



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO CARVÃO VEGETAL DE SEIS ESPÉCIES MADEIREIRAS COMERCIALIZADAS NA AMAZÔNIA

Camila Balby Ribeiro da Silva<sup>1</sup>  
Jose Alves dos Santos Junior<sup>1</sup>  
Marcelo Mendes Braga Junior<sup>1</sup>  
Matheus dos Anjos Amoury<sup>1</sup>  
Marcos Vinicius Lima Amorim<sup>1</sup>  
fernanda Ilkiu Borges de Souza<sup>2</sup>  
Luiz Eduardo de Lima Melo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Pará

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## DESCRIÇÃO ANATÔMICA DO CARVÃO VEGETAL DE SEIS ESPÉCIES MADEIREIRAS COMERCIALIZADAS NA AMAZÔNIA

**Resumo:** O carvão é o produto resultante quando há exposição de determinada matéria orgânica a altas temperaturas com parcial ou total ausência de oxigênio por determinados períodos de tempo. A antracologia é uma ciência multidisciplinar que tem por princípio a análise e identificação de carvões com base na anatomia da madeira. O carvão vegetal é considerado um dos insumos mais importantes da indústria siderúrgica. A extração ilegal de madeira nativa destinada à produção de carvão vegetal contribui fortemente para o aumento do desmatamento da floresta amazônica, principalmente quando direta ou indiretamente é utilizada para produzir carvão para abastecer as siderúrgicas da região. O objetivo deste trabalho é caracterizar anatomicamente o carvão de cinco espécies amazônicas comercializadas na cidade de Marabá-Pará. O processo de carbonização não alterou as estruturas anatômicas presentes nas espécies estudadas tornando possível concluir a identificação até gênero, ao menos, dessas espécies. Entretanto, sabe-se que ainda é necessária uma coleção de referência para que não haja equívocos quanto à identificação de carvões, caso eles sejam provenientes de origem ilegal.

**Palavras-chave:** carbonização, *Eucalyptus grandis*, Amazônia, anatomia da madeira, antracologia

## ANATOMICAL DESCRIPTION OF COAL FROM SIX TIMBER SPECIES MARKETED IN AMAZON

**Abstract:** Coal is the product when there is exposure of certain organic matter to high temperatures with partial or total absence of oxygen for certain periods of time. Anthracology is a multidisciplinary science whose principle is the analysis and identification of coals based on anatomy the wood. Charcoal is considered to be one of the most important inputs in the steel industry, illegal extraction of native wood intended for the production of charcoal, which contributes greatly to the increase in deforestation of the Amazon forest mainly when it is directly or indirectly used to produce coal to supply the the region. The objective of this work is to anatomically characterize the coal of five Amazonian species commercialized in the city of Marabá-Pará. The carbonization process did not alter the anatomical structures present in the woods of the studied species. Making it possible to conclude the identification to genus, at least, of these species. However, it is known that a reference collection is still necessary so that there is no misunderstanding regarding the identification of coals if they come from illegal sources.

**Keywords:** carbonization, *Eucalyptus grandis*, Amazon, Anatomy of wood, Anthracology

### 1. INTRODUÇÃO

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

O carvão é o produto resultante quando há exposição de determinada matéria orgânica a altas temperaturas com parcial ou total ausência de oxigênio por períodos de tempo definidos (LABBÉ et al., 2006). Muniz et al. (2012) afirmaram que a estrutura anatômica da madeira que deu origem ao carvão se mantém, permitindo sua identificação na maioria das espécies.

A antracologia é uma ciência multidisciplinar que tem por princípio a análise e identificação de carvões com base na anatomia da madeira (PRIOR & GASSON, 1993; GONÇALVES, 2010). Para Scheel & Ybert (2006) a importância da antracologia tem haver com sua facilidade de aplicação, os autores propõem um direcionamento para o seu uso como ferramenta de identificação e consequentemente fiscalização e controle do carvão vegetal comercializado no Brasil.

Fatores como o tamanho do fragmento, seu estado de conservação e algumas características da espécie podem impossibilitar o processo de identificação e consequentemente fiscalização por órgãos responsáveis na região Amazônica. (MUNIZ et al., 2012). Assim faz-se necessário a utilização de uma coleção de referências quando se pretende fazer tais tipos de identificação (AFONSO, 2015).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores - IBA (2016), o carvão vegetal é considerado um dos insumos mais importantes da indústria siderúrgica. O segmento destina 82% da produção ao mercado doméstico, registrando consumo de cerca de 4,6 milhões de toneladas no Brasil, sendo que 82% do carvão são provenientes de florestas plantadas. Entretanto, de acordo com Souza et al. (2015) ainda há extração ilegal de madeira nativa destinada à produção de carvão vegetal, que contribui fortemente para o aumento do desmatamento da floresta amazônica, principalmente quando direta ou indiretamente (o resíduo de outras atividades madeireiras) a madeira extraída da floresta é utilizada para produzir carvão para tanto para abastecer as siderúrgicas da região, como também para uso doméstico.

Souza et al. (2015) realizou um levantamento das principais espécies madeireiras comercializadas na cidade de Marabá, onde as espécies abordadas nesse estudo são apontadas com alto índice de comercialização para fins de construção civil, com destaque para a espécie *Apuleia leiocarpa* que apresentou maior taxa de consumo no mercado madeireiro da região, principalmente devido suas características desejáveis à finalidade destinada.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar anatomicamente o carvão vegetal de cinco espécies amazônicas comercializadas na cidade de Marabá-Pará e diferenciá-las do carvão de *Eucalyptus grandis* proveniente de floresta plantadas na mesma região do estudo, fornecendo assim subsídio para os órgãos fiscalizadores e auxiliando no combate ao desmatamento e uso indevido da madeira na Amazônia.

## 2. MATERIAL EMÉTODOS

### 2.1 Obtenção e processamento do material

Foram coletadas amostras de madeira em diferentes estabelecimentos que comercializam madeira com destino a construção civil na cidade Marabá – PA. O nome popular pelo qual a madeira é comercializada foi informado pelo comerciante

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

em cada local visitado. Foi realizada a identificação macroscópica no Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira na Universidade do Estado do Pará e confirmada a identificação na Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental, onde foram selecionadas amostras em condições para registro e arquivamento.

Foi coletado o máximo de amostras possíveis por espécie, nos diferentes estabelecimentos visitados, e foram produzidos dez (10) corpos de prova por espécie para carbonização.

As espécies identificadas que foram abordadas nesse estudo são: *Exellodendron barbatum* (Ducke) Prance; *Ocotea* sp.; *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr.; *Alexa grandiflora* Ducke; *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. e um clone de *Eucalyptus grandis* proveniente de plantio homogêneo na mesma região do estudo.

### 2.2 Preparo, confecção dos corpos de prova e carbonização

As amostras para carbonização foram confeccionadas na dimensão 1,0 cm x 1,0 cm x 4,0 cm, orientadas nos três planos anatômicos, radial, tangencial e longitudinal respectivamente.

A metodologia de carbonização seguiu as recomendações de Muñiz et al (2012) os corpos de prova foram embrulhados em papel alumínio para diminuir o contato com o oxigênio e carbonizados em forno mufla. A carbonização ocorreu com taxa de aquecimento constante de 1,7° por minuto e atingindo a temperatura máxima de 450° permanecendo na temperatura final por 2 horas, totalizando 6h 40min de carbonização.

As imagens do carvão foram obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) em material maciço e a medição dos elementos celulares (frequência e diâmetro dos vasos, frequência altura e largura dos raios) foram efetuadas utilizando o software Image-Pro Express 6.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterizações qualitativa e quantitativa do carvão das espécies estudadas

A tabela 1 indica quais as espécies estudadas, com classificação e nome comercial, fornecidos pelo posto de comercialização.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO







## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Tabela 1. Lista de espécies identificadas, com suas respectivas famílias, nome comercial, classificação comercial, fornecidas pelos estabelecimentos que comercializam madeira para construção civil

Espécie	Família	Nome comercial	Classificação comercial
<i>Exellodendron barbatum</i> (Ducke) Prance	Chrysobalanaceae	Casca seca	Dura
<i>Ocotea</i> sp Aubl.	Lauraceae	Louro	Branca/Mista
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Fabaceae	Amarelão	Amarela/dura
<i>Alexa grandiflora</i> Ducke	Fabaceae	Melancieiro	Branca/mista
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae	Guariúba	Amarela/dura
<i>Eucalyptus grandis</i>	Myrtaceae	Eucalipto	Mista

A classificação comercial das espécies indica a finalidade a qual madeira é empregada, madeiras classificadas como duras são utilizadas para finalidades estruturais, enquanto, madeiras mistas são utilizadas para finalidades que não necessitam de alta resistência mecânica.

A Tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros anatômicos quantitativos avaliados neste trabalho para todas as espécies estudadas.

Tabela 2. Valores médios das características anatômicas dos carvões das diferentes espécies

Espécie	FV	DV	FR	AR	LR
<i>Exellodendron barbatum</i>	4,25	155,06	10,2	195,82	15,64
<i>Ocotea</i> sp.	7,85	177,11	6,45	347,64	49,63
<i>Apuleia leiocarpa</i>	26,4	151,92	8,9	166,55	26,25
<i>Alexa grandiflora</i>	3,7	141,68	8,1	284,83	40,98
<i>Clarisia racemosa</i>	14,35	133,47	6,2	510,43	72,33

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

---

<i>Eucalyptus grandis</i>	19,9	90,49	20,95	131,87	19,88
---------------------------	------	-------	-------	--------	-------

---

FV: frequência dos vasos (por mm<sup>2</sup>); DV: diâmetro dos vasos (µm); FR: frequência de raios (por mm); AR: altura dos raios (µm); LR= largura dos raios (µm).

O carvão de *E. barbatum* apresentou raios unisseriados com presença de cristais prismáticos, e o valor médio encontrado para a largura dos raios é o menor entre as espécies estudadas, fator de diferenciação dessa espécie das demais. *E. grandis* também apresenta raios unisseriados, e apresentou a segunda menor média para largura dos raios, no entanto não foram observadas inclusões minerais ou outro tipo de depósitos nas células do parênquima radial desta espécie.

As espécies *Clarisia racemosa* e *Ocotea* sp. apresentaram os maiores valores de largura de raios, entretanto são também as espécies que apresentam menores médias de frequência de raio por mm linear, em comparação o carvão de *E. grandis* apresentou a maior média de frequência de raios.

Os maiores valores de diâmetro dos vasos foi encontrado para espécie *Ocotea* sp. que de acordo com Marchesan et al. (2006) é uma madeira de baixa densidade com valor de 0,50 g/cm<sup>3</sup>.

Dentro os parâmetros anatômicos quantitativos avaliados, destacam-se os valores de frequência dos vasos e dos raios e o diâmetro dos vasos observados no carvão de *E. grandis*, os quais foram os maiores e o menor valor encontrados para estes parâmetros entre as espécies avaliadas (Tabela 2), fato que possibilita a diferenciação do carvão desta espécie plantada das demais espécies de floresta nativa avaliadas.

Prior e Gasson (1993); Kim e Hanna (2006) relatam que variações no comportamento dos vasos durante a carbonização ocorrem em função das diferentes contrações anisotrópicas do material, sendo influenciadas principalmente pela característica da parede das fibras e das células parenquimáticas, se paratraqueal ou apotraqueal e também quanto a sua finalidade, entretanto Gonçalves et al (2012) ressaltam que esta observação não pode ser tomada como regra, pois variações podem ocorrer devido as características intrínsecas de cada espécie.

A Tabela 3 expõe os dados qualitativos dos parâmetros anatômicos avaliados nas seis espécies estudadas e as características são ilustradas nas Figuras (1 – 2).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

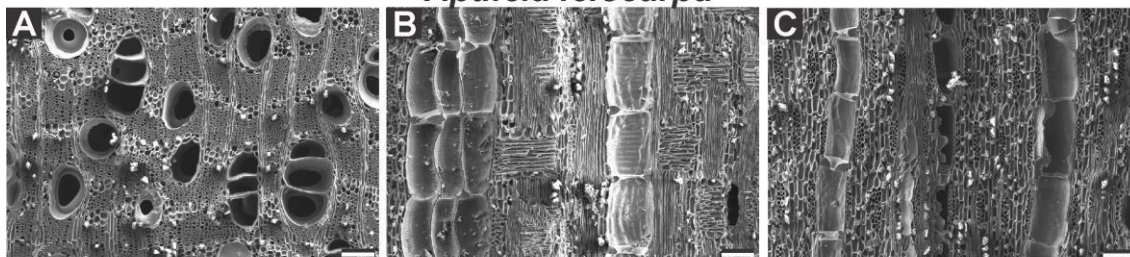
Tabela 3. Dados qualitativos do carvão de seis espécies analisadas

Espécies	AC	OD	PP	PI	Parênquima axial	L
<i>Exelodendron barbatum</i>	Ausente	√	Simples	Opostas	Reticulado no máx. duas células de altura	2
<i>Ocotea sp.</i>	Ausente	√	Simples	Alternas	Vasicêntrico	2
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Ausente	√	Simples	Alternas	Aliforme com aletas finas confluentes em bandas estreitas de até três células de altura	3
<i>Alexa grandiflora</i>	Ausente	√	Simples	Alternas	Aliforme com pequenas confluências	2
<i>Eucalyptus grandis</i>	Presente	-	Simples	Alternas	Vasicêntrico	1
<i>Clarisia racemosa</i>	Ausente	√	Simples	Alternas	Em bandas de mais de três células de largura	4

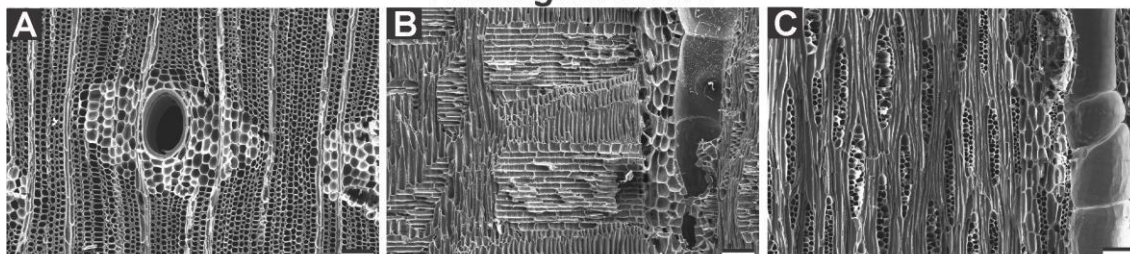
AC = anéis de crescimento; OD = outros depósitos; PP = placa de perfuração; PI = pontoações intervasculares; L = altura dos raios em nº de células; CR = composição dos raios (Onde: A = corpo das células marginais quadradas ou eretas; B = corpo de células procumbentes com uma fileira de células marginais quadradas ou eretas; C = corpo de células procumbentes principalmente com 2 a 4 fileiras de células marginais quadradas ou eretas; EE = estruturas estratificadas); EE = estruturas estratificadas



*Apuleia leiocarpa*



*Alexa grandiflora*



*Clarisia racemosa*

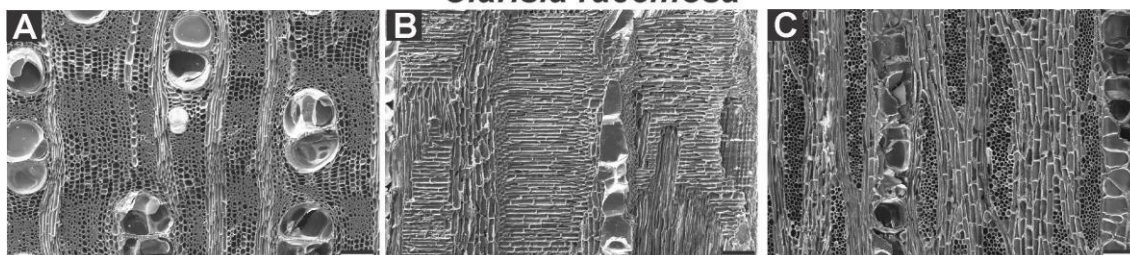
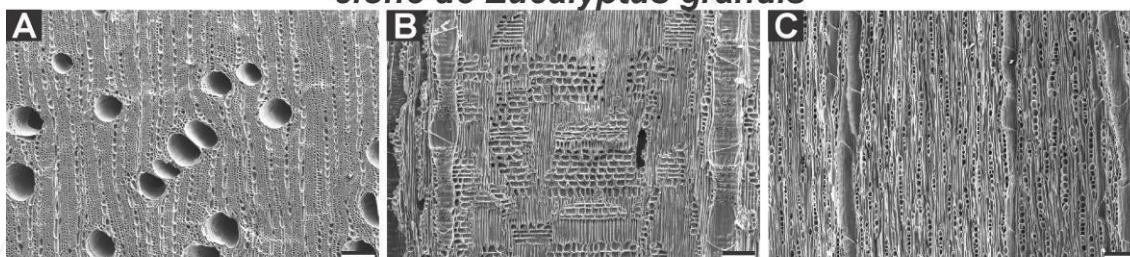
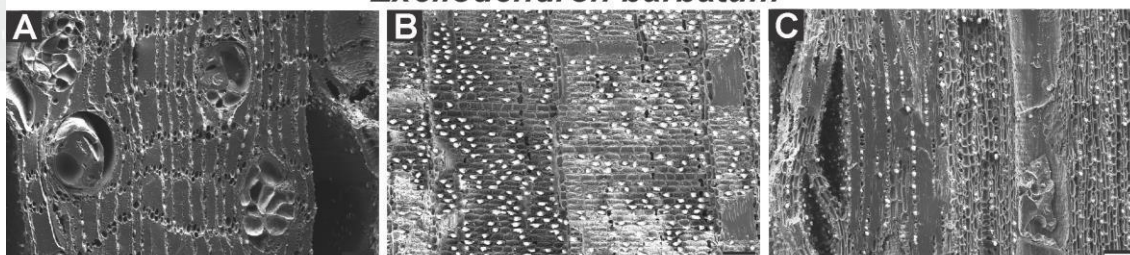


Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura. Imagem do plano transversal (A), radial (B) e tangencial (C). Barra de escala: 100 µm.

*clone de Eucalyptus grandis*



*Exellodendron barbatum*



*Ocotea sp.*

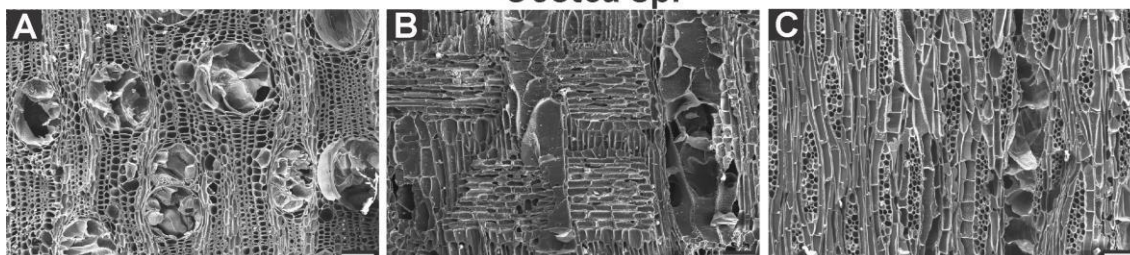


Figura 2. Microscopia eletrônica de varredura. Imagem do plano transversal (A), radial (B) e tangencial (C). Barra de escala: 100 µm.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO







## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Uma das principais características para se diferenciar as espécies estudadas é o parênquima axial, pois *E. grandis* possui parênquima axial vasicêntrico encontrado somente em *Ocotea* sp. as demais espécies estudadas apresentam outros tipos de parênquimas que permaneceram intactos mesmo após a carbonização (Tabela 3), Nisgoski et al. (2012), estudando *Copaifera* cf. *langsdoorii* e *Dipteryx odorata* carbonizadas em regime de rampas com temperatura final de 450° C também não observaram modificação nas características do parênquima axial para as espécies avaliadas.

A espécie *E. barbatum* apresentou parênquima axial reticulado, acúmulo de cristais nas células de parênquima radial, fendas de retração sempre no sentido dos raios; *A. grandiflora* apresentou parênquima axial abundante aliforme em trechos curtos e achatamento dos vasos após a carbonização; *C. racemosa* apresentou parênquima axial em faixas largas.

Nas amostras avaliadas apenas *E. grandis* apresentou anéis de crescimento distintos, Gonçalves et al (2014), descreveram anatomicamente o carvão de quatro espécies de *Eucalyptus* plantadas no Brasil e mencionaram algumas características anatômicas também observadas no carvão dessa espécie neste estudo, entretanto, os autores observaram a presença de tilose, característica não encontrada no carvão de *E. grandis*. Todas as espécies deste estudo apresentaram placa de perfuração simples, entretanto esse parâmetro pode ser de difícil observação no material carbonizado; apenas a espécie *E. barbatum* apresentou pontoações intervasculares opostas, que pode ser mais um parâmetro de diferenciação para o carvão da espécie.

A madeira de *A. grandiflora* e *A. leiocarpa* apresentaram vasos preenchidos por gomas e/ou outras resinas, e as espécies *E. barbatum*, *Ocotea* sp. e *C. racemosa* possuem vasos preenchidos por tilose. A única espécie cujo carvão não apresentou nenhum tipo de impregnação foi *E. grandis*, um fator importante, visto que a impregnação por tilose ou gomas pode ser vista a olho nu.

Apenas a espécie *A. leiocarpa* apresentou estruturas estratificadas, para todas as células, vasos, raios e parênquima axial (Figura 1 B, C), o que facilita no momento da identificação se observado o plano tangencial. Além disso, *A. leiocarpa* apresentou cristais prismáticos nas células de parênquima axial, outras duas espécies também apresentaram cristais prismáticos, *E. barbatum*, nas células de raio e, em menor quantidade *Ocotea* sp. nas células do parênquima axial.

Nisgoski et al. (2014) avaliaram quatro diferentes tipos de carbonização com *Ocotea porosa* e observaram a presença de tilose e óleo resina nos vasos, a presença de células oleíferas associadas ao parênquima radial, bem como a distinção de fibras septadas permaneceram após a carbonização em todos os tratamentos avaliados, resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo.

## 4. CONCLUSÕES

O processo de carbonização não alterou a estrutura anatômica da madeira das espécies estudadas, possibilitando a caracterização e identificação anatômica dos carvões.

As características anatômicas mais importantes para diferenciar o carvão de *E. grandis* das demais espécies nativas da Amazônia estudadas, foram quantitativamente a frequência dos vasos (por mm<sup>2</sup>) e dos raios (mm) e o diâmetro dos vasos; qualitativamente destaca-se o tipo de parênquima axial e a presença de substância depositadas nos vasos.

As florestas plantadas com destino final a carbonização são em sua maioria de *Eucalyptus* de diversos gêneros e pode-se distinguir bem o seu carvão das outras

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

cinco espécies nativas estudadas. Entretanto, sabe-se que ainda é necessária uma coleção de referência para que não haja equívocos quanto à identificação de carvões, especialmente se eles forem provenientes de origem ilegal.

### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira da Universidade do Estado do Pará-UEPA, à Bolsa de Auxílio Estudantil e à Liga de Ciência e Tecnologia da Madeira- LCTM pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho. A Empresa Vale do Rio Doce pelo suporte técnico fornecido para a obtenção das imagens no microscópio eletrônico de varredura.

### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, C. M. I.; GONÇALVES, T. A. P.; MUÑIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M.; NIGOSKI, S. Mozambique's charcoals: anatomy of nine native species. **Bosque**, v. 36, n. 1, p. 105-112, 2015.

GONÇALVES, T. A. P.; BALLARIN, A. W.; NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil I –anatomical characterization of Corymbia and Eucalyptus. *Maderas. Ciencia y tecnología* 16(3): 323-336, 2014.

GONÇALVES, T.A.P. Anatomia do lenho e do carvão de espécies arbóreas no cerrado do estado de São Paulo, Brasil. 2010. Dissertação (mestrado em ciência florestal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência Agrônomicas, Botucatu, 2010.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Anuário estatístico 2016 ano base 2015. São Paulo – SP.

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.

LABBÉ, L.; HARPER, D.; RIALS, T. Chemical structure of wood charcoal by infrared spectroscopy and multivariate analysis. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 54, n. 10, p.3492-3497, 2006.

MARCHESAN, R.; MATTOS, P. P.; BORTOLI, C.; ROSOT, N. C. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) barroso**. Embrapa Florestas, 2006.

MUÑIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; FRANÇA, R. F.; SCHARDOSIN, F. Z. Anatomia do carvão de espécies florestais. *Cerne*, v. 18, n. 3, p. 471-477, 2012.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

NIGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; FRANÇA, R. F.; BATISTA, F. R. R. Anatomia do lenho carbonizado de *Copaifera* cf. *Langsdorfii* Desf. E *Diptery xodorata* (Aubl.) Wild. Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.), Pelotas, v. 03, n. 02, p. 66-79, Novembro de 2012.

NIGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; BATISTA, F. R. R.; MOLLEKEN, R. E. Influence of arbonization temperature on the anatomical characteristics of *Ocotea porosa* (Nees & Mart. Ex Nees) L. Barroso. Wood Science and Technology, Berlin, v. 48, p. 301-309, 2014.

PRIOR, J.; GASSON, P. 1993 Anatomical changes on charring six african hardwoods. IAWA Journal, 14 (1): 77-86.

SOUZA, M. J. C. S.; SILVA, K. S.; PERDIGÃO, C. R. V.; SILVA, G. R.; MELO, L. E. L. Anatomia do lenho carbonizado de espécies madeireiras comercializadas na Amazônia. Boletim técnico da Fundação Casa da Cultura de Marabá, n. 8, p. 51-62, 2015.

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

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

