

Recebido: 08-02-2016 Aceito: 11-05-2017 Publicado: 17-10-2017

## Anatomia do carvão oriundo de cinco espécies comercializadas no estado de Santa Catarina

Adriel Furtado de Carvalho<sup>1\*</sup>, Martha Andreia Brand<sup>2</sup>, Silvana Nisgoski<sup>3</sup>, Graciela Inés Bolzon Muñoz<sup>3</sup>, Gustavo Friederichs<sup>2</sup>, Larissa Cardoso Kuster<sup>2</sup>, Tatiana Schemes dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages-SC, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages-SC, Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba-PR, Brasil.

**RESUMO** As alterações dimensionais ocasionadas pela carbonização da madeira não interferem no aspecto qualitativo das características anatômicas do carvão, possibilitando a diferenciação das espécies e a identificação do lenho carbonizado por meio da sua descrição. Estudos nessa área são escassos e direcionados à paleoecologia e paleoetnobotânica. Assim, este trabalho teve por objetivo realizar a identificação anatômica do carvão proveniente de cinco espécies florestais presentes na Floresta Ombrófila Densa, a fim de fornecer informações técnicas para auxiliar na identificação e subsidiar os órgãos fiscalizadores no controle do carvão ilegal. Foram retiradas de cada espécie sete amostras para carbonização com dimensões de 2 x 2 x 2,5 cm no forno mufla, em regime de rampas e temperatura máxima de 450 °C por 30 minutos, totalizando sete horas. Verificou-se na análise anatômica do carvão que houve alteração nas dimensões dos elementos celulares, porém tal alteração não muda as características das madeiras dessas espécies. A anatomia do carvão revelou rompimento nas paredes das células parenquimáticas, mas não altera a disposição e a possibilidade de utilização das células na discriminação das espécies. Para fins de fiscalização, necessita-se de coleções de referências para uma correta identificação.

**Palavras-chave:** Pirólise, lenho carbonizado, estrutura anatômica.

## Charcoal Anatomy of five species marketed in the state of Santa Catarina

**ABSTRACT** The dimensional changes caused by the carbonization of wood, not interfere with the qualitative aspect of the anatomical characteristics of coal, allowing differentiation of species and the identification of carbonized wood through the description of the wood. Studies in this area are scarce and directed to paleoecology and paleoethnobotany. Thus, this study aimed to perform the anatomical identification of coal from five forest species in the Atlantic rain forest, to provide technical information to help identify and support the regulatory agencies in the control of illegal coal. They were taken seven samples of each species for carbonization with dimensions 2 x 2 x 2.5 cm in the muffle oven under conditions of ramps and maximum temperature of 450 °C for 30 minutes, a total of seven hours. It was verified in the anatomical analysis of the coal that there was alteration in the dimensions of the cellular elements, but this alteration does not change the characteristics of the species' woods. The anatomy of the charcoal revealed rupture in the walls of parenchyma cells, but does not alter the disposition and the possibility of using the cells in the discrimination of the species. For inspection purposes, collections of references are needed for correct identification.

**Keywords:** Pyrolysis, carbonized wood, anatomical structure.

### Introdução

As alterações dimensionais ocasionadas pela carbonização da madeira, não interferem no aspecto qualitativo das ca-

racterísticas anatômicas do carvão, possibilitando a diferenciação das espécies e a identificação do lenho carbonizado por meio da descrição da madeira (MUNIZ et al., 2013).

Neste sentido, o carvão vegetal que é o produto resultante da combustão incompleta da madeira e permanece com a estrutura anatômica de sua matéria prima, possibilita identificar botanicamente a espécie que o originou, levando-se em consideração as características anatômicas da espécie, a dimensão dos pedaços do carvão e o estado de preservação do mesmo (MARGUERIE; HUNOT, 2007).

De acordo com Vernet (1987), identificar espécies a partir do lenho carbonizado é uma técnica bastante antiga, porém era muito lenta. Assim, com o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas e equipamentos de microscopia, esta análise tornou-se mais rápida e acessível.

A técnica de identificação também se tornou importante na antracologia, estudo este ligado a interpretação de restos de lenho carbonizados, obtidos da arqueologia, que a partir de amostragem e classificação, que fornece informações importantes sobre paleoecologia e paleoetnologia (VERNET, 1987).

Assim, alguns autores ao longo dos anos vêm produzindo diversos trabalhos nesta área, a fim de reconstruir a própria história. Gebru et al. (2009) e Kaiser et al. (2009), identificaram espécies do período Holoceno na Etiópia e China. Figueiral e Mosbrugger (2000) obtiveram informações da formação de ecossistemas naturais na era do Terciário e Quaternário, por meio da análise das amostras de carvão. Anatomia do carvão nas análises paleobotânicas têm sido frequentes, englobando a identificação da distribuição natural das espécies (LUDEMANN et al., 2004).

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) e Gonçalves (2010). Porém, são poucos os pesquisadores atuantes na área e as publicações escassas.

Os estudos antracológicos atualmente estão sendo aplicados em áreas conservacionistas e tecnológicas, como na identificação de espécies para produção de carvão de procedência irregular. Muñoz et al. (2012) caracterizou a anatomia do car-

vão de espécies nativas como a araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze), castanheira (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.), imbuia (*Ocotea porosa* (Ness & Mart.ex Ness) L.Barroso), como ferramenta para auxílio no controle do carvão ilegal. Também Nisgoski et al. (2012) caracterizou a anatomia do lenho carbonizado de copaíba (*Copaifera cf. langsdorfii* Desf.) e cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild).

Mesmo que no Brasil venha ocorrendo um aumento significativo do uso de madeira de reflorestamento para a produção de carvão, boa parte do carvão produzido ainda é proveniente de floresta nativa, o que pode ser explicado, em parte, pela falta de fiscalização das derrubadas ilegais.

Os dados do IBGE (2015) referentes à quantidade de produtos da silvicultura, informam que o estado de Santa Catarina, produziu 8.950 toneladas de carvão a partir do *Eucalyptus sp*, 4.225 toneladas oriundas da espécie *Pinus sp* e 21 toneladas de carvão proveniente de outras espécies. Dentre outras espécies, algumas são oriundas da formação Floresta Ombrófila Densa do estado, com elevado potencial energético, como é o exemplo do jacatirão (*Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin) (BRAND et al., 2013), licurana (*Hieronyma alchorneoides* Allemão) (CARVALHO et al., 2014) e da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) (FRIEDERICHS et al., 2015).

Assim, este trabalho teve por objetivo realizar a identificação anatômica do carvão proveniente de cinco espécies florestais presentes na Floresta Ombrófila Densa, a fim de fornecer informações técnicas para auxiliar na identificação e subsidiar os órgãos fiscalizadores no controle do carvão ilegal.

## Material e Métodos

Todos os procedimentos e a análise anatômica foram realizados no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira da Universidade Federal do Paraná.

Foram estudadas as espécies: bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) - Família *Fabaceae*, jacatirão (*Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naudin) - Família *Melastomataceae*, embaúba

(*Cecropia glaziovii* Sneth.) - Família *Urticaceae*, licurana (*Hieronyma alchorneoides* Allemão) - Família *Phyllantaceae* e seca-ligeiro (*Pera glabrata* (Schott) Baill.) - Família *Peraceae*. Estas espécies foram escolhidas porque são as mais utilizadas para a produção de carvão vegetal nos remanescentes florestais da Floresta Ombrófila Densa do município de Biguaçu – SC.

As árvores foram abatidas em povoamentos naturais, sendo extraídos discos do tronco na região do diâmetro à altura do peito (DAP), com espessura em torno de 8 cm. Os discos foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos até ao laboratório para realização das análises.

Foram retiradas de cada espécie sete amostras para carbonização com dimensões de 2 x 2 x 2,5 cm, orientadas nos três planos anatômicos. Posteriormente, os corpos de prova foram envolvidos com papel alumínio, identificados, e colocados em mufla, para carbonização, conforme rampa de aquecimento da Tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros utilizados para carbonização das madeiras.

**Table 1.** Parameters used for carbonization of wood.

Tempo (min [h])	Temperatura (°C)	Taxa de aquecimento (°C/min)
00	25	-
20 (0:00 h)	150	7,50
87 (1:27 h)	200	2,30
184 (3:04 h)	250	1,36
288 (4:48 h)	350	1,22
362 (6:02 h)	450	1,24
394 (6:32 h)	450	-

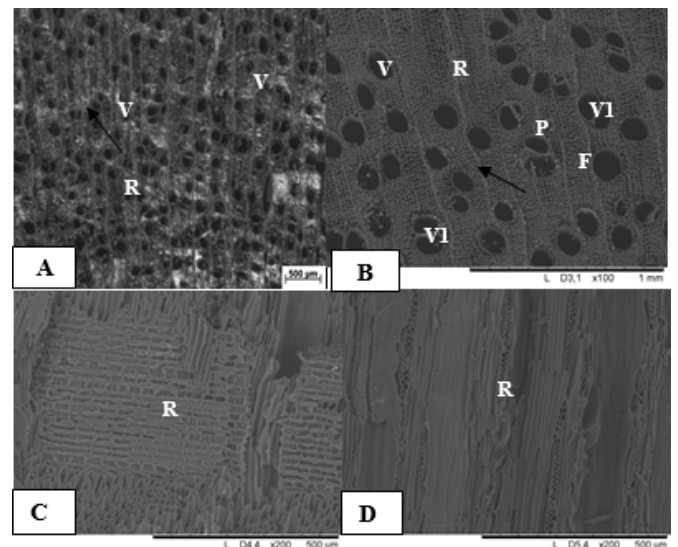
A análise do carvão foi efetuada no estereoscópio ZEISS Stereo Discovery.V12. A descrição das características anatômicas qualitativas foi feita com base nos procedimentos que constam nas normas do Iawa Committee (1989). As fotos das

superfícies dos três planos de corte do carvão foram feitas no microscópio eletrônico de varredura (MEV) equipamento TM-1000 da Hitachi.

## Resultados e Discussão

### *Mimosa scabrella* (Bracatinga)

Pode-se observar no material carbonizado (Figura 1) a porosidade difusa; vasos solitários em sua maioria (V) e ocasionalmente geminados (V1), múltiplos radiais; anéis de crescimento distintos pela espessura da parede das fibras (F); parênquima axial (P) escasso; raios (R) homogêneos, unisseriados e multisseriados (2-3), não estratificados. Os raios apresentando pequenas fissuras causadas pela ação da temperatura e tempo de carbonização.



**Figura 1.** Aspectos anatômicos do carvão de *M. scabrella* (A-D) em lupa (A) e microscopia eletrônica de varredura (B-D). Vasos solitários (V) e vasos geminados (V1), camadas de crescimento distintas indicadas pela seta, fibras (F), parênquima axial escasso (P), raios homogêneos (R).

**Figure 1.** Anatomical aspects of the coal *M. scabrella* (A-D) magnifying glass (A) and scanning electron microscopy (B-D). solitary vessels (V) and twin vessels (V1), distinct layers of growth indicated by the arrow, fiber (F), low axial parenchyma (P), homogeneous rays (R)

Ao descreverem a anatomia do carvão da espécie *Mimosa scabrella*, Gonçalves et al. (2013) observa que o material carbonizado apresenta camadas de crescimento distintas, delimitadas por zonas fibrosas. A sua porosidade é difusa; os vasos são predominantemente solitários, eventualmente múltiplos.

Segundo Gonçalves et al. (2013) o parênquima axial é escasso, paratraqueal vasicêntrico, ocasionalmente aliforme e pouco confluyente. Os raios são unisseriados e multisseriados; homogêneos. Estas características estão em concordância com as encontradas na análise anatômica do lenho carbonizado de *Mimosa scabrella* do presente trabalho.

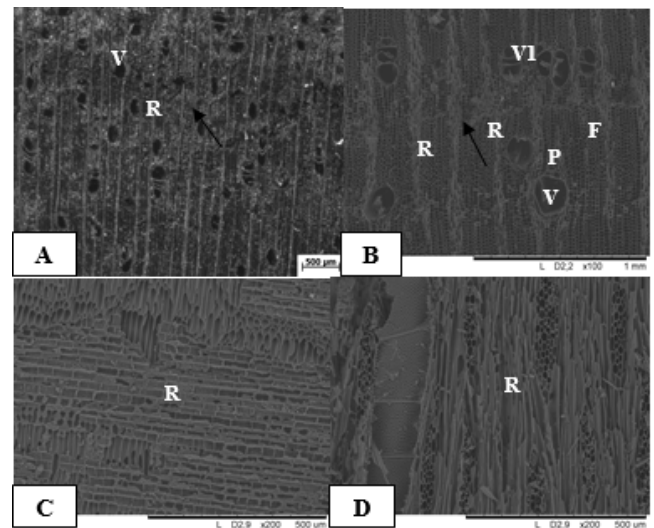
Comparando a estrutura anatômica da madeira de *Mimosa scabrella* analisada por Fabrowski et al. (2005) em relação ao lenho carbonizado do presente trabalho, observa-se que a madeira apresenta as seguintes características: porosidade difusa; vasos bem visíveis; poucos raios unisseriados, baixos; raios multisseriados; as fibras constituem-se de tecido fibroso proeminente; parênquima axial visível a olho nu, pouca quantidade, em camadas. As alterações na membrana interna das pontoações intervasculares e a altura das células parenquimáticas observadas na madeira, não foram visíveis no lenho carbonizado do presente trabalho.

### *Cecropia glaziovii* (Embaúba)

Observa-se no lenho carbonizado da *Cecropia glaziovii* (Figura 2), porosidade difusa; poros solitário (V), geminados e múltiplos até quatro (V1); camadas de crescimento pouco distintas pelas fibras (F); parênquima axial (P) aliforme e confluyente, formando faixas; raios heterogêneos (R), multisseriados (3-6), não estratificados. Os raios apresentam pequenas fissuras geradas pela ação da temperatura e tempo de carbonização.

O lenho carbonizado de *Cecropia glaziovii* apresenta descrição semelhante ao observado por Gonçalves et al. (2013)

onde o mesmo visualizou camadas de crescimento pouco distintas. Porosidade difusa; vasos solitários e múltiplos radiais; com eventuais tiloses. Parênquima axial paratraqueal escasso, vasicêntrico, podendo ocorrer aliforme e pouco confluyente, assim como finas linhas marginais. Os Raios são multisseriados e heterogêneos.



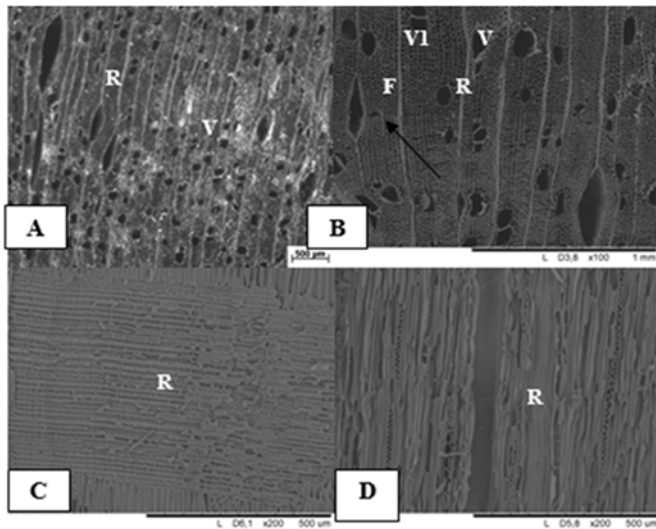
**Figura 2.** Aspectos anatômicos do carvão de *Cecropia glaziovii* (A-D) em lupa (A) e microscopia eletrônica de varredura (B-D). Vasos solitários (V) e vasos geminados (V1), camadas crescimento pouco distintas indicadas pela seta, fibras (F), parênquima axial aliforme e confluyente (P), raios heterogêneos (R).

**Figure 2.** Anatomic aspects of coal *Cecropia glaziovii* (A-D) magnifying glass (A) and scanning electron microscopy (B-D). Solitary vessels (V) and twin vessels (V1), little different growth layers indicated by the arrow, fiber (F), axial parenchyma aliforme and confluyente (P), heterogeneous rays (R).

ALVES (1995) avaliou a estrutura anatômica da madeira da espécie *Cecropia glaziovii*, observando as seguintes características anatômicas: vasos difusos, solitários e múltiplos de 2 a 3 poros e raramente 4; as fibras apresentam pontoações simples muito pequenas; parênquima predominante paratraqueal escasso ou vasicêntrico; raios trisseriados ou multisseriados. As pontoações intervasculares e a altura das células parenquimáticas observadas na madeira, não foram visíveis no lenho carbonizado da *Cecropia glaziovii*.

### *Miconia cinnamomifolia* (Jacatirão Açú)

O carvão produzido pela *Miconia cinnamomifolia* (Figura 3) apresentou porosidade difusa; poros solitários em maioria (V), geminados (V1) e múltiplos até 4; anéis de crescimento distintos pela espessura da parede da fibra (F); raios heterogêneos (R), uni e bisseriados, não estratificados; parênquima axial. Os raios apresentam pequenas fissuras geradas pela ação da temperatura e tempo de carbonização.



**Figuras 3.** Aspectos anatômicos do carvão de *Miconia cinnamomifolia* (A-D) em lupa (A) e microscopia eletrônica de varredura (B-D). Vasos solitários (V) e vasos geminados (V1), camadas crescimento distintas indicadas pela seta, fibras (F), raios heterogêneos (R).

**Figures 3.** Anatomical aspects of coal *Miconia cinnamomifolia* (A- D) magnifying glass (A) and scanning electron microscopy (B- D). Solitary vessels (V) and twinned vessel (V1), separate layers growth indicated by the arrow fibers ( F), heterogeneous radii (R).

No caso do lenho carbonizado de *Miconia cinnamomifolia*, as observações descritas, são semelhantes às de Gonçalves et al. (2013), que descreve o material da seguinte forma: Porosidade difusa; vasos predominantemente solitários, eventuais múltiplos. Parênquima axial paratraqueal escasso. Raios exclusivamente unisseriados; heterogêneos.

Friederichs (2013) obteve resultados anatômicos do carvão de *Miconia cinnamomifolia*, muito próximos do presente trabalho. O carvão apresentou porosidade difusa, poros solitários e múltiplos, frequência de 6 vasos/mm<sup>2</sup> e diâmetro tangencial de 132,25 µm. Os vasos se apresentaram em arranjo

tangencial. Parênquima axial indistinto em todos os aumentos utilizados.

De acordo com Friederichs (2013) os raios apresentaram altura média de 143,48 µm, visíveis a olho nu. As camadas de crescimento do carvão são demarcadas por zonas fibrosas e a caracterização da estrutura anatômica do carvão vegetal possibilita a identificação da espécie.

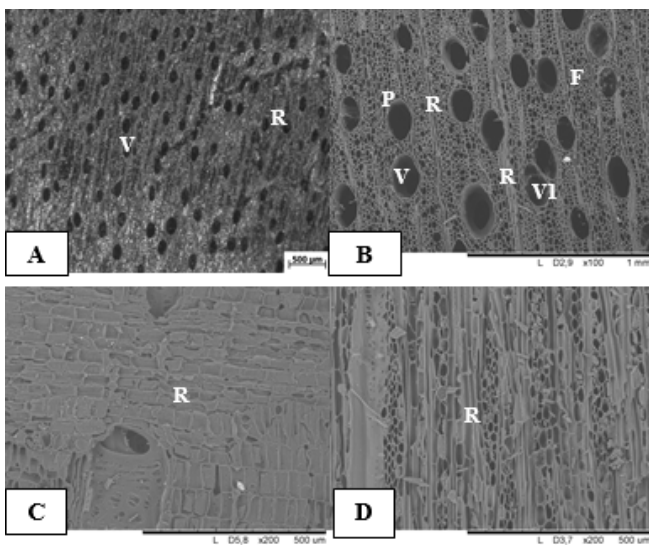
Analisando a anatomia da madeira da *Miconia cinnamomifolia*, Marcon e Costa (2000) verificaram a presença de camadas de crescimento distintas, onde as fibras do lenho tardio são achatadas e possuem espessamento parietal maior. Os elementos de vasos são de porosidade difusa, isolados, em múltiplos de 2-4 ou ocasionalmente em cachos; placas de perfuração simples; pequenas pontoações intervasculares, alternadas, em forma de círculo e ornamentadas; fibras librifor- mes; parênquima axial é paratraqueal escasso e raios unisseriados. Placas de perfuração, pontoações e altura das células parenquimáticas, não foram observadas no carvão.

### *Hieronyma alchorneoides* (Licurana)

Observou-se no carvão (Figura 4) porosidade difusa; poros solitários em maioria (V), geminados presentes (V1), parênquima axial difuso e difuso em agregados (P); placa de perfuração simples; raios heterogêneos (R), unisseriados e multisseriados de 2-4, não estratificados. Os raios apresentam pequenas rachaduras geradas pela ação da temperatura e tempo de carbonização.

De acordo com Richter e Dallwitz (2000), a anatômica da madeira da Licurana apresenta vasos em porosidade difusa, sem padrão, solitários; as placas de perfuração são simples; possui pontoações intervasculares; a espessura das paredes das fibras é média; parênquima axial é apotraqueal difuso em agregados e em série; raios multisseriados; não apresenta estrutura estratificada e nem canais intercelulares.

As alterações na membrana interna das pontoações intervasculares e a altura das células parenquimáticas observadas na madeira, não foram visíveis no lenho carbonizado do presente trabalho. Neste aspecto ocorreu diferença nas observações de Richter e Dallwitz (2000), os quais descreveram a presença de pontoações intervasculares na anatomia da madeira da espécie *Hieronyma alchorneoides*.



**Figuras 4.** Aspectos anatômicos do carvão de *H. alchorneoides* (A-D) em lupa (A) e microscopia eletrônica de varredura (B-D). Vasos solitários (V) e vasos geminados (V1), fibras (F), parênquima axial difuso (P) e difuso em agregados (P1), placa de perfuração (PP) e raios heterogêneos (R).

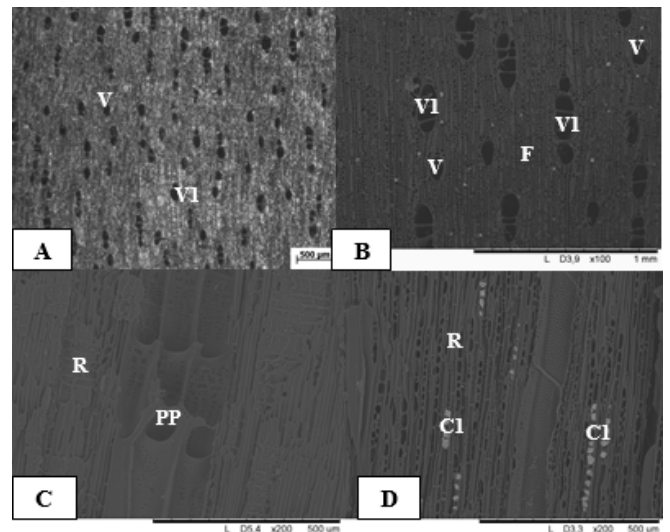
**Figures 4.** Anatomical aspects of the coal *H. alchorneoides* (A- D) magnifying glass (A) and scanning electron microscopy (B- D). solitary vessels (V) and twin vessels (V1), fiber (F), diffuse axial parenchyma (P) and diffuse in aggregates (P1), perforation plate (PP) and heterogeneous rays (R).

### *Pera glabrata* (Seca Ligeiro)

Pode-se observar no carvão (Figura 5) porosidade difusa; poros solitários (V) e múltiplos (V1) até seis; placa de perfuração simples (PP); parênquima axial reticulado (P) e difuso em agregados (P1); raios heterogêneos (R), unisseriados, bisseriados localmente, não estratificados e cristais em série presentes (C1).

Gonçalves et al. (2013), também descreve o lenho carbonizado da espécie *Pera glabrata* da seguinte forma: camadas

de crescimento ausentes ou indistintas. Porosidade difusa; vasos solitários e múltiplos. Parênquima axial em linhas, difuso e em agregados. Raios exclusivamente unisseriados; heterogêneos. Tais características vêm em concordância com as descritas neste trabalho.



**Figuras 5.** Aspectos anatômicos do carvão de *P. glabrata* (A-B) em lupa (A) e microscopia eletrônica de varredura (B-D). Vasos solitários (V) e vasos geminados (V1), fibras (F), parênquima axial reticulado (P) e difuso em agregados (P1), placa de perfuração (PP) e cristais em série (C1).

**Figure 5.** Anatomical aspects of *P. glabrata* coal (A- B) magnifying glass (A) and scanning electron microscopy (B- D). solitary vessels (V) and twinned vessel (V1) and fibers (F) crosslinked axial parenchyma (P) in aggregates and diffuse (P1), perforation plate (PP) and crystals in series (C1).

A anatomia da madeira da *Pera glabrata*, segundo Richter e Dallwitz (2000), caracteriza-se por ser uma madeira de porosidade difusa, vasos com disposição sem ser específica; possui placas de perfuração simples, com pontoações intervasculares alternadas; fibras possuem paredes com espessura média; o parênquima axial; raios formados por dois ou mais tipos de células (heterocelulares).

### Dados Quantitativos dos Elementos Celulares

Os dados quantitativos dos elementos celulares apresentadas pela análise anatômica do carvão produzido pelas cinco espécies florestais, encontram-se na Tabela 2.

O carvão de *Hieronyma alchorneoides* apresentou diminuição nas médias das dimensões celulares observadas para: diâmetro do poro (115,76  $\mu\text{m}$ ) e número de raios (5,04 raios/mm), com uma diminuição elevada na altura do raio (647,93  $\mu\text{m}$ ). Richter e Dallwitz (2000) ao analisarem a anatomia da madeira da espécie *Hieronyma alchorneoides*, observaram que a frequência de poros varia de 4-7 vasos/mm<sup>2</sup>; diâmetro de (120-)200-300  $\mu\text{m}$ ; número de raios está entre 6-10 por mm; com 3-7 células de largura e dois tamanhos de raios, a altura dos mesmos comumente é maior de 1000  $\mu\text{m}$ .

No caso da *Mimosa scabrella*, a análise anatômica da madeira descrita por Fabrowski et al. (2005), revelou uma regu-

laridade no número dos poros de 6-11-18 poros/mm<sup>2</sup>; diâmetro variando de 50- 105-138  $\mu\text{m}$ ; largura 10-30-53  $\mu\text{m}$ ; raios multisseriados, de extremamente baixos a médios com 130-874-2.700  $\mu\text{m}$  e número de raios por mm varia entre 4-7-9 raios. O carvão produzido pela espécie *Mimosa scabrella*, não apresentou variação nas médias das dimensões dos elementos celulares (11,17 poros/mm<sup>2</sup>; diâmetro dos poros, 114,19  $\mu\text{m}$ ; largura de raios 17,00  $\mu\text{m}$ ; altura dos raios 366,00  $\mu\text{m}$  e 4,30 raios/mm) comparado à análise anatômica da madeira apresentada na literatura.

A análise anatômica da madeira de *Cecropia glaziovii* realizada por ALVES (1995), mostrou as seguintes dimensões de

**Tabela 2.** Dados quantitativos do carvão das cinco espécies investigadas.

**Table 2.** Quantitative coal data from five species investigated.

Espécie	Poros/ mm <sup>2</sup>	Diâmetro poro ( $\mu\text{m}$ )	Largura Raio ( $\mu\text{m}$ )	Altura Raio ( $\mu\text{m}$ )	Raio/mm
<i>H. alchorneoides</i>					
Mínimo	2,00	81,72	18,21	380,93	3,00
Média	<b>5,57</b>	<b>115,76</b>	<b>48,56</b>	<b>647,93</b>	<b>5,04</b>
Máximo	8,00	184,29	69,25	965,37	7,00
Desvpad	1,43	21,20	13,92	168,24	0,95
<i>M. scabrella</i>					
Mínimo	8,00	67,13	9,70	133,55	2,00
Média	<b>11,17</b>	<b>114,19</b>	<b>17,00</b>	<b>366,00</b>	<b>4,30</b>
Máximo	16,00	159,42	24,97	858,23	7,00
Desvpad	2,10	23,29	4,12	168,26	1,12
<i>C. glaziovii</i>					
Mínimo	1,00	15,33	20,78	200,39	2,00
Média	<b>2,43</b>	<b>139,83</b>	<b>45,56</b>	<b>387,35</b>	<b>4,27</b>
Máximo	4,00	209,14	72,08	616,16	6,00
Desvpad	0,82	41,27	13,57	111,71	1,20
<i>M. cinnamomifolia</i>					
Mínimo	5,00	63,73	6,93	137,13	2,00
Média	<b>9,77</b>	<b>98,31</b>	<b>18,11</b>	<b>343,29</b>	<b>3,43</b>
Máximo	14,00	132,96	27,70	781,99	5,00
Desvpad	2,78	18,41	5,74	187,56	0,98
<i>P. glabrata</i>					
Mínimo	6,00	58,17	5,54	191,75	8,00
Média	<b>11,40</b>	<b>92,40</b>	<b>14,58</b>	<b>324,77</b>	<b>10,73</b>
Máximo	19,00	117,73	34,63	498,53	15,00
Desvpad	3,23	14,85	6,27	90,21	1,74

elementos celulares: número dos poros de 2-3 poros/mm<sup>2</sup>; diâmetro variando de 160 - 210 µm e largura de 4 células. Observou-se uma diminuição no diâmetro dos poros (139,83 µm) do carvão, comparado ao da madeira.

Marcon e Costa (2000) realizaram a análise anatômica da madeira desta espécie *Miconia cinnamomifolia* e observaram os seguintes valores para dimensões dos elementos celulares: número dos poros de 3-7-12 vasos/mm<sup>2</sup>; diâmetro variando de 81-147-216 µm; largura 13-21-36 µm; raios com 124-383-976 µm e número de raios por mm varia entre 10-14-17 raios. A média apresentada para número de raios/mm (3,43 raios/mm) no lenho carbonizado da *Miconia cinnamomifolia*, foi bastante inferior aos demais elementos celulares, comparado aos observados pela anatomia da madeira.

Richter e Dallwitz (2000) ao analisarem a anatomia da madeira da espécie *Pera glabrata*, descrevem as seguintes dimensões dos elementos celulares: número dos poros de 5-8 vasos/mm<sup>2</sup>; diâmetro variando de 120-180 µm e número de raios por mm varia entre 10-15 raios. Comparando estes elementos celulares da madeira descritos na literatura com os observados no carvão, verifica-se que ocorreu uma diminuição no diâmetro dos vasos (92,40 µm).

O estudo anatômico das cinco espécies no presente trabalho mostrou que durante o 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 camadas, sendo mais bem diferenciados.

Conforme Nisgoski et al. (2012), as características das membranas internas das pontoações tendem a se consumir, surgindo rompimentos nos cristais devido a elevação da temperatura. Mudanças na conformação anatômica não prejudi-

cam a diferenciação das espécies, isto está mais ligado às variações naturais das dimensões celulares em função de idade, clima, altura no tronco etc., havendo a necessidade da existência de uma coleção de referência para comparação.

Para López Pasquali et al. (2002), a elevação da temperatura de carbonização, foi a principal causa para diminuição na espessura da parede das células de parênquima. Ao avaliar seis espécies africanas. Prior e Gasson (1993) observaram que os raios homocelulares multisseriados contraíram menos do que os raios unisseriados.

Kim e Hanna (2006) verificaram que os raios unisseriados se mantiveram morfológicamente apresentando pouca separação; porém os raios multisseriados sofreram desintegração das paredes com o aumento da temperatura de carbonização.

## Conclusões

Ocorreu alteração nas dimensões dos elementos celulares, porém tal alteração não muda as características das madeiras das espécies.

A carbonização gera rompimento nas paredes das células parenquimáticas, mas não altera a disposição e a possibilidade de utilização das células na discriminação das espécies.

No controle do carvão ilegal, existe possibilidade de visualização de um grupo de características específicas em cada madeira, tornando-se uma ferramenta muito importante pela praticidade e rapidez de ação local.

Para fins de fiscalização, necessita-se de coleções de referências para uma correta identificação.

## Referências

ALVES, E. S. The effects of the pollution on wood of *Cecropia glazioui* (Cecropiaceae). **IAWA Journal**. Vol. 16, n. 4, p. 69 - 80, 1995.



- BRAND, M. A.; DA CUNHA, A. B.; DE CARVALHO, A. F.; BREHMER, D. R.; KÜSTER, L. C. Análise da qualidade da madeira e do carvão vegetal produzido a partir da espécie *Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin (Jacatirão-açu) na agricultura familiar, em Biguaçu, Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, v.41, n.99, p.401-410, 2013.
- CARVALHO, A. F.; BRAND, M. A., NONES, D. L., MARCO, F. T., FRIEDERICHS, G.; WEISE, S. M. K. Propriedades físicas e energéticas da madeira e do carvão vegetal da espécie *Hieronyma alchorneoides*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 257-261, 2014.
- FIGUEIRAL, I.; MOSBRUGGER, V. A review of charcoal analysis as a tool for assessing Quaternary and Tertiary environments: achievements and limits. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, n. 164, p. 397-407, 2000.
- FRIEDERICHS, G.; BRAND, M. A., DE CARVALHO, A. F.; KÜSTER, L. C. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 6, n. 2, 2015.
- FRIEDERICHS, G.; BRAND, M. A., DE CARVALHO, A. F.; KÜSTER, L. C. Descrição Macroscópica Do Carvão De *Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudin. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira 2013**. Disponível em: < <https://proceedings.galoa.com.br/cbcm-2013/trabalhos/descricao-macroscopica-do-carvao-de-miconia-cinnamomifolia-dc-naudin>>. Acesso em: 10 de jan. 2017.
- GEBRU, T. et al. Holocene palaeovegetation of the Tigray Plateau in northern Ethiopia from charcoal and stable organic carbon isotopic analyses of gully sediments. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, n. 282, p. 67-80, 2009.
- GONÇALVES, T. A. P.; NISGOSKI, S.; OLIVEIRA, J. S.; MARCATI, C. R. ; BALLARIN, A. W. ; MUÑIZ, G. I. B. A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil II - Macroscopic characterization of Cerrado species. **Anais da Academia Brasileira de Ciências (Online)**, v. 88, p. 1045-1054, 2016.
- 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. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008. 7p.
- GONÇALVES, T. A. P.; BRAND, M.A.; NISGOSKI, S.; FRANÇA, R.F.; MUÑIZ, G. I. B. **I Curso de Capacitação - Identificação De Carvão Vegetal** (Apostila). Rede Sul Florestal. Biguaçu, 2013. **Rede Sul Florestal**. Disponível em:<[http://www.redesulflorestal.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Anexo05cGoncalves2013Curso-Cap\\_CV\\_SC.pdf](http://www.redesulflorestal.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Anexo05cGoncalves2013Curso-Cap_CV_SC.pdf)> . Acesso em: 30 de jan. 2017.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Censo Agropecuário. 2015. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2015/default.shtm>>. Acesso em: 30 de jan. 2017.
- INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2008, Brasília, Distrito Federal. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008. 7p.
- IAWA COMMITTEE. List microscope features of hardwood identification. **Iawa Bulletin**, Leiden, v.10, n. 3, p. 221-259, 1989.
- KAISER, K. et al. Charcoal and fossil wood from palaeosols, sediments and artificial structures indicating Late Holocene woodland decline in southern Tibet, China. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 28, p. 1539-1554, 2009.
- KIM, N. H.; HANNA, R. B. Morphological characteristics os *Quercus variabilis* charcoal prepared at different temperatures. **Wood Science and Technology**, v.40, n.5, p. 392-401, 2006.
- LÓPEZ PASQUALI, E. E.; WOTTITZ, C. A.; MARTINEZ, R. G.; HERRERA, H. A. Carbonization of “algarrobo negro” (*Prosopis nigra*): a study of its microstructure and main volatile components. **Latin American Applied Research**, v.32, n.4, p. 321-325, 2002.
- LUDEMANN, T. et al. Spatial patterns of past wood exploitation, natural wood supply and growth conditions: indications of natural tree species distribution by anthracological studies of charcoal-burning remains. **European Journal of Forest Research**, Georgetown, v. 123, p. 283-292, 2004.

MARCON, M. L.; COSTA, C. G. Anatomia da madeira de quatro espécies do gênero *Miconia* Ruiz & Pavón (*Melastomataceae*). **Rodriguésia**, Feira de Santana, BA, v. 51, n. 78/79, p. 5-20, 2000.

MARGUERIE, D.; HUNOT, J. Y. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. **Journal of Archaeological Science**, New York, v. 34, p. 1417-1433, 2007.

MUÑIZ, G. I. B. *et al.* Análisis de la estructura anatómica de la madera y del carbón de dos especies de *Sapotaceae*. **Maderas, Ciencia y Tecnología**, Concepción, 2013. Disponível em <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718221X2013005000024&lng=e&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718221X2013005000024&lng=e&nrm=iso)> Acesso em 17 jun. 2016.

MUÑIZ, G. I. B. *et al.* Anatomia comparativa da madeira e carvão de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke e *Enterolobium schomburgkii* Benth. para fins de identificação. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 291-297, jun. 2012.

NISGOSKI, S. *et al.* Anatomia do lenho carbonizado de *Copaifera cf. langsdorfii* Desf. E *Dipteryx odorata* (Aubl.) Wild. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 3, n. 2, 2012.

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**. Version: 25th June 2009. Disponível em: <<http://bi-odiversity.uno.edu/delta>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

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.

VERNET, J. L.; THIEBAULT, S. An approach to northwestern Mediterranean recent prehistoric vegetation and ecologic implications. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 14, p. 117-127, 1987.