

**ANATOMIA DO LENHO CARBONIZADO DE *Copaifera cf. langsdorfii* Desf. E
Dipteryx odorata (Aubl.) Wild.**

Silvana Nisgoski¹, Graciela Inés Bolzon Muñiz¹, Ramiro Faria França¹, Francielli Rodrigues
Ribeiro Batista¹

Resumo: A discriminação de espécies pela análise do carvão vegetal é possível, pois as características anatômicas da madeira permanecem quase intactas após o processo de carbonização. Estudos nessa área são escassos e direcionados à paleoecologia e paleoetnobotânica. Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo a caracterização anatômica do lenho carbonizado de *Copaifera cf. langsdorfii* Desf. e *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild., provenientes da região norte do estado do Mato Grosso, visando fornecer informações para auxiliar no controle do comércio ilegal. De cada espécie foram carbonizadas dez amostras com dimensões de 2 x 2 x 5 cm em forno mufla, em regime de rampas e temperatura máxima de 450°C por 30 minutos, totalizando sete horas. A temperatura final utilizada não alterou a estrutura anatômica de ambas as espécies, o que permitiu sua diferenciação. O formato dos cristais permaneceu sem alteração, surgindo pequenas fissuras.

Palavras-chave: estrutura anatômica; carbonização; discriminação de espécies.

***Copaifera cf. langsdorfii* Desf. AND *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild. CHARCOAL
ANATOMY**

Abstract: Species discrimination by charcoal analysis is possible, because the wood anatomical structure remains almost intact after carbonization process. Studies in this area are rare and directed to paleoecology and paleoetnobotany. Thus, this study aimed to characterize anatomically the carbonized wood of *Copaifera cf. langsdorfii* Desf. and *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild., proceeding from north region of Mato Grosso state, in order to provide information to manage its illegal commerce. From each species were carbonized ten samples with dimensions of 2 x 2 x 5 cm in muffle furnace, in stage program and highest temperature of 450°C for 30 minutes, for seven hours. Final temperature applied does not change anatomical structure from both species, allowing its differentiation. The crystals format remained without alterations, being visible little split.

Keywords: anatomical structure; carbonization; species discrimination.

¹ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, <silvana.ufpr@gmail.com>; <graciela.ufpr@gmail.com>; <ramirofaria@hotmail.com>; <franciellirb@gmail.com>.

1 INTRODUÇÃO

A espécie arbórea *Copaifera langsdorfii* Desf. (Fabaceae ó Caesalpinioideae), popularmente conhecida por copaíba, óleo de copaíba, bálsamo, pau de óleo, entre outros, possui, de acordo com Paula (1981), alto teor de lignina, sendo indicada para produção de álcool, coque e carvão. Contudo, nos anos 90, foi explorada irracionalmente na fabricação de carvão vegetal na região do Cariri, sul do Ceará (HOLANDA; BATISTA, 1997). A madeira é indicada para construção civil, confecção de móveis e peças torneadas. Fornece o bálsamo ou óleo de copaíba, líquido transparente e terapêutico com amplos estudos e utilização comercial (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; PLOWDEN, 2003; GRAMOSA; SILVEIRA, 2005; STUPP et al., 2008).

Anatomicamente, essa madeira caracteriza-se por apresentar porosidade difusa, poucos poros, pequenos a médios, solitários predominantes, geminados e múltiplos, pontoações intervasculares alternas guarnecidas, óleo resina abundante; parênquima axial marginal em faixas estreitas, vasicêntrico escasso, contendo cristais romboidais em série; raios homocelulares com tendência a heterocelulares, bisseriados predominantes, baixos; fibras de paredes delgadas; canais intercelulares presentes, axiais, em disposição tangencial, envolvidos por parênquima marginal; camadas de crescimento demarcadas pelas faixas de parênquima marginal (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

A madeira de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild. (Fabaceae ó Faboideae), conhecida principalmente por cumaru, caracteriza-se por seu uso diversificado, desde a construção civil e naval, até a confecção de postes, móveis, entre outros. É considerada uma essência florestal de alto valor comercial, tendo figurado em 2007, como uma das mais exportadas pelas indústrias do estado do Pará (SOUSA et al., 2007). Anatomicamente, a madeira apresenta porosidade difusa, poros solitários predominantes, geminados e múltiplos presentes, numerosos, médios, pontoações intervasculares alternas, ovaladas, abertura inclusa e guarnecida, óleo resina presente; parênquima axial aliforme losangular, ocasionalmente formando confluências curtas, cristais romboidais em série presentes, estratificado; raios homocelulares, unisseriados predominantes, bi e trisseriados, extremamente baixos, estratificados; fibras de paredes muito espessas predominantes; camadas de crescimento ligeiramente demarcadas pela espessura da parede das fibras (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

A diferenciação de madeiras pela análise do carvão é possível, pois as características anatômicas do lenho permanecem quase intactas após o processo de carbonização, embora alguns dos detalhes sutis, como membrana e borda das pontoações, e placas de perfuração,

possam se desintegrar (HOADLEY, 1990). O exame óptico de seções polidas e a microscopia eletrônica de fragmentos de carvão podem fornecer importantes informações sobre o material (COLLINSON et al. 2007).

As características físicas do carvão dependem da natureza do material e das condições em que a pirólise ocorreu (PIETIKÄINEN et al., 2000; CORNELISSEN et al., 2004). Estudos sobre a identificação anatômica de carvão ainda são poucos, tendo como principal enfoque a paleoecologia e paleoetnobotânica, a qual fornece informações sobre os tipos de vegetação existentes em determinadas épocas e locais, e de como esses eram utilizados pela população (BRAADBAART; POOLE, 2008; MARCONETTO, 2010). Trabalhos no Brasil sobre a caracterização anatômica de carvões envolvem estudos de Gonçalves; Scheel-Ybert (2003), Scheel-Ybert et al. (2006), Gonçalves et al. (2008), Gonçalves (2010) entre outros.

No Brasil, a importância econômica do carvão vegetal é cada vez mais significativa (GONÇALVES, 2010) e, mesmo havendo um aumento no uso de madeira de espécies de reflorestamento, estima-se que 55% do carvão produzido seja proveniente de florestas nativas (ABRAF, 2011) e derrubadas ilegais, o que pode ser explicado, em parte, pela falta de fiscalização. Embora existam iniciativas sustentáveis, há casos como o polo de Carajás (MA e PA) e do Mato Grosso do Sul que tiveram 95% de carvão oriundo de florestas nativas em 2009 (ABRAF, 2009).

Considerando a devastação de florestas nativas e a escassez de estudos descritivos com carvão vegetal de diferentes espécies, esse trabalho teve como objetivo a caracterização anatômica do lenho carbonizado de *Copaifera cf. langsdorfii* Desf. e *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild., ambas da família Fabaceae (Leguminosae), visando fornecer subsídios para facilitar a diferenciação das espécies e auxiliar no controle do comércio ilegal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As espécies *Copaifera cf. langsdorfii* Desf. (copaíba) e *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild.(cumaru) foram provenientes do município de Nova Maringá, estado do Mato Grosso, cujos nomes populares utilizados na região foram considerados na presente pesquisa.

As árvores foram abatidas em povoamentos naturais, sendo extraídos discos na região do diâmetro à altura do peito (DAP), com espessura em torno de 8 cm. As amostras para carbonização foram retiradas com dimensões de 2 x 2 x 5 cm, orientadas nos três planos anatômicos conforme a Figura 1.

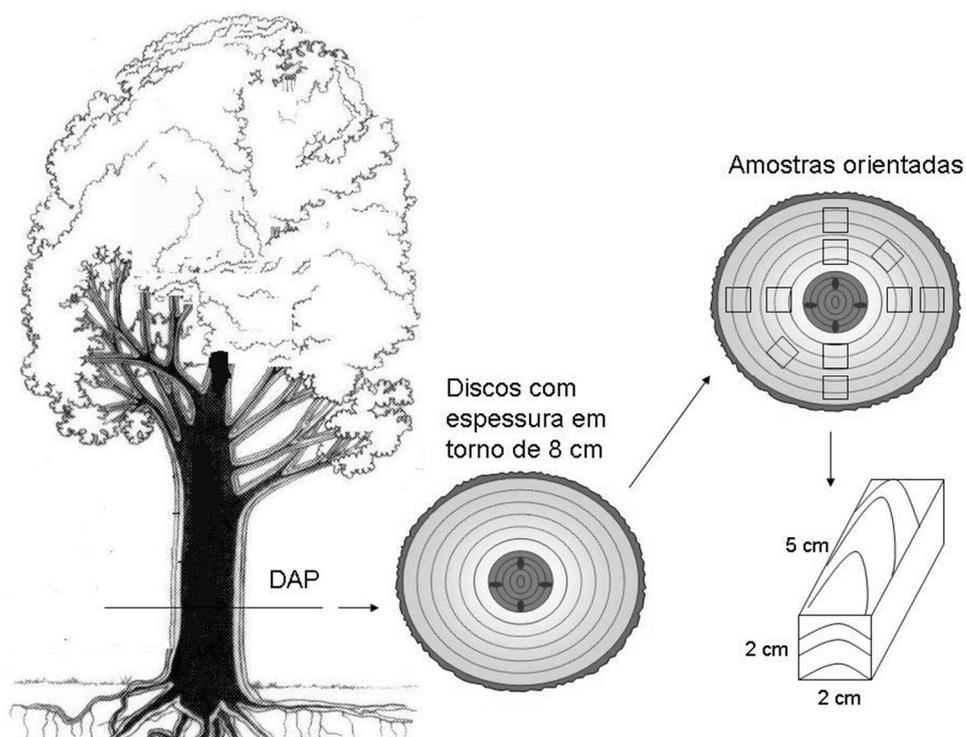


Figura 1. Esquema de obtenção das amostras.

Figure 1. Diagram of samples preparation.

As amostras recobertas por papel alumínio foram carbonizadas em forno mufla, em regime de rampas e temperatura máxima de 450°C por 30 minutos, totalizando 7 horas (Tabela 1).

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

A descrição dos elementos anatômicos constituintes da madeira e carvão seguiu as orientações da norma IAWA (1989) e Muñiz e Coradin (1991). Foram medidos a frequência e o diâmetro tangencial de vasos, altura e largura dos raios em micrometros. As ilustrações da distribuição geral das células no plano transversal foram obtidas em Estereomicroscópio

Discovery 12, da Zeiss e o detalhamento foi observado diretamente do material maciço, sem preparação, por microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando-se o equipamento TM-1000 da Hitachi.

A comparação da variação média nas dimensões celulares entre a madeira e carvão foi realizada pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro (ABDI; WILLIAMS, 2010) utilizando-se o software Statística 8.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 *Copaifera cf. langsdorfii*

Pode-se observar na madeira (Figura 2A) e no carvão (Figura 2B) a porosidade difusa; vasos solitários em maioria (V), ocasionalmente geminados (V1) e múltiplos radiais; parênquima axial (P) vasicêntrico, tendendo a aliforme e em linhas marginais (PM); raios finos. Canais axiais presentes (CA).

Na comparação mais detalhada entre a estrutura anatômica da madeira e do lenho carbonizado de *Copaifera cf. langsdorfii*, observa-se fibras de parede fina (F ó Figura 2C,D) pouco distintas do parênquima axial (P ó Figura 2C,D); a contração no diâmetro tangencial dos vasos (V ó Figura 2C,D); raios homogêneos (R ó Figura 2E,F) com uma maior distinção da parede e formato individual das células no lenho carbonizado; raios multisseriados, não estratificados (R ó Figura 3A,B); a alteração na membrana interna das pontoações intervasculares com ornamentação (PI ó Figura 3C) bem distinta na madeira e não visível no lenho carbonizado (PI ó Figura 3D); cristais prismáticos nas células de parênquima axial (C ó Figura 3E) e raios apresentando pequenas fissuras (C ó Figura 3F) causadas pela ação da temperatura e tempo de carbonização.

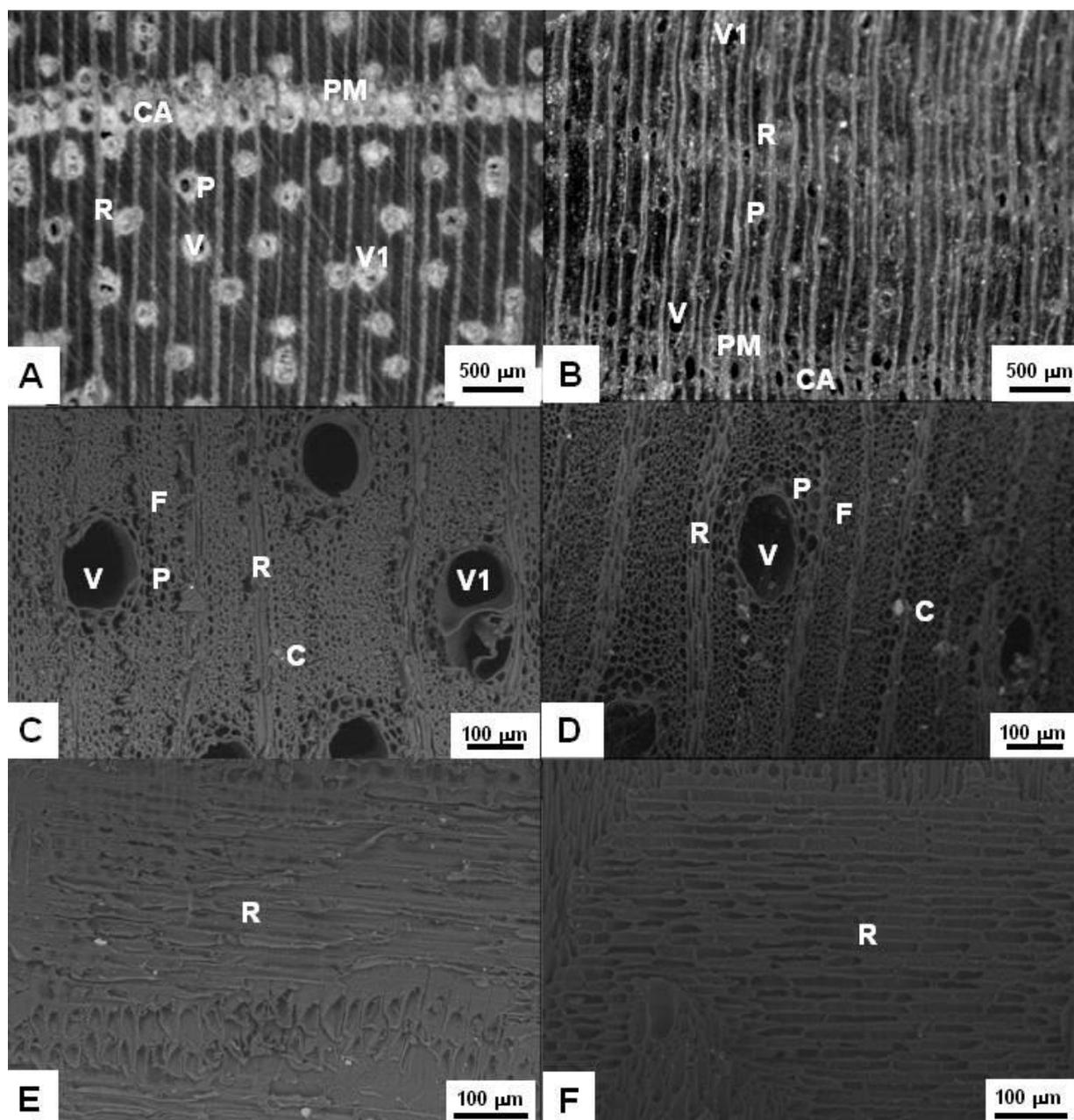


Figura 2. Aspectos anatômicos da madeira (A,C,E) e lenho carbonizado (B,D,F) de *Copaifera cf. langsdorfii* em estereomicroscópio (A-B) e microscopia eletrônica de varredura (C-F). Vasos solitários (V) e geminados (V1), parênquima axial (P) vasicêntrico e marginal (PM), canais axiais (CA), fibras (F), cristais prismáticos no raio (C) em seção transversal (A-D). Raios homogêneos (R) em seção radial (E-F).

Figure 2. Anatomical aspects from wood (A,C,E) and charcoal (B,D,F) of *Copaifera cf. langsdorfii* by stereomicroscope (A-B) and scanning electron microscopy (C-F). Vessels solitary (V) and pairs (V1), axial parenchyma (P) vasicentric and in marginal bands (PM), axial canals (CA), fiber (F), prismatic crystals on ray (C) in transverse section (A-D). Homogeneous rays (R) in radial section (E-F).

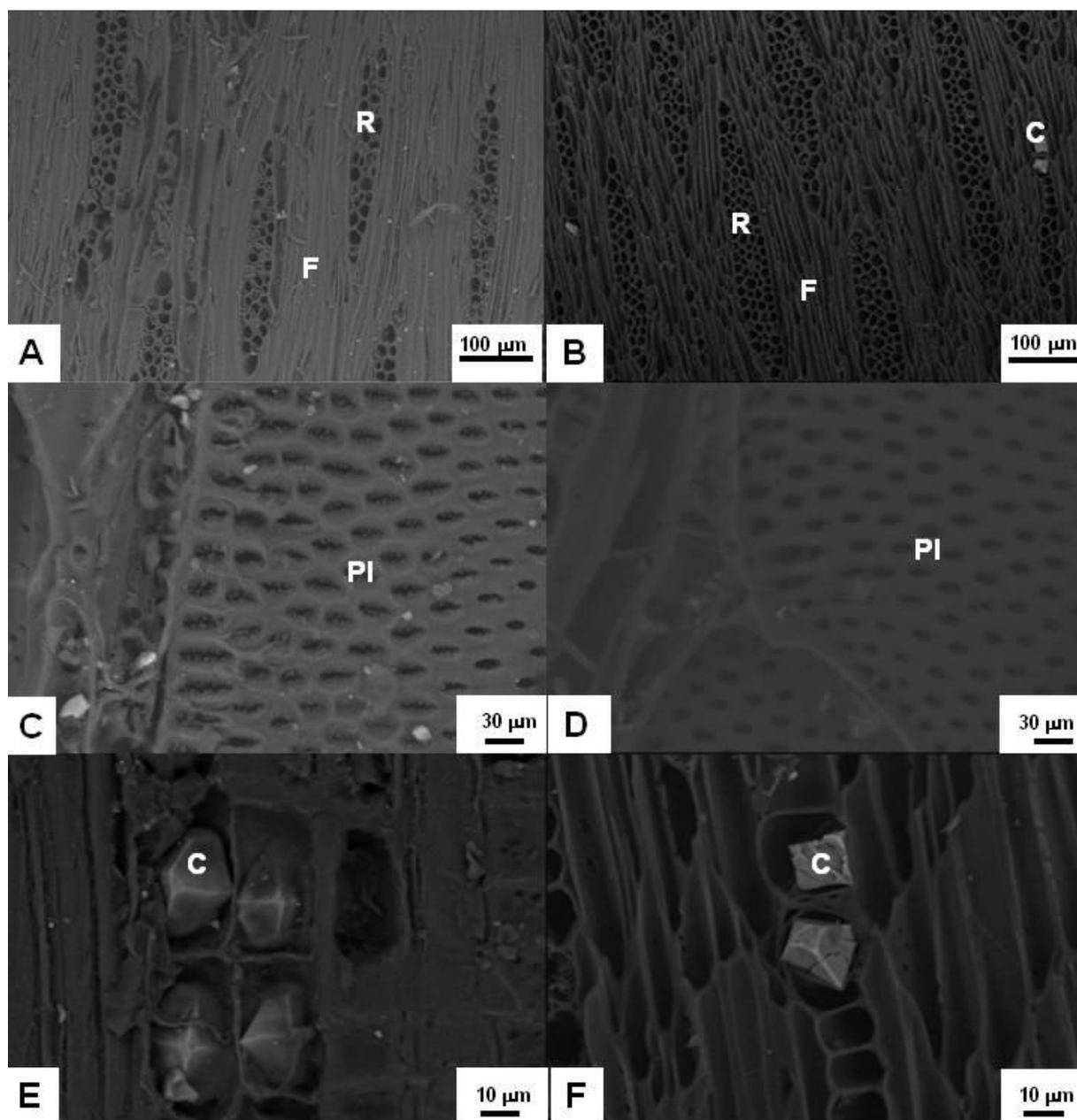


Figura 3. Aspectos anatômicos da madeira (A,C,E) e lenho carbonizado (B,D,F) de *Copaifera cf. langsdorfii* em microscopia eletrônica de varredura. Raios multisseriados (R) não estratificados, fibras (F), pontoações intervasculares ornamentadas (PI ó C) com degradação da parede interna (PI ó D), cristais prismáticos (C) com pequenas fissuras no lenho carbonizado (F) em seção tangencial (A-F).

Figure 3. Anatomical aspects from wood (A,C,E) and charcoal (B,D,F) of *Copaifera cf. langsdorfii* by scanning electron microscopy. Multiseriate rays (R) not storied, fibers (F), intervessel pits vested (PI ó C) with internal wall degradation (PI ó D), prismatic crystals (C) with little splits in carbonized material (F) in tangential section (A-F).

3.2 *Dipteryx odorata*

As características anatômicas da madeira e do carvão como porosidade difusa, vasos solitários em maioria, ocasionalmente múltiplos radiais, parcialmente obstruídos, parênquima axial aliforme e confluyente e raios finos foram visualizados. As pequenas dimensões celulares prejudicaram a visão geral no lenho carbonizado em pequenos aumentos, sendo detalhados em microscopia eletrônica de varredura.

Comparando-se as imagens da madeira e lenho carbonizado de *Dipteryx odorata*, observa-se a contração no diâmetro tangencial dos vasos (V ó Figura 4A,B), a distinção das fibras (F) e parênquima axial (P) em função da diferença na espessura da parede no plano transversal (Figura 4A,B), a contração dos raios unisseriados e estratificados (R - Figura 4C) em altura e largura (R ó Figura 4D) aumentando visualmente a frequência no plano tangencial, as pontoações intervasculares alternas (PI - Figura 4E,F); os cristais nas células de parênquima radial apresentaram pequenas rachaduras (C - Figura 4G,H) causadas pela ação da temperatura de carbonização.

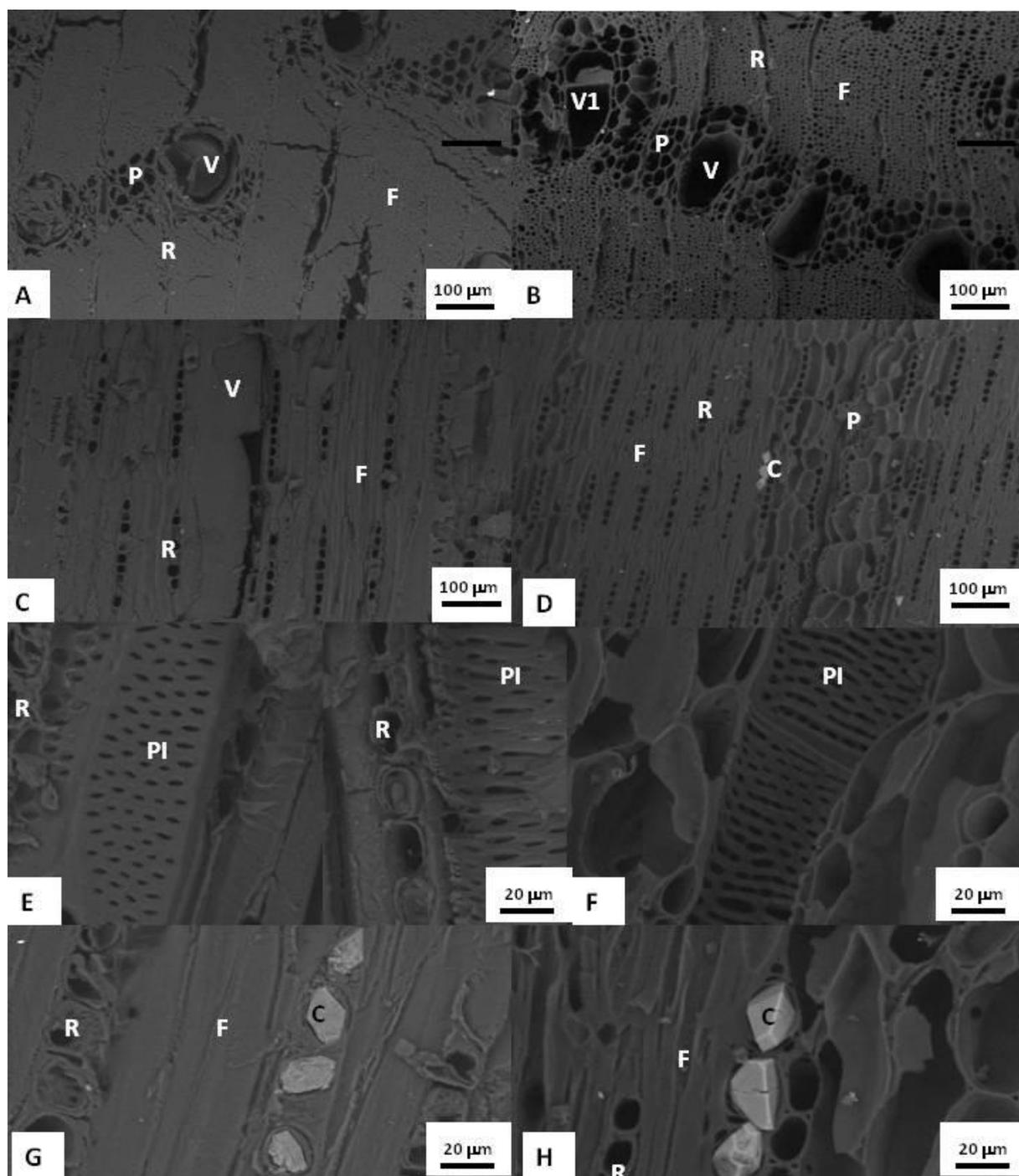


Figura 4. Aspectos anatômicos da madeira (A,C,E,G) e lenho carbonizado (B,D,F,H) de *Dipteryx odorata* em microscopia eletrônica de varredura. Vasos solitários (V) e geminados (V1), parênquima axial (P) aliforme e confluyente, raios (R) e fibras (F) em seção transversal (A-B). Raios (R) unisseriados e estratificados em seção tangencial (C-D). Pontoações intervasculares alternas (PI) em seção tangencial (E-F). Cristais prismáticos no raio (C) em seção tangencial (G-H).

Figure 4. Anatomical aspects from wood (A,C,E,G) and charcoal (B,D,F,H) of *Dipteryx odorata* by scanning electron microscopy. Vessels solitary (V) and pairs (V1), axial parenchyma (P) aliform and confluyente, rays (R) and fibers (F) in transverse section (A-B). Rays (R) uniseriate and storied in tangential section (C-D). Intervessel pits (PI) in tangential section (E-F). Prismatic crystals in ray (C) in tangential section (G-H).

3.3 Variação nas dimensões celulares

Observando-se as dimensões dos elementos celulares da madeira e carvão (Tabela 2), verificou-se que em *Copaifera cf. langsdorfii* não houve variação no número de vasos por mm^{-2} . Observou-se também uma redução de aproximadamente 15% no diâmetro dos mesmos, constatado visualmente na Figura 2D. A altura e largura dos raios não sofreram alterações significativas durante o processo de carbonização. Esse comportamento do raio também foi observado por Gonçalves (2010), embora a autora tenha analisado ramos mais desenvolvidos da copa de três indivíduos dessa espécie.

Já em *Dipteryx odorata*, o número de vasos mm^{-2} aumentou em 45% com a diminuição de 26% no diâmetro tangencial de maneira significativa. Os raios diminuíram em torno de 40% em altura e 15% em largura, indicando a diferença de contração das células parenquimáticas no sentido tangencial e radial.

Tabela 2. Variação dimensional.

Table 2. Dimensional variation.

Espécie	Vasos mm^{-2}		Diâmetro vasos (m)		Altura Raios (m)		Largura Raios (m)	
	Mad	Carvão	Mad	Carvão	Mad	Carvão	Mad	Carvão
<i>Copaifera cf. langsdorfii</i>								
Mínimo	2,00	3,00	85,21	49,72	190,53	123,65	29,59	16,24
Média	5,02^a	5,64^a	117,52^a	99,92^b	370,27^a	328,77^a	44,46^a	43,11^a
Máximo	8,50	13,00	143,20	148,27	644,97	569,79	59,17	62,36
Desvio padrão	2,11	2,01	16,46	24,05	132,16	125,51	6,42	11,47
<i>Dipteryx odorata</i>								
Mínimo	6,00	6,00	54,44	57,33	107,69	77,63	10,65	9,32
Média	10,06^a	14,98^b	117,28^a	86,12^b	226,32^a	133,95^b	20,12^a	17,04^b
Máximo	16,00	33,00	169,23	125,79	295,86	170,40	33,10	25,03
Desvio padrão	2,71	7,61	28,11	21,41	47,26	23,30	4,88	3,31

*Médias seguidas pela mesma letra na linha, em cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

A estrutura anatômica se manteve no lenho carbonizado. Algumas rachaduras acompanharam a linha de parênquima marginal (sentido tangencial), também ocorrendo em alguns raios (sentido radial). As linhas de canais axiais ficaram bem definidas no carvão.

A análise das duas espécies desse estudo mostrou que no processo de carbonização os vasos se contraem em diferentes proporções dependendo da disposição das células de parênquima axial e espessura da parede das fibras; os raios unisseriados se contraem mais que os multisseriados, sendo também afetados pela espessura da parede das fibras. De maneira geral, as paredes celulares ficam mais distintas no carvão, em função da alteração nas suas

camadas, sendo melhor diferenciadas. Detalhes das membranas internas das pontoações tendem a se desintegrar e, nos cristais, surgem fissuras em função do aumento da temperatura. As alterações na estrutura anatômica não prejudicam a diferenciação das espécies, mas em virtude da variação natural nas dimensões celulares em função de idade, condições climáticas, altura no tronco etc., é muito importante a existência de uma coleção de referência para comparação.

Comportamentos diferenciados também são descritos na literatura em estudos de Prior; Alvin (1983), Prior; Gasson (1993), Kim; Hanna (2006), Kwon et al. (2009), Gonçalves (2010) em diversas espécies e temperaturas de carbonização. A variação no diâmetro dos vasos é relacionada com as características das paredes das fibras e células de parênquima que os envolvem. A diminuição na espessura da parede das células de parênquima em função do aumento da temperatura foi uma das principais causas apontadas por López Pasquali et al. (2002) para a contração dos vasos em *Prosopis nigra*.

As alterações dimensionais dos raios também são relatadas como fortemente influenciadas pelas características das fibras uma vez que estão lateralmente ligadas 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. Prior; Gasson (1993) avaliando seis espécies africanas concluíram que os raios homocelulares multisseriados contraíram menos do que os raios unisseriados. Kim; Hanna (2006) em estudos com carvalho 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 foi verificado 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. Gonçalves (2010) observou variação na largura dos raios de acordo com o indivíduo analisado e que os raios mais largos apresentaram maior contração do que os mais estreitos.

As dimensões celulares no lenho carbonizado das espécies analisadas são compatíveis com as descrições da madeira de diferentes procedências obtidas em estudos de Mainieri; Chimelo (1989), Richter; Dalwitz (2000), Marcati et al. (2001), Melandri; Pernía (2009) sendo possível a comparação e diferenciação do carvão das espécies com base nas características anatômicas.

4 CONCLUSÕES

As alterações dimensionais ocorridas no lenho carbonizado das espécies *Copaifera* cf. *langsdorfii* e *Dipteryx odorata* não prejudicam o uso das características anatômicas para a diferenciação das espécies. O processo de carbonização causa rompimento nas paredes das células parenquimáticas, mais finas e frágeis, mas não altera a disposição e a possibilidade de utilização das células na discriminação das espécies. O formato dos cristais, em ambas as espécies, sofreu pequenas alterações com o surgimento de pequenas fissuras na sua superfície para a madeira carbonizada.

5 REFERÊNCIAS

- ABDI, H.; WILLIAMS, L. J. Newman and Tukey Test. **In**. SALKIND, N.J. (Ed.). **Encyclopedia of Research Design**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2010. p. 897-904.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008**. Brasília, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2010**. Brasília, 2011.
- BRAADBAART, F.; POOLE, I. Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. **Journal of Archaeological Science**, v.35, n.9, p. 2434-2445, 2008.
- COLLINSON, M. E.; STEART, D. C.; SCOTT, A. C.; GLASSPOOL, I. J.; HOOKER, J. J. Episodic fire, runoff and deposition at the Palaeocene-Eocene boundary. **Journal of Geological Society of London**, v.164, n.1, p. 87-97, 2007.
- CORNELISSEN, M. E.; ELMQUIST, M.; GROTH, I.; GUSTAFSSON, Ö. Effect of sorbate planarity on environmental black carbon sorption. **Environmental Science and Technology**, v.38, n.13, p. 3574-3580, 2004.
- GONÇALVES, T. A. P. **Anatomia do lenho e carvão de espécies arbóreas em áreas de cerrado do Estado de São Paulo**. 2010, 106f. Dissertação. (Mestrado em Ciência Florestal) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), Botucatu, 2010.
- GONÇALVES, T. A. P.; SCHEEL-YBERT, R. Anatomia do lenho de espécies de Anacardiaceae e Annonaceae em amostras carbonizadas. In: XII JORNADA FLUMINENSE DE BOTÂNICA E LXIV REUNIÃO CIENTÍFICA DA SBB/Seção RJ, 2003, Cabo Frio, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBB, 2003. p.28.

GONÇALVES, T. A. P.; RANGEL, A.; SCHEEL-YBERT, R. Caracterização anatômica do lenho carbonizado de espécies comuns do cerrado: subsídio a estudos antracológicos e conservacionistas. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO E II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2008, Brasília, Distrito Federal. **Anaisí** Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008. 7p.

GRAMOSA, M. V.; SILVEIRA, E. R. Volatile constituents of *Copaifera langsdorffii* from the Brazilian northeast. **Journal of Essential Oil Research**, v.17, n.2, p. 130-132, 2005.

HOADLEY, R. B. **Identifying wood: accurate results with simple tools**. USA: Taunton Press, 1990. 223p.

HOLANDA, F. C. C.; BATISTA, T. G. Análise econômica da exploração do carvão vegetal na Microrregião homogênea 078 (Cariri) do Estado do Ceará. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48, 1997. **Anais...** Crato: Universidade Regional do Cariri: Sociedade Botânica do Brasil, 1997. p.183.

IAWA COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p. 219-332, 1989.

KIM, N. H.; HANNA, R. B. Morphological characteristics of *Quercus variabilis* charcoal prepared at different temperatures. **Wood Science and Technology**, 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**, v.43, n.5-6, p. 487-498, 2009.

LÓPEZ PASQUALI, E. E.; WOTTITZ, C. A.; MARTINEZ, R. G.; HERRERA, H. A. Carbonization of ñalgarrobo negro (*Prosopis nigra*): a study of its microstructure and main volatile components. **Latin American Applied Research**, v.32, n.4, p. 321-325, 2002.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. IPT: São Paulo, 1989. 420p.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.3, p. 311-320, 2001.

MARCONETTO, M. B. Paleoenvironment and anthracology: determination of variations in humidity based on anatomical characters in archeological plant charcoal (Ambato Valley, Catamarca, Argentina). **Journal of Archaeological Science**, v.37, n.6, p. 1186-1191, 2010.

MELANDRI, J. L.; PERNÍIA, N. E. Wood anatomy of tribe Detarieae and comparison with tribe Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Venezuela. **Revista de Biología Tropical**, v.57, n.1-2, p. 303-319, 2009.

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

PAULA, J. E. Estudo das estruturas internas das madeiras de dezesseis espécies da flora brasileira, visando seu aproveitamento para produção de álcool, carvão, coque e papel. **Brasil Florestal**, v.11, n.47, p. 23-50, 1981.

PIETIKÄINEN, J.; KIIKKILÄ, O.; FRITZE, H. Charcoal as a habitat for microbes and its effect on the microbial community of the underlying humus. **Oikos**, v.89, n.2, p. 231-242, 2000.

PLOWDEN, C. Production ecology of copaiba (*Copaifera* spp.) oleoresin in the eastern Brazilian Amazon. **Economic Botany**, v.57, n.4, p. 491-501, 2003.

PRIOR, J.; ALVIN, K. L. Structural changes on charring woods of *Dichrostachys* and *Salix* from southern Africa. **IAWA Bulletin**, v.4, n.4, p. 197-206, 1983.

PRIOR, J.; GASSON, P. Anatomical changes on six African hardwoods. **IAWA Journal**, v.14, n.1, p. 77-86, 1993.

RICHTER, H. G.; DALLWITZ, M. J. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. Disponível em <<http://biodiversity.uno.edu/delta>>. Acesso em: 26 abr 2011.

SCHEEL-YBERT, R.; CARVALHO, M. A.; MOURA, R. P. O.; GONÇALVES, T. A. P.; SCHEEL, M.; YBERT, J. P. Coleções de referência e banco de dados de estruturas vegetais: subsídios para estudos paleoecológicos e paleoetnobotânicos. **Arquivos do Museu Nacional**, v.64, n.3, p. 255-266, 2006.

SOUSA, M. A. R.; MOUTINHO, V. H. P.; SILVA, S. S. Levantamento das espécies comercializadas vernacularmente como cumaru no Estado do Pará. Nota Técnica. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, supl.1, p. 81-83, 2007.

STUPP, T; FREITAS, R. A. DE; SIERAKOWSKI, M. R.; DESCHAMPS, F. C.; WISNIEWSKI JR, A.; BIAVATTI, M. W. Characterization and potential uses of *Copaifera langsdorfii* seeds and seed oil. **Bioresource Technology**, v.99, n.7, p. 265962663, 2008.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, v.25, n.2, p. 273-286, 2002.