, mas lamentável, exemplo para que o Brasil, sem medir esforços, procure, em tempo hábil, desenvolver tecnologias destinadas à exploração sustentável de energia acumulada nos vegetais. O consumo de carvão vegetal pelas siderúrgicas e companhias metalúrgicas nacionais é muito grande. São cerca de 875 kg de carvão por tonelada de ferro gusa; um alto forno consome 19 mil m³ de carvão vegetal por mês (PAULA & ALVES, 1997). Em 1992, de um total de 6,8 milhões de toneladas de ferro gusa produzidas no Brasil, cerca de 4,2 milhões foram fabricadas a partir de carvão vegetal de florestas nativas (MEDEIROS, 1995).

É evidente que toda a madeira utilizada na produção desse carvão foi obtida por método extrativo, sem respeitar espécies, idade, diâmetro e nem a conveniência ou não de cortar árvores das espécies nas áreas exploradas. Ressalta-se que o extrativismo provoca extinção de espécies. Portanto, é premente a formação de grandes maciços florestais heterogêneos com espécies nativas de boa qualidade para essa finalidade, pelo menos a partir de espécies que foram eliminadas aleatoriamente. No futuro próximo, diante da necessidade premente da construção de termelétricas, a demanda de madeira para atendê-las será muito grande. O conhecimento anatômico é forte subsídio no contexto de qualificação de madeiras para fins apropriados e adequados. Tomazelo (1985), com base em estudos anatômicos e da densidade afirma que madeira de melhor qualidade deve ser obtida a partir de árvores com idade mais avançada. Paula & Alves (1997), com base em parâmetros anatômicos, apresentam uma lista de espécies de boa qualidade para a produção de papel e energia.

É com o objetivo de contribuir para a qualificação de madeiras destinadas à geração de energia que foi realizado este trabalho e, por extensão, para a seleção de espécies de vocação

energética com vistas à formação de maciços florestais heterogêneos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

São considerados aqui parâmetros anatômicos que dizem respeito à qualificação de madeiras para fins energéticos, dispensando, portanto, aspectos puramente descritivos. Por exemplo: no que concerne à qualificação de madeira para geração de energia ou para produção de papel, não é importante se o parênquima axial seja paratraqueal ou apotraqueal; o uso de fotografias de cortes radiais, também não é importante. No contexto do objetivo deste trabalho, o parênquima axial e o parênquima radial são considerados em termos de quantidade.

As amostras das madeiras das sete espécies aqui estudadas foram coletadas em vegetação de cerrado, na fazenda MARFLORA, município de Santa Quitéria, Maranhão. A coleta e a identificação científica das espécies foram feitas pelo próprio autor deste trabalho.

As amostras circulares (discos) foram obtidas na altura do DAP (1,30 m de altura), de árvores plenamente adultas. Para tanto, foi necessária a derrubada da árvore. Coletou-se também o material botânico fértil que serviu para a identificação científica dos binômios científicos, os quais foram incorporados ao acervo do Herbário da Universidade de Brasília (UB), sob número de coleta, conforme a seguinte discriminação: *Lindackeria paraensis* R. (farinha-seca, Flacourtiaceae), J. Elias de Paula (UB 3443); *Platonia insignis* Mart. (Guttiferae, bacuri), J. Elias de Paula (UB 3318); *Parkia platycephala* Benth. (Mimosaceae, faveira), J. Elias de Paula (UB 3409); *Salvertia convallariodora* St. Hil. (Vochysiaceae, folha-larga), J. Elias de Paula (UB 3435); *Swartzia flaemingii* Raddi (Caesalpiniaceae, jacarandá)/ J. Elias de Paula (UB 3390); *Vatairea macrocarpa* Aublet (Fabaceae, amargoso), J. Elias de Paula (UB 3420); e *Zeyhera tuberculata* (Vell.) Bur. Ex Verlot (Bignoniaceae, pau-d'arco-cabeludo), J. Elias de Paula (UB 3435).

De cada amostra circular (disco), preparou-se um corpo de prova em forma de cunha, a partir

do qual foram preparados três blocos com seis faces, em áreas disjuntivas, orientadas do centro em direção ao albúrnio, denominadas área 1, área 2 e área 3 (Figura 1). Desses blocos foram obtidos cortes histológicos no microtômo Jung, cuja espessura variou entre 25 e 40 μm . Tais blocos foram previamente colocados no autoclave para diminuir a dureza, sob pressão de 1 atmosfera e temperatura de 120°C. Os cortes histológicos foram clarificados com hipoclorito de sódio a 50%, corados com safranina diluída em álcool a 50%, desidratados e montados com bálsamo do Canadá em lâminas apropriadas.

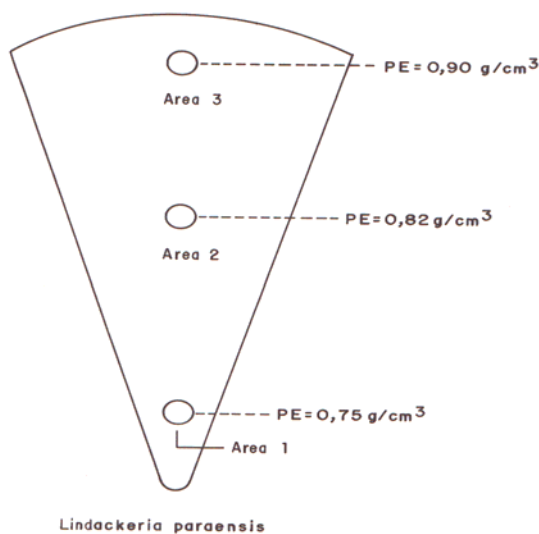


Figura 1 – *Lindackeria paraensis* - corpo de prova em forma de cunha, mostrando as áreas onde foram tiradas as amostras para a determinação da densidade, sendo a área 1 a mais interna (lenho juvenil) do cerne, área 2 corresponde à parte mediana e a área 3 corresponde à parte interna do albúrnio. Mostra também o aumento da densidade do centro em direção ao albúrnio.

Figure 1 – *Lindackeria paraensis* – cuneiform wood sample, showing where sample were taken to determine density, in which area 1 is the most internal of the trunk.

A contagem de vasos por mm^2 , bem como dos raios por mm linear, foi feita com auxílio de uma câmara clara e escala micrométrica objetiva, com a qual delimitou-se uma área correspondente a um mm^2 , utilizando-se cortes transversais e tangenciais, respectivamente. A fração parede dos elementos celulares constituintes da madeira foi

determinada usando-se a fórmula $100.2e/D$, em que (e) representa a espessura da parede e (D) o diâmetro total da célula, inclusive das fibras, valor representado em porcentagem (SATGIYA, 1972; FOELKEL & BARRICHELO, 1975; PAULA, 1989; PAULA & ALVES, 1997).

Mediram-se a espessura da parede celular, o diâmetro dos vasos, das fibras e das células parenquimatosas, bem como a largura e a altura dos raios e o comprimento das fibras e dos elementos de vaso, usando-se uma escala micrométrica ocular com fator de correlação conhecido. O coeficiente de flexibilidade das fibras, conhecido também por índice enfiletamento, foi determinado pela razão do comprimento (L) sobre a largura (W). Determinou-se o coeficiente de rigidez da fibra pela razão percentual entre o diâmetro do lume (d) sobre o diâmetro total (D): $100.d/D$. Ressalte-se que o diâmetro do lume é a diferença entre o diâmetro total e duas vezes a espessura da parede.

O percentual de fibras, dos vasos, dos raios e do parênquima axial e radial foi determinado utilizando-se fotomicrografias de cortes histológicos transversais e tangenciais (no caso dos raios) da madeira, com área conhecida e, com um planímetro, procedeu-se à leitura das áreas ocupadas por cada tipo desses elementos.

A densidade básica foi determinada pela razão da massa seca das amostras de madeira seca (peso constante) em estufa à temperatura de 105°C, sobre o volume da amostra saturada em água até atingir peso constante, obtido pelo método de imersão (HAYGREEN & BOWYER, 1989). Este método consiste em mergulhar a amostra presa a um suporte em um recipiente com água destilada sobre uma balança de precisão; a balança acusa o peso de líquido deslocado, cujo valor é convertido em volume, multiplicando-se pela densidade do líquido que, no caso, é igual a 1. Os valores da densidade foram registrados em g/cm^3 .

Os valores constantes das Tabelas 1, 2 e 3 refletem a média das três áreas. Adotou-se a terminologia recomendada por IAWA Bulletin (1989) e Comissão de Panamericana de Normas Técnicas (1974).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor compreensão e facilitar as

análises dos parâmetros determinados, reuniu-se uma parte dos resultados nas Tabelas 1, 2 e 3, evitando-se assim a repetição de dados.

Tabela 1 – Fibras: Parâmetros para análise qualitativa e quantitativa.

Table 1 – Fibers: Parameters for qualitative and quantitative analyses.

| Espécies | % | e | W | d | D | L | FP | CR |
|------------------------------|----|-------|----|-------|----|------|-------|-------|
| <i>Lindackeria paraensis</i> | 60 | 4,37 | 21 | 4,26 | 13 | 688 | 67,23 | 32,77 |
| <i>Parkia platycephala</i> | 40 | 5,75 | 25 | 5,50 | 16 | 920 | 71,87 | 28,87 |
| <i>Platonia insignis</i> | 51 | 11,50 | 25 | 7,00 | 30 | 1861 | 76,66 | 76,66 |
| <i>Sa.convallariodora</i> | 36 | 6,90 | 24 | 9,20 | 23 | 1253 | 60,00 | 40,00 |
| <i>Swartzia flaemingii</i> | 44 | 6,21 | 21 | 6,80 | 14 | 1095 | 88,71 | 12,29 |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> | 44 | 9,20 | 12 | 1,60 | 20 | 1250 | 92,00 | 8,00 |
| <i>Zeyhera tuberculata</i> | 46 | 5,29 | 27 | 12,42 | 23 | 1132 | 46,00 | 54,00 |

e-espessura da parede; d-diâmetro do lume; W-largura; D-diâmetro total; L- comprimento; FP- fração parede; CR- coeficiente de rigidez.

Tabela 2 – Densidade básica média das três áreas.

Table 2 – Specific gravity (Kg/m^3).

| Espécies | Densidade básica kg/m^3 |
|----------------------------------|---------------------------|
| <i>Lindackeria paraensis</i> | 820 |
| <i>Parkia platycephala</i> | 740 |
| <i>Platonia insignis</i> | 860 |
| <i>Salvertia convallariodora</i> | 800 |
| <i>Swartzia flaemingii</i> | 900 |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> | 880 |
| <i>Zeyhera tuberculata</i> | 630 |

Tabela 3 – Referenciais quantitativos dos vasos, raios e parênquima axial.

Table 3 – Qualitative parameters of vessels, rays and axial parenchyma.

| Espécies | Vasos | | Raios | | Parênquima axial | | | |
|------------------------------|-------|----------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------------------|--------------------|----|
| | % | Diâmetro (μm) | Número (mm^2) | Altura (μm) | % | Largura (μm) | Número (mm linear) | % |
| <i>Lindackeria paraensis</i> | 26 | 56 | 54 | 137 | 12 | 11,6 | 11,6 | 2 |
| <i>Parkia platycephala</i> | 11 | 113 | 2,8 | 267 | 15 | 31,0 | 7,0 | 38 |
| <i>Platonia insignis</i> | 2 | 127 | 1,2 | 451 | 19 | 46,0 | 4,4 | 28 |
| <i>Salv. Convallariodora</i> | 8 | 165 | 12 | 544 | 18 | 72,0 | 4,6 | 38 |
| <i>Swartzia flaemingii</i> | 10 | 74 | 8,5 | 212 | 16 | 26,0 | 9,0 | 20 |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> | 1 | 152 | 2,5 | 280 | 11 | 30,0 | 4,0 | 39 |
| <i>Zeyhera tuberculata</i> | 26 | 107 | 16 | 495 | 25 | 223 | 1,0 | 3 |

Lindackeria paraensis (Figuras 2 e 3). **Vasos**, predominantemente solitários, às vezes geminados, com diâmetro tangencial variando entre 46 e 62 μm , ocorrendo de 37 a 52 vasos por mm^2 ; fração parede dos elementos de vaso 12,95%; **elementos de vaso** dissociados com placa de perfuração simples, raramente com apêndice em uma das extremidades, ou nas duas extremidades, 300 μm de comprimento médio, com intervalo de variação entre 270 e 600 μm , tendo a largura média sido de 83 μm , variando entre 80 e 100; **pontuações intervasculares** alternas, areoladas, com abertura inclusa. **Parênquima axial**, escasso, às vezes ausente.

Máculas medulares, freqüentes. **Raios**, homogêneos, constituídos de células procumbentes, 1-seriados, raramente 2-seriados, cuja ocorrência foi de 11 a 14 raios por mm linear, a altura com intervalo de variação entre 170 e 330 μm e a largura variando de 9 a 21; μm : fração parede das células radiais 17,25%. **Fibras**, abundantes, de parede espessa em relação ao espaço ocupado, com intervalo de variação entre 600 e 770 μm de comprimento (Tabelas 1, 2 e 3).



Figura 2 –*Lindackeria paraensis* – corte transversal mostrando vasos (partes claras circulares e ovóides), floema incluso (áreas grandes claras) e fibras (partes negras). Escala de 200 μm .

Figure 2 – *Lindackeria paraensis* – cuneiform wood sample, showing where sample were taken to determine density, in which area 1 is the most internal of the trunk.

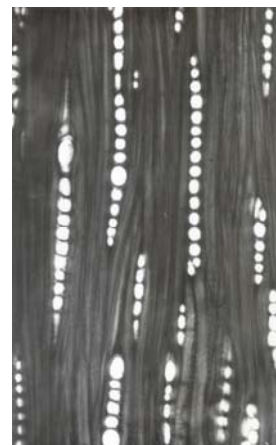


Figura 3 – *Lindackeria paraensis* – corte tangencial onde se observam fibras (partes negras estriadas) e raios 1-seriados (faixas brancas). Escala de 200 μm .

Figure 3 – *Lindackeria paraensis* – tangential section showing fibers (black stretch marks areas) and 1-seriate rays (White parts). Scale 200 μm .

Parkia platycephala (Figuras 4 e 5). **Vasos**, predominam os solitários, ocorrendo também geminados e múltiplos de até 3 elementos, entre 1 a 5 vasos por mm^2 , diâmetro tangencial de 104 a 138 μm ; fração parede dos elementos de vaso 10,70%; **elementos de vaso** dissociados com placa de perfuração simples, total e terminal, 375 μm de comprimento médio, variando entre 260 e 530 μm e a largura média da ordem de 152 μm com intervalo de variação entre 142 e 160; alguns elementos de vaso apresentam apêndice numa das extremidades, as vezes nas duas extremidades; **pontuações intervasculares**, alternas, areoladas, guarneçadas, com abertura inclusa, às vezes exclusiva coalescente. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas largas confluentes; fração parede das células desse parênquima 12,26%. **Raios**, homogêneos, predominam os 2-3 seriados, ocorrendo também 1 a 4 seriados, de 6 a 10 raios por mm linear e quanto à altura a menor foi de 200 μm e a maior de 370 μm , enquanto a largura variou entre 25 e 41 μm ; fração parede das células radiais 14,40 μm . **Fibras**, de parede moderadamente espessa em relação ao espaço ocupado, com intervalo de variação entre 600 e 1140 μm .

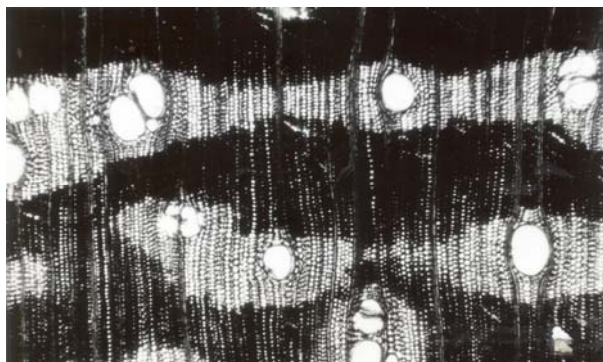


Figura 4 – *Parkia Platycephala* – corte transversal mostrando parênquima axial aliforme e aliforme confluyente (faixas brancas tangenciais) e fibras (faixas negras). Escala de 200 μm .

Figure 4 – *Parkia Platycephala* – transversal showing axial parenchyma (long white areas) and fibers (black areas). Scale 200 μm .



Figura 5 – *Parkia platycephala* - corte tangencial onde se notam raios 2-3 seriados (faixas brancas fusiformes) e fibras (áreas negras estriadas). Escala 200 μm .

Figure 5 – *Parkia platycephala* – tangential section showing 2-3 seriate rays (White strips) and fibers (stretch mark black areas) Scale 200 μm .

Platonia insignis (Figuras 6 e 7). **Vasos**, solitários, geminados e múltiplos radiais de até 6 elementos, sem dominância de nenhum dos tipos, diâmetro tangencial variando entre 60 e 210 μm , ocorrendo de 0 (zero) a 3 vasos por mm^2 ; fração parede dos **elementos de vaso** 9,39%; elementos de vaso dissociados com placa de perfuração simples, terminal e total, às vezes oblíqua, 423 μm de comprimento médio, variando entre 270 e 620 μm , apresentando 95 μm de largura média, variando de 50 a 140; **pontuações intervasculares**, alternas, com abertura inclusa. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas longas confluentes, às vezes curtas; ocorre também apotraqueal representado por grupos de células; fração parede das células desse parênquima 9,58%. Raios homogêneos, predominam os 4-seriados, ocorrendo também 1-2 seriados, cuja altura variou entre 240 e 830 μm e a largura de 30 a 67 μm , ocorrendo 2 a 5 raios por mm linear. **Fibras**, de parede espessa em relação ao espaço ocupado, variando entre 1.660 e 2.050 μm de comprimento.

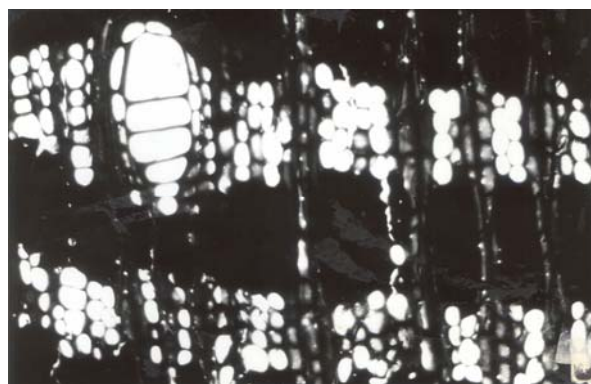


Figura 6 – *Platonia insignis* - corte transversal mostrando parênquima axial em faixas curtas e em grupos de células (faixas tangenciais brancas) e fibras (áreas negras). Escala de 200 μm .

Figure 6 – *Platonia insignis* – transversal section showing axial parenchyma (White areas) and fibers (black areas). Scale 200 μm .



Figura 7 – *Platonias insignis* - corte tangencial onde se observam raios 2-3 seriados (faixas brancas fusiformes) e fibras (partes negras). Escala de 200 μ m.

Figure 7 – *Platonias insignis* – tangential section showing 2-3 seriate rays (white parts). Scale 200 μ m.

Salvertia convallariodora (Figuras 8 e 9). **Vasos**, predominantemente solitários, ocorrendo também geminados e múltiplos radiais de até 4 elementos e também múltiplos em cachos de até 4 elementos, ocorrendo 3 vasos por mm^2 , diâmetro tangencial com intervalo de variação entre 142 e 207 μ m; fração parede dos elementos de vaso 10,28%; **elementos de vaso** dissociados com apêndice em uma das extremidades, placa de perfuração simples, total e oblíqua, 518 μ m de comprimento médio, variando entre 120 e 698; **pontuações intervasculares** alternas, areoladas, guarnecidas, com abertura inclusa. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas longas confluentes; fração parede das células parenquimatosas 8,70%. **Raios**, homogêneos, 1-4 seriados, sendo mais frequentes 3-seriados, entre 3 e 4 raios por mm linear; a altura variou de 360 a 800 e a largura de 25 a 80 μ m; fração parede das células radiais 12,43%. **Fibras**, de parede moderadamente fina em relação ao espaço ocupado, com intervalo de variação entre 1100 e 2700 μ m de comprimento (Tabelas 1, 2 e 3).

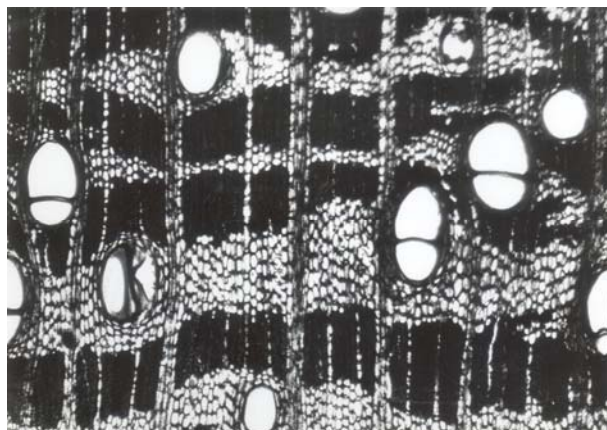


Figura 8 – *Salvertia convallariodora* – corte transversal mostrando parênquima axial em faixas confluentes (faixas tangenciais brancas) e fibras (faixas pretas). Escala de 200 μ m.

Figure 8 – *Salvertia convallariodora* – transversal section showing axial parenchyma (White areas). Scale 200 μ m.



Figure 9 – *Salvertia convallariodora* - corte tangencial onde se observam raios 1-2 seriados (faixas brancas fusiformes) e fibras (partes negras com textura estriada). Escala de 200 μ m.

Figure 9 – *Salvertia convallariodora* – tangential section showing 1-3 seriate rays (White parts). Scale 200 μ m.

Swartzia flaemingii (Figuras 10 e 11). Vasos, solitários, geminados e múltiplos radiais de até 4 elementos, sem predominância de nenhum dos tipos, de 5 a 14 vasos por mm²; diâmetro tangencial de 34 a 94 µm; fração parede dos elementos de vaso 8,11%; elementos de vaso, dissociados com placa de perfuração simples, total e terminal, 280 µm de comprimento médio, variando de 260 a 300 µm, cuja largura foi da ordem de 97 µm, com intervalo de variação entre 80 e 130 µm; pontuações intervasculares, guarnecidas, areoladas, alternas, com abertura exclusiva. Parênquima axial, apotraqueal, sendo as faixas mais largas curtas e terminais, ou seja, pertencem ao lenho tardio; fração parede das células desse parênquima 23%. **Raios**, estratificados, homogêneos, predominam os 2-seriados, entre 180 e 300 micrometros de altura, e a largura variando de 14 a 35 µm, ocorrendo de 8 a 13 raios por mm linear; fração parede das células radiais 23%, ocorrendo células radiais com cristais rômnicos de oxalato de cálcio. **Fibras**, de parede moderadamente fina, em relação ao espaço ocupado, com intervalo de variação entre 900 e 1200 µm de comprimento.

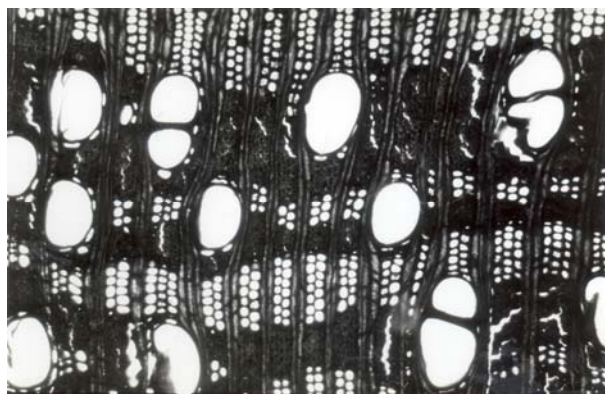


Figura 10 – *Swartzia flaemingii* - corte transversal mostrando parênquima axial apotraqueal (faixas brancas) e vasos solitários e geminados (áreas brancas) e fibras (partes negras). Escala de 200 µm.

Figure 10 – *Swartzia flaemingii* – transverse section showing apotracheal axial parenchyma (white areas) and fibers (black areas). Scale 200 µm.

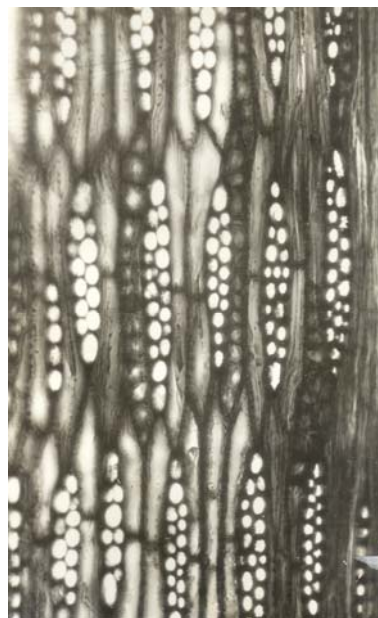


Figura 11 – *Swartzia flaemingii* - corte tangencial mostrando raios 2-seriados (faixas brancas fusiformes) e fibras (partes negras com textura estriada). Escala de 200 µm.

Figure 11 – *Swartzia flaemingii* – tangential section showing 2-seriate rays (white areas) and fibers (striate parts). Scale 200 µm.

Vatairea macrocarpa (Figuras 12 e 13). **Vasos**, predominam os solitários, ocorrendo também geminados e múltiplos radiais de até 3 elementos, entre 1 e 4 vasos por mm², diâmetro tangencial variando entre 110 e 200 µm; fração parede dos elementos de vaso 9,89%; **elementos de vaso**, dissociados com apêndice numa das extremidades, placa de perfuração simples, total e terminal, as vezes oblíqua, 268 µm de comprimento médio, variando entre 260 e 370, cuja largura média foi da ordem de 150 µm, variando entre 138 e 169; **pontuações intervasculares**, alternas, areoladas e guarnecidas, com abertura inclusa. **Parênquima axial**, paratraqueal, em faixas curtas e largas, as vezes aliforme; fração parede das células desse parênquima 21,90%; camadas de crescimento pouco nítidas. **Raios**, heterogêneos, constituídos de células procumbentes, quadradas e eretas, predominam os 2-seriados, ocorrendo também 1-3 seriados, cuja frequência se situa entre 2 e 6 raios por mm linear; a

altura variou entre 140 e 300 μm e a largura entre 23 e 46 μm . **Fibras**, de parede espessa, em relação ao espaço ocupado, variando entre 1000 e 1340 μm de comprimento.

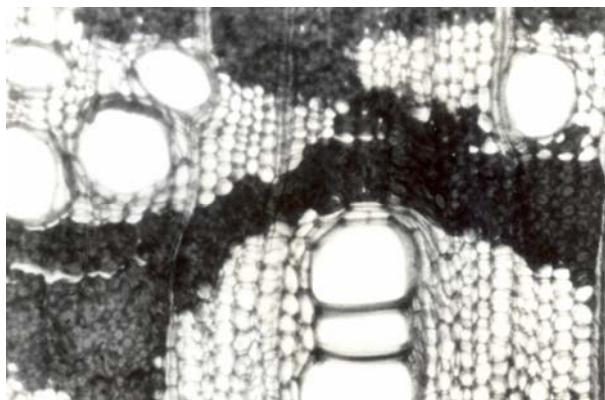


Figura 12 – *Vatairea macrocarpa* - corte transversal onde se pode vê parênquima axial paratraqueal aliforme (áreas brancas) e fibras (parte negras). Escala de 200 μm .

Figure 12 – *Vatairea macrocarpa* – transversal section showing axial parenchyma (white areas) and fibers (black areas). Scale 200 μm .

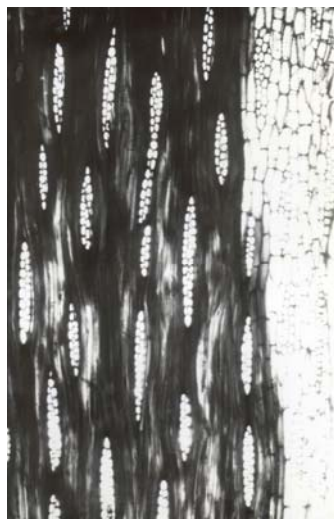


Figura 13 – *Vatairea macrocarpa* – corte tangencial mostrando raios 1-2 seriados (faixas brancas fusiformes) e fibras (partes negras com textura estriada). Escala de 200 μm .

Figure 13 – *Vatairea macrocarpa* – tangential section showing 1-2 seriate rays (white area) and fibers (black areas). Scale 200 μm .

Zeyhera tuberculata (Figuras 14 e 15). Vasos, solitários, geminados e múltiplos radiais de até seis elementos, as vezes múltiplos em cachos, sem predominância de nenhum dos tipos mencionados, diâmetro tangencial entre 43 e 120 μm , ocorrendo de 9 a 21 vasos por mm^2 ; fração parede dos elementos de vaso 5%; elementos de vaso dissociados com placa de perfuração simples, terminal e total, apêndice curto em uma das extremidades, com 322 μm de comprimento médio, variando entre 250 e 440 μm , enquanto que a largura média foi de 130 μm , com intervalo de variação entre 120 e 140 μm . Parênquima axial, paratraqueal, escasso. Raios, homogêneos, predominam 4-seriados, variando de 300 a 600 μm de altura e a largura variou de 160 a 390 μm ; fração parede das células radiais 24%. Fibras de parede moderadamente fina, em relação ao espaço ocupado, com intervalo de variação entre 900 e 1310 μm de comprimento (Tabelas 1, 2 e 3).

Com base na fração parede das células constituintes da madeira, estimou-se como um todo o percentual de celulose, lignina e hemiceluloses existente nas paredes das células, notadamente das fibras, posto que a parede é constituída destas três substâncias. Cada célula ocupa um espaço no interior da madeira. Portanto, sendo a fração parede 75%, isso significa que a parede é espessa, basicamente com 75% de celulose, lignina e hemiceluloses. Sendo as fibras morfológicamente fusiformes e a fração parede a razão entre duas vezes a espessura da parede sobre o diâmetro total, em qualquer ponto da fibra que aferir a fração parede, o resultado é o mesmo, tendo em vista que, na medida em que se afasta da parte onde o diâmetro é maior, em direção às extremidades, a espessura da parede, também diminui na mesma proporção em relação da diminuição do diâmetro.

A fração parede das células parenquimatosas e dos elementos de vaso é sempre muito baixa, com se pôde verificar na descrição de cada espécie, em relação ao espaço ocupado por cada célula. Portanto, madeiras ricas em vasos e em células parenquimatosas não devem ser utilizadas para geração de energia em termos econômicos e rendimento energético, por apresentarem baixo teor

de celulose, lignina e hemiceluloses o que significa pouca biomassa para sustentar uma combustão duradoura. Ao contrário, madeiras ricas em fibras de fração parede alta, ou seja, de parede espessa (a partir de 60%), são de boa qualidade para geração de energia (etanol, coque metalúrgico, carvão e lenha).

No caso da madeira, o álcool etílico é obtido a partir da celulose e hemiceluloses pelo processo de hidrólise ácida (ácido sulfúrico), o coque metalúrgico referido, a partir da lignina pela técnica de carbonização, isto é, eliminar oxigênio e concentrar carbono e o carvão a partir da carbonização das três substâncias mencionadas, ou seja, da madeira como um todo. Esse coque é um tipo de carvão que substitui o carvão mineral importado – em termos de Brasil, nos altos fornos siderúrgicos que produzem aços especiais. No contexto de geração de energia, a lignina é uma substância que se extrai da madeira representa uma fonte renovável de energia que já deveria estar sendo produzida em alta escala. As palmeiras arbóreas também são altamente ricas em lignina, notadamente os estipes, folhas e frutos.

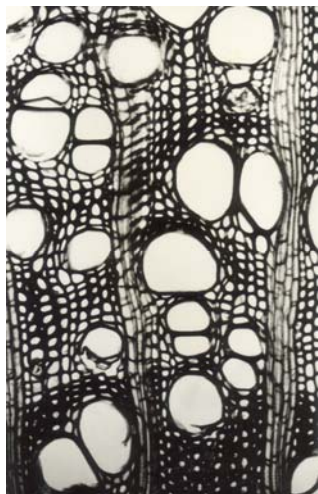


Figura 14 – *Zeyhera tuberculata* - corte transversal mostrando vasos solitários e geminados (áreas brancas), parênquima axial escasso (células contíguas aos vasos) e fibras (partes negras). Escala de 200 μm .

Figure 14 – *Zeyhera tuberculata* – transversal section showing vessels and fibers (white parts). Scale 200 μm .



Figura 15 – *Zeyhera tuberculata* - corte tangencial mostrando raios multisseriados (faixas brancas largas) e fibras (partes negras com textura estriada). Escala de 200 μm .

Figure 15 – *Zeyhera tuberculata* – tangential section showing multi-seriate rays (long white areas) and fibers (striate parts). Scale 200 μm .

O Brasil sofre as conseqüências de falta de energia exatamente porque não explora as fontes de energia alternativas renováveis. Um hectare de floresta de *Eucalyptus* spp. com sete anos de idade fornece apenas 9 toneladas de coque metalúrgico (Caderno Coalbra 1983). Madeira de *Eucalyptus* spp. Com essa idade está na faixa de madeira leve (até 0,55g/cm³), portanto, com baixo teor de celulose, lignina e hemiceluloses.

Sob os pontos de vista econômico e ecológico, não é viável explorar madeiras com pouca idade (com menos de 13 anos) para a geração de energia, sejam de *Eucalyptus* spp ou de espécies nativas, tendo em vista que as árvores aumentam o ritmo do processo de produção de celulose, lignina e hemiceluloses, na medida em que se tornam mais velhas, refletindo no aumento da densidade (PAULA, 1995; TOMAZELLO, 1985). Isso se torna bem claro quando se analisa a Figura 1, pois a madeira da área 1 (lenho juvenil) foi formada quando a árvore tinha pouca idade. Logo, a densidade foi mais baixa, em comparação com a das áreas 2 e 3. Nesse sentido, depreende-se que a idade ideal para o corte de árvores para fins energéticos deveria ser entre 13 e 11 anos. Haygreen & Bower (1989) afirmam que

a densidade do lenho juvenil é menor que a densidade da amostra normal em até 40%, e que a relação taxa de crescimento e densidade depende da espécie, idade e localização da amostra, ou seja, nem sempre a maior taxa de crescimento resulta em uma menor densidade. O conhecimento anatômico e da densidade de madeiras indígenas se traduz em subsídio para a escolha de espécies destinadas à execução de planos de manejo e de enriquecimento, que culmina com a formação de florestas heterogêneas energéticas e papelerias. Nesse sentido, os parâmetros anatômicos e as conclusões apresentadas se situam dentro desse contexto.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, depreende-se que as espécies *Lindackeria paraensis*, *Parkia platycephala*, *Swartzia flaemingii*, *Vatairea macrocarpa*, *Platonia insignis*, *Salvertia convallariodora* e *Zeyhera tuberculata* são auspiciosas para a produção de carvão e lenha. Ressalta-se que, sendo estas 7 espécies de boa qualidade para a produção de energia, especialmente carvão e lenha, observa-se, no entanto, que a utilização efetiva só seria viável, dos pontos de vista econômico ecológico, se incluídas na formação de grandes maciços florestais heterogêneos sob planos de manejo ecológico de rendimento sustentável, a fim de evitar o extrativismo em alta escala para fins energéticos. *Zeyhera tuberculata* pode ser recomendada também para a produção de papel.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CADERNOS COALBRA. **Cadernos Coalbra**, Brasília, Ministério da Agricultura, v. 3, 170 p., 1983.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira** - esquema 1 de recomendação. Assuncion, 1974. v. 19.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C. Distribuição diamétrica numa faixa de cerrado na fazenda água limpa (FAL) em Brasília, DF. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 2, p. 85-95, 1988.

FOELKEL, C. E.; BARRICHELO, L. E.G. Estudo comparativo da madeira de *Eucalyptus spp.* para

produção de celulose sulfato. **IPEA**, Piracicaba, v. 10, p. 17-37, 1975.

HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. **Forest products and wood science and introduction**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1989. 500 p.

IAWA. List microscop features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Utrecht, v. 10, n. 3, p. 221-259, 1989.

MEDEIROS, J. X. Avaliação econômico-ecológica da produção de carvão vegetal na bioenergia brasileira. In: PETER, M. **Economia ecológica**. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 221 p.

PAULA, J. E. Estudo anatômico e dendrométrico de *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 745-757, jan. 1995.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso**. Brasília: MOA, 1997. 543 p.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. Estudo da estrutura anatômica de madeiras indígenas, visando seu aproveitamento na produção de energia e Papel. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1461-1471, dez. 1989.

PAULA, J. E.; CARDOSO, E. N. Anatomia e dendrometria da madeira de *Pterodon polygalaeflorus* e *P. pubescens*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 15-29, jan. 1995.

PINHO, R A. Estudo anatômico do lenho secundário de árvores do cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v. 38, p. 113-116, 1966. Suplemento.

SATGIYA, S. C. Saessonal variation in the anatomical characteristics of bakain Wood (*Melia azedrach* L.) and its suitability for making. **Indian Pulp and Paper**, Calcuta, v. 27, p. 85-89, Feb./Mar. 1972.

SILVA JÚNIOR, M. C.; SILVA, A. F. Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes do cerrado na Estação Florestal de experimentação de Paraopeba (MG). **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 2, p. 107-126, 1988.

TOMAZELLO, M. F. Variação radial da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, v. 29, p. 39-45, 1985.

