

Anatomia comparativa da madeira e carvão de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke e *Enterolobium schomburgkii* Benth. para fins de identificaçãoComparative anatomy of wood and charcoal of *Cedrelinga catenaeformis* Ducke and *Enterolobium schomburgkii* Benth. for identification purposesGraciela Inés Bolzon de Muñoz¹, Silvana Nisgoski²,
Ramiro Faria França³ e Felipe Zatt Schardosin⁴**Resumo**

As características anatômicas da madeira e do carvão de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke e *Enterolobium schomburgkii* Benth. foram comparadas com o intuito de contribuir com informações para facilitar identificações e inibir o comércio ilegal. As amostras provenientes de árvores do município de Nova Maringá, Mato Grosso, foram divididas para análise da madeira e carbonização em forno Mufla, em regime de rampas e temperatura máxima de 450 °C, totalizando 7 horas. As características anatômicas da madeira e lenho carbonizado das duas espécies são compatíveis sendo possível a identificação do carvão com base nas estruturas constituintes. A espessura da parede das fibras, quantidade de parênquima axial e largura dos raios são responsáveis pelo diferente comportamento dimensional das estruturas anatômicas das espécies estudadas para um mesmo processo de carbonização.

Palavras-chave: estrutura anatômica, lenho carbonizado, cedro amazonas, orelha de nego.

Abstract

The anatomical characteristics of wood and charcoal of *Cedrelinga catenaeformis* Ducke and *Enterolobium schomburgkii* Benth. were compared in order to facilitate identification and inhibit illegal commerce. Samples from trees of Nova Maringá, Mato Grosso, were subdivided for wood analysis and carbonization process in a muffle furnace, in increasing and final temperature of 450 °C, for seven hours. Anatomical characteristics of wood and charcoal from both species were compatible rendering the identification possible, based on component structure. Fiber wall thickness, axial parenchyma abundance and ray width are responsible for unequal dimensional behavior of anatomical structures of these species for the same carbonization process.

Keywords: anatomic structure, carbonized wood, cedro amazonas, orelha de nego.

INTRODUÇÃO

Localizado na região Centro Oeste do Brasil, o estado do Mato Grosso possui uma área de aproximadamente 907 mil km² sendo que 468 mil km² fazem parte da Floresta Amazônica (REMADE, 2001), com potencial de 400 milhões de m³ de madeira e cerca de 200 espécies nativas, com possibilidade de aproveitamento comercial (MOURA *et al.*, 2004). Dentro da Amazônia Legal, foram criadas onze zonas madeireiras, sendo três (Centro, Norte e Noroeste) presentes no Estado de Mato Grosso (LENTINI *et al.*, 2003).

A indústria madeireira é a atividade econômica que mais gera empregos no estado e corresponde a cerca de 7% do PIB de todo Mato Grosso. Da Amazônia Legal, no ano de 2009, foram extraídos em torno de 14,2 milhões de metros cúbicos de madeira em tora nativa, o estado do Mato Grosso extraiu cerca de 28% do total, ficando atrás, em números, somente do Estado do Pará (SFB; AMAZON, 2010).

Dentre as principais espécies da família Fabaceae (Leguminosae Mimosoideae) que ocorrem no Mato Grosso, tem elevada importância comercial e são utilizadas na fabricação de compensa-

¹Eng. Florestal, Doutora. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Av. Pref. Lothário Meissner, 900. CEP:80.210-170-Curitiba, PR. E-mail: graciela.ufpr@gmail.com

²Eng. Florestal, Doutora. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Av. Pref. Lothário Meissner, 900. CEP:80.210-170-Curitiba, PR. E-mail: silnis@yahoo.com

³Acadêmico Engenharia Industrial Madeireira. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Av. Pref. Lothário Meissner, 900. CEP:80.210-170-Curitiba, PR. E-mail: ramirofaria@hotmail.com

⁴Acadêmico Engenharia Industrial Madeireira. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Av. Pref. Lothário Meissner, 900. CEP:80.210-170-Curitiba, PR. E-mail: zatt@ufpr.br

dos, móveis e adornos, a *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (cedro amazonas) que pode atingir até 40 m de altura e 2 m de diâmetro, com madeira leve a medianamente pesada, cerne marrom-avermelhado ou cinza rosado, pouco destacado do alburno, que é mais claro e lustroso, grã quase sempre direita, mas a presença de grã entrecruzada não é incomum (GONÇALEZ; GONÇALVES, 2001); e *Enterolobium schomburgkii* Benth. (orelha de nego) que pode atingir até 30 m de altura com tronco de 60-100 cm de diâmetro, madeira pesada (densidade 0,79g/cm³) e dura ao corte e grã de irregular a reversa (LORENZI, 2002).

Como uma ferramenta da dendrologia, a anatomia da madeira tem se constituído em um caminho para o estudo das florestas tropicais, possibilitando a identificação das espécies pelo seu lenho (CURY, 2001), fornecendo informações sobre sua estrutura, gerando uma correta identificação e, na sua grande maioria, tem sido realizados como respaldo e subsídio à taxonomia e em pequena escala relacionados com a fisiologia e ecologia (PAULA, 2005).

Outro item importante na utilização de madeiras nativas é a questão legal, pois deve passar por postos de fiscalização contendo documentos que comprovem sua origem. Com o material corretamente identificado é possível comprovar a procedência da madeira, servindo de suporte a fiscalização, certificando o consumidor quanto ao produto recebido, impedindo que o consumidor seja enganado e diminuindo a ilegalidade na atividade madeireira (INDEA, 2011).

Um dos produtos obtidos através da madeira é o carvão vegetal, de acordo com SFB e IMAZON (2010), no ano de 2009, o processamento dos 14,2 milhões de metros cúbicos de madeira na Amazônia legal resultou na produção de 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada. O restante 8,4 milhões de metros cúbicos de madeira em tora foram caracterizados como resíduos do processamento e cerca de 1,6 milhões de metros cúbicos desses resíduos foram aproveitados na produção de carvão.

De acordo com GONÇALVES (2010) a importância econômica do carvão vegetal é cada vez mais significativa. No ano de 2005, atividades relacionadas à sua produção e comercialização movimentaram 0,5% do PIB nacional, equivalendo a cerca de quatro bilhões de dólares.

A identificação do carvão se faz importante para avaliar o comportamento das estruturas anatômicas após carbonização e também tem o objetivo de aumentar a fiscalização acerca deste produto muito utilizado. A identificação taxo-

nômica de espécies é baseada essencialmente na comparação da estrutura anatômica dos fragmentos carbonizados com amostras de madeiras atuais de referência (GONÇALVES *et al.*, 2008).

O presente trabalho visa descrever anatômica e o lenho carbonizado de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (cedro amazonas) e *Enterolobium schomburgkii* Benth. (orelha de nego) com o intuito de contribuir com informações para facilitar identificações e inibir o comércio ilegal destas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

As espécies *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (cedro amazonas) e *Enterolobium schomburgkii* Benth. (orelha de nego) foram provenientes do município de Nova Maringá, localizado ao norte do estado de Mato Grosso. Discos retirados na região do diâmetro à altura do peito (DAP) foram divididos em amostras para análise da madeira e carbonização.

Os corpos de prova foram previamente cozidos em água para amolecimento, com tempo variável de acordo com a espécie. Em seguida, as amostras foram cortadas em micrótomos de deslize, com espessura de aproximadamente 20µm e coradas para confecção de lâminas contendo os três cortes anatômicos.

As imagens e medidas foram obtidas em Microscópio Olympus CX-40 com câmera digital Olympus Camedia C3000 acoplada, utilizando-se o software Olympus MicroSuite™ - Basic do próprio equipamento. Foram seguidas as recomendações para descrição anatômica da International Association of Wood Anatomists (IAWA, 1989) e Muñiz e Coradin (1991).

Para obtenção do carvão vegetal, dez amostras (2x2x5cm), abrangendo a variação medula casca, foram embrulhadas em papel alumínio e carbonizadas em forno Mufla, em regime de rampas e temperatura máxima de 450 °C, totalizando 7 horas (Tabela 1).

As imagens do carvão foram obtidas em Esteiomicroscópio Zeiss Discovery 12 e a medição dos elementos celulares foi efetuada utilizando o software Axio Vision Release. 4.7 do próprio equipamento. Também foram obtidas imagens por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em material maciço utilizando-se o equipamento TM-1000 da Hitachi.

A variação das dimensões celulares entre a madeira e o carvão foi avaliada estatisticamente através da comparação das médias pelo teste de Tukey, a 95% de probabilidade.

Tabela 1. Regime de carbonização.**Table 1.** Carbonization process.

Tempo (min)	Temperatura (°C)
0	25
20	150
80	150
87	200
177	200
184	250
274	250
288	350
348	350
362	450
392	450

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cedrelinga catenaeformis (cedro amazonas)

A madeira (Figura 1A-B) apresenta anéis de crescimento pouco visíveis, demarcados pelo espessamento da parede das fibras; poros de 1-2-5/mm² em distribuição difusa, solitários em maioria, com diâmetro tangencial de 150-267-348µm (s=48,71), geminados e múltiplos radiais presentes, placa de perfuração simples, pontoações intervasculares areoladas alternas, pequenas; parênquima axial aliforme escasso; raios homogêneos, com 125-196-322µm (s=42,82) de altura, predominando uni e bisseriados, com largura de 12-22-39µm (s=6,69) e frequência de 4-6-8 raios/mm (s=1,32), não estratificados; fibras não septadas.

No lenho carbonizado a estrutura se manteve, sendo possível a identificação da porosidade difusa (Figura 1C), vasos solitários e geminados (Figura 1C-D), a pouca distinção do parênquima axial (Figura 1D), raios homogêneos (Figura 1E) e unisseriados (Figura 1H) com resíduos do conteúdo bem evidente (Figura 1F), obstruindo as células (Figura 1I). As paredes dos vasos e as pontoações areoladas (Figura 1G-H) se mantiveram sem alterações.

As dimensões celulares no lenho carbonizado da *Cedrelinga catenaeformis* são compatíveis com as descrições da madeira de outra região de crescimento obtida em estudos de Loureiro e Silva (1968) sendo possível a comparação e identificação do carvão das espécies com base nas características anatômicas.

Enterolobium schomburgkii (orelha de negro)

A madeira (Figura 2A-B) apresenta anéis de crescimento indistintos; poros de 1-3-5/mm² em distribuição difusa, predominantemente solitários, com diâmetro tangencial de 150-203-246µm

(s=26,53), placa de perfuração simples, pontoações intervasculares areoladas alternas, óleo resina presente; parênquima axial aliforme losangular formando confluências curtas; raios homogêneos (somente células eretas), com 110-227-375µm (s=76,11) de altura, multisseriados, com largura de 15-33-62µm (s=10,96), com frequência de 3-4-6 raios/mm (s=0,81), não estratificados; fibras septadas presentes, de paredes espessas.

O lenho carbonizado manteve a estrutura, sendo possível a visualização da porosidade difusa (Figura 2C-D), vasos solitários em maioria (Figura 2D), geminados (Figura 2C) e múltiplos (Figura 2E), o contraste do parênquima axial aliforme (Figura 2C-F) e as fibras de parede espessa (Figura 2F), raios homogêneos (Figura 2G) e uni e bisseriados (Figura 2H). As paredes dos vasos e as pontoações areoladas alternas (Figura 1H-I) se mantiveram sem alterações.

As dimensões celulares no lenho carbonizado do *Enterolobium schomburgkii* são compatíveis com as descrições da madeira de diferentes regiões de crescimento e idades obtidas em estudos de Loureiro e Silva (1968), Mainieri e Chimelo (1989), Richter e Dalwitz (2000), sendo possível a comparação e identificação do carvão da espécie com base nas características anatômicas.

A comparação das dimensões celulares entre a madeira e carvão (Tabela 2) mostra que os vasos não apresentaram significativa redução do seu diâmetro na *Cedrelinga catenaeformis*, muito embora a frequência destes tenha se elevado consideravelmente e no *Enterolobium schomburgkii* a contração e aumento do número foi bem evidente.

A variação entre as espécies é o resultado da diferença de comportamento das fibras e células de parênquima, o que concorda com as observações de Kim e Hanna (2006), Kwon *et al.* (2009), Prior e Alvin (1983) e Prior e Gasson (1993), em estudos com diferentes espécies e temperaturas de carbonização, que relatam variações no comportamento dos vasos durante o processo em função das diferentes contrações anisotrópicas do material, sendo mais evidente ou menos destacado em virtude das características da parede das fibras e células de parênquima que envolvem os vasos.

Os raios são homocelulares nas duas espécies, predominando os unisseriados na *Cedrelinga catenaeformis* e os trisseriados no *Enterolobium schomburgkii*. O aumento apenas dimensional, mas não significativo estatisticamente, na altura dos raios também foi observado por Gonçalves (2010) em espécies do cerrado brasileiro, e pode

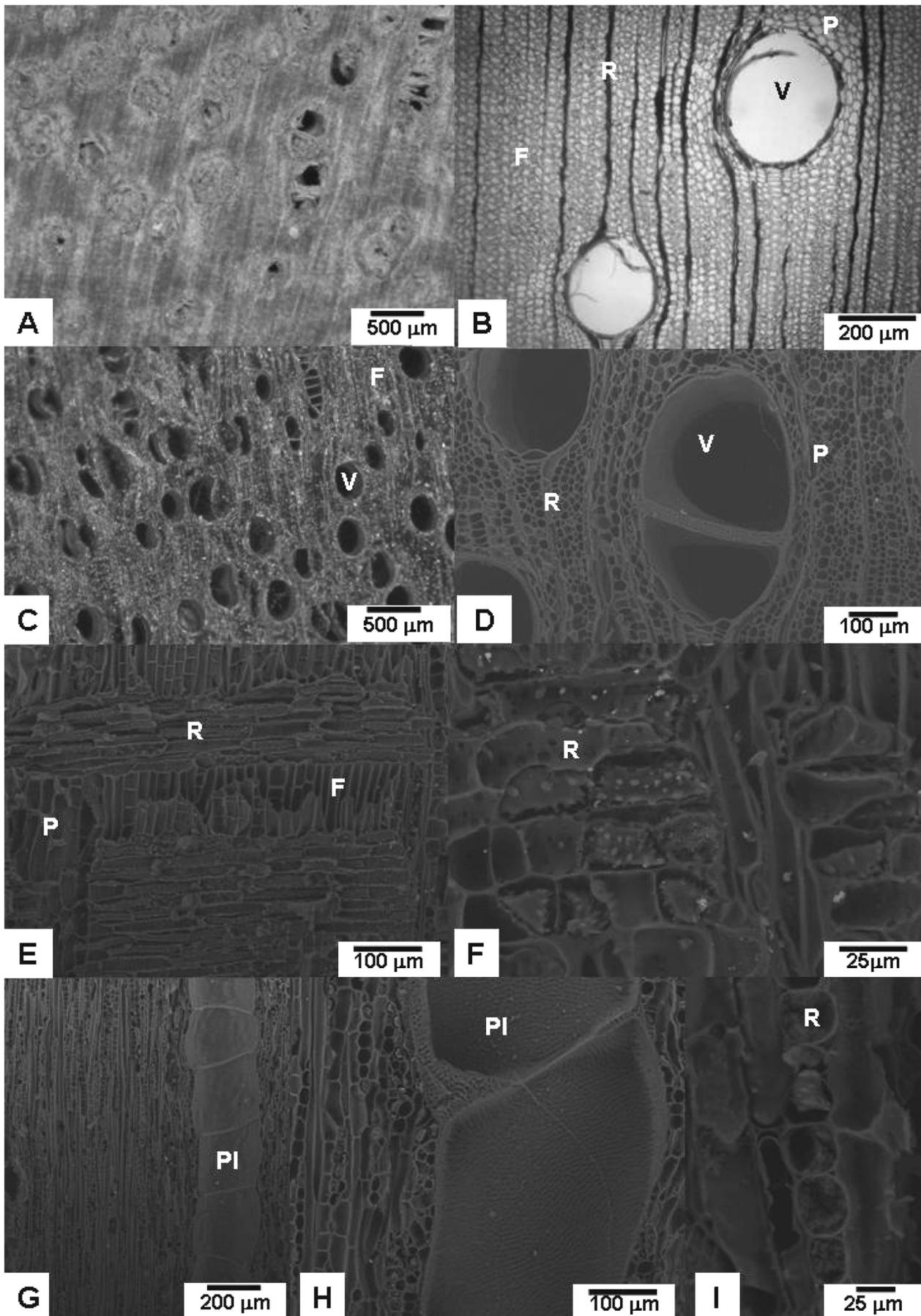


Figura 1. *Cedrelinga catenaeformis* (A,B) Madeira; (C-I) Carvão. (A,C) Imagens em Estereomicroscópio; (B) Imagem em microscópio. (C-I) MEV. (V) vasos, (R) raio, (P) parênquima axial, (F) fibras, (PI) pontoações intervasculares.

Figure 1. *Cedrelinga catenaeformis* (A,B) Wood; (C-I) Charcoal. (A,C) Stereomicroscope images; (B) Microscope image. (C-I) SEM. (V) vessels, (R) ray, (P) axial parenchyma, (F) fibers, (PI) intervessel pits.

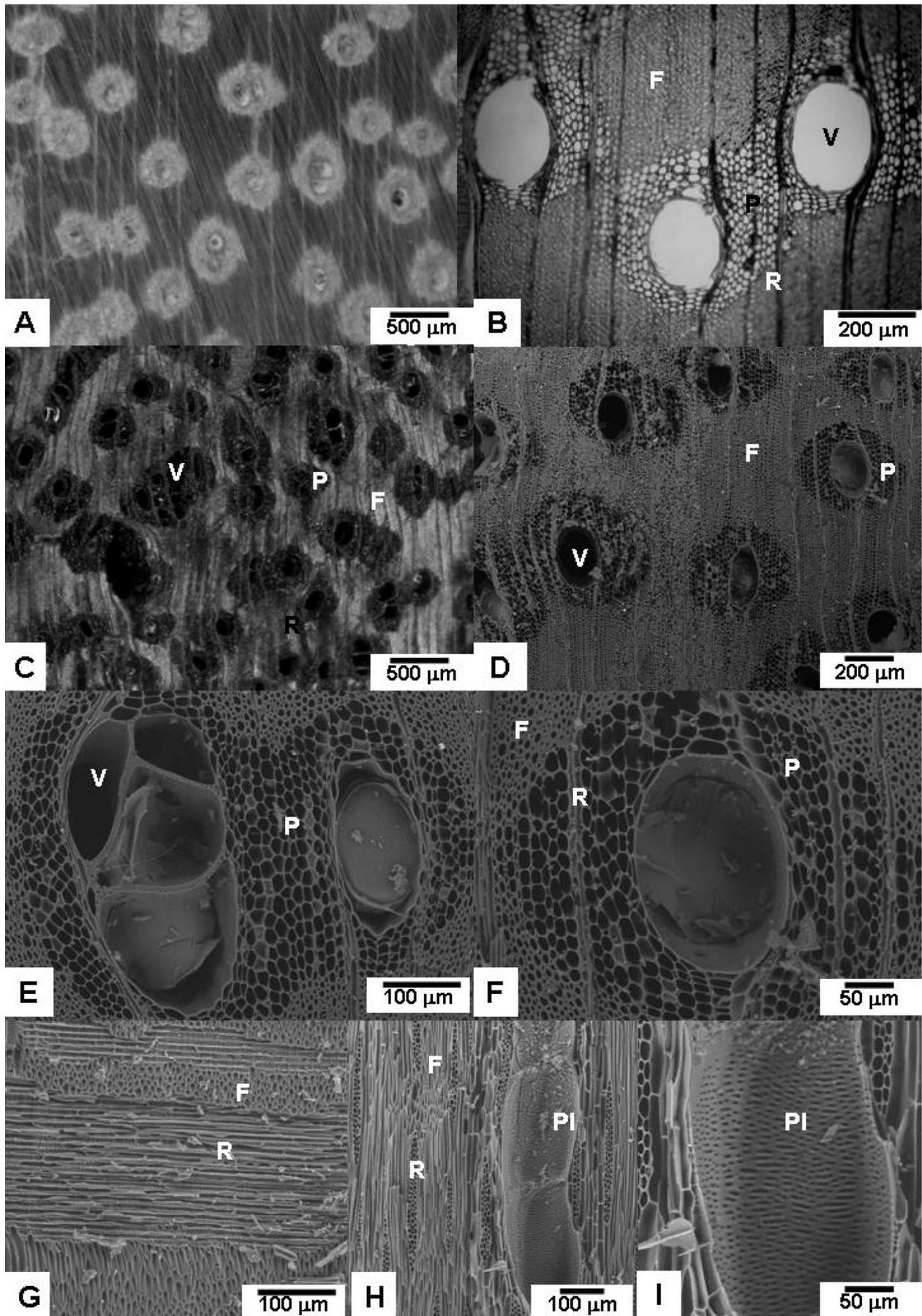


Figura 2. *Enterolobium schomburgkii* (A,B) Madeira; (C-I) Carvão. (A,C) Imagens em Estereomicroscópio; B) Imagem em microscópio. (C-I) MEV. (V) vasos, (R) raio, (P) parênquima axial, (F) fibras, (PI) pontoações intervasculares.

Figure 2. *Enterolobium schomburgkii* (A,B) Wood; (C-I) Charcoal. (A,C) Stereomicroscope images; B) Microscope image. (C-I) SEM. (V) vessels, (R) ray, (P) axial parenchyma, (F) fibers, (PI) intervessel pits.

Tabela 2. Características da madeira e carvão.
Table 2. Wood and charcoal characteristics.

Espécie	Poros/mm ²		Diâmetro poros (µm)		Altura Raios (µm)		Largura Raios (µm)	
	Mad	Carvão	Mad	Carvão	Mad	Carvão	Mad	Carvão
<i>Cedrelinga catenaeformis</i> – cedro Amazonas								
Mínimo	1,00	2,00	149,11	124,46	124,26	116,65	11,83	13,94
Média	2,00 ^a	4,22 ^b	266,63 ^a	235,63 ^a	195,60 ^a	219,33 ^a	21,92 ^a	29,54 ^b
Máximo	5,00	13,00	347,93	360,67	321,89	443,11	39,05	49,11
Desvio padrão	0,87	2,27	48,71	70,87	42,82	70,06	6,68	8,90
<i>Enterolobium schomburgkii</i> - orelha de nego								
Mínimo	1,00	2,00	149,11	75,79	110,06	95,86	15,38	8,45
Média	2,82 ^a	4,66 ^b	202,84 ^a	148,86 ^b	227,74 ^a	253,85 ^a	32,52 ^a	23,42 ^b
Máximo	5,00	8,00	246,15	233,46	375,15	382,00	61,54	42,03
Desvio padrão	1,21	1,67	26,54	43,38	76,12	69,10	10,96	7,61

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, em cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

ser resultado da formação de pequenos espaços intercelulares entre as células procumbentes do raio, o que foi descrito por Prior e Alvin (1983), além da elevada variação deste parâmetro na espécie relacionada com a posição no tronco. Além disso, os raios estão lateralmente ligados às fibras, e estas atuam com agentes limitadores do movimento em altura dos raios, uma vez que a contração das fibras no sentido axial é pequena para o processo de carbonização. O comportamento difere em relação à largura dos raios nas espécies estudadas, resultado da variação na espessura da parede das fibras em cada uma. Na *Cedrelinga catenaeformis* houve um aumento em largura, ou seja, ocorreram expansões que podem ter sido originadas pela alteração química das substâncias armazenadas nestas células, formando gases, sendo necessários estudos mais aprofundados. Já no *Enterolobium schomburgkii* observou-se a diminuição, o que é chamado de "fendas de retração". O comportamento diferenciado dos raios em relação à largura é relatado em diversos trabalhos e também contraditório, indicando que a espécie em análise é um fator relevante. Kim e Hanna (2006) em estudos com *Quercus variabilis* verificaram que os raios unisseriados mantiveram suas características morfológicas e as células apresentaram pouca separação entre si, ao contrário dos raios multisseriados que sofreram desintegração das paredes celulares com a presença de fendas de retração com o aumento da temperatura de carbonização. Também que o aumento da temperatura resultou na homogeneização das camadas da parede celular das fibras, redução da espessura da parede celular e rompimento da interface raio fibra. Já Prior e Gasson (1993), avaliando seis espécies africanas, concluíram que os raios homocelulares multisseriados contraíram menos do que os raios unisseriados, comentando também a influência da espessura da parede das fibras na restrição da modificação na largura dos

raios e Gonçalves (2010) avaliando dez espécies do cerrado observou que a contração de raios mais largos devido à carbonização não pode ser utilizada como regra.

CONCLUSÃO

As características anatômicas da madeira e lenho carbonizado de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke e *Enterolobium schomburgkii* Benth. são compatíveis sendo possível a identificação do carvão das espécies com base nas estruturas constituintes.

O diferente comportamento dimensional das estruturas anatômicas nas espécies estudadas, para um mesmo processo de carbonização, é resultado da variação na espessura da parede das fibras, quantidade de parênquima axial e largura dos raios, indicando que para uma correta identificação, a nível de espécie, é necessário a comparação com uma coleção de referência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CURY, G. Descrição da estrutura anatômica do lenho e sua aplicação na identificação de espécies arbóreas do Cerrado e da Mata Atlântica do estado de São Paulo. 2001. 178p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- GONÇALEZ, J.C.; GONÇALVEZ, D.M. Valorização de duas espécies de madeira *Cedrelinga catenaeformis* e *Enterolobium schomburgkii* para a indústria madeireira. *Brasil Florestal*, Brasília, n.70, p.69-74, 2001.
- GONÇALVES, T.A.P. Anatomia do lenho e carvão de espécies arbóreas em áreas de cerrado do estado de São Paulo. 2010. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2010.

- GONÇALVES, T.A.P.; ZBOROWSKI, M.B.; SCHEEL-YBERT, R. Coleção de referência antracológica: anatomia da madeira de espécies de Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae, Araliaceae e Compositae de vários biomas brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDO DO QUARTENÁRIO. 10., 2008, Rio de Janeiro. **Resumos expandidos...** Rio de Janeiro: ABEQUA, 2008. p.4.
- IAWA. IAWA List of Microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leuven, v.10, n.3, p.219-332, 1989.
- INDEA - Instituto de Defesa Agropecuária do Estado do Mato Grosso. Disponível em: <<http://www.indea.mt.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2011.
- KIM, N.H.; HANNA, R.B. Morphological characteristics of *Quercus variabilis* charcoal prepared at different temperatures. **Wood Science and Technology**, New York, v.40, n.5, p.392-401, 2006.
- KWON, S.M.; KIM, N.H.; CHA, D.S. An investigation on the transition characteristics of the wood cell walls during carbonization. **Wood Science and Technology**, New York, v.43, n.5-6, p.487-498, 2009.
- LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: IMAZON, 2003. 110p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v.2, 368p.
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. **Catálogo das madeiras da Amazônia**. Belém: SUDAM, 1968. v.2, 411p.
- MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. IPT: São Paulo, 1989. 420p.
- MOURA, R.G.; PEREIRA, M.M.; MENDOZA, Z.M.S.H. Estudo do setor madeireiro na Amazônia Matogrossense. ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRA E ESTUDO DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...** EBRAMEM. Cuiabá, 2004
- MUÑIZ, G.I.B.; CORADIN, V.R. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia da Madeira. I – Angiospermae, II- Gimnospermae**. Brasília: SFB / Laboratório de Produtos Florestais. 1991. (Série Técnica, 15).
- PAULA, J.E. Caracterização anatômica da madeira de espécies nativas do cerrado, visando sua utilização na produção de energia. **Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.90-100, 2005.
- PRIOR, J.; ALVIN, K.L. Structural changes on charring woods of *Dichrostachys* and *Salix* from southern Africa. **IAWA Bulletin**, Leuven, v.4, n.4, p.197-206, 1983.
- PRIOR, J.; GASSON, P. Anatomical changes on six African hardwoods. **IAWA Journal**, Leuven, v.14, n.1, p.77-86, 1993.
- REMADE. Mato Grosso: um pólo em crescimento. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.60, 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=32&subject=Mato%20Grosso&title=Um%20P%C3%B3lo%20em%20Crescimento>. Acesso em: 26 abr. 2011
- RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. 2000. Disponível em: <<http://biodiversity.uno.edu/delta>>. Acesso em: 26 abr. 2011.
- SFB - SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO; IMAZON - INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém: SFB / IMAZON, 2010. 20p.

Recebido em 03/10/2011

Aceito para publicação em 08/05/2012