



# RBES

Revista Brasileira de  
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

**v.5, n.2, p.36-42, dez. 2018**

## APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA

SILVA, L.<sup>1</sup>; OLIVEIRA, L.<sup>2</sup>; SILVA, H.<sup>2</sup>; SOUSA, P.<sup>2</sup>; BARROS, D.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia-Professor do Instituto de Ciências Agrárias - ICA- UFRA

**Palavras-chave:** biomassa florestal, carbonização, bioenergia.

### Resumo

A utilização racional e eficiente da biomassa incorporada a tecnologias adequadas, é uma das melhores alternativas para aproveitamento da matéria prima para produção energética. Neste contexto, o presente estudo objetivou a caracterização do carvão vegetal produzido a partir de resíduos de madeira de espécies florestais quanto as propriedades físicas e químicas. O processo de carbonização foi realizado em um forno tipo Mulfla, com taxa de aquecimento de  $1,6 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}^{-1}$ , a  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ , permanecendo neste patamar por 30 minutos. O rendimento gravimétrico apresentou valores acima de 30%, indicado para a produção de carvão vegetal. A densidade básica da madeira apresentou correlação com a densidade aparente do carvão. A análise de voláteis (23,51%), carbono fixo (75,68%) e cinzas (0,80%) do carvão produzido com valores satisfatório para uso doméstico e siderúrgico.

## ENERGY UTILIZATION OF INDUSTRIAL WOOD WASTE

**Keywords:** forest biomass, carbonization, bioenergy.

### Abstract

The rational and efficient use of biomass incorporated to appropriate technologies is an alternative for the best use of the raw material for energy production. In this context, the present study aimed to characterize charcoal produced from wood residues of forest species as well as physical and chemical properties. The carbonization process was carried out in a Mulfla oven, with a heating rate of  $1.6 \text{ }^\circ\text{C} / \text{min}^{-1}$ , at  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ , remaining at this level for 30 minutes. The gravimetric yield presented values above 30%, indicated for the production of charcoal. The basic density of the wood showed a correlation with the apparent relative density of the coal. The analysis of volatiles (23.51%), fixed carbon (75.68%) and ash (0.80%) of charcoal produced with values satisfactory for domestic and steel use.

## INTRODUÇÃO

A madeira é o produto mais comercializado da floresta (SILVA et al. 2007). Existem inúmeros usos desse material, na construção civil e na produção de móveis tanto em sua forma maciça ou em produtos derivados como os painéis de madeira, na produção de celulose e papel, para geração de energia dentre outros. Como fonte de energia a madeira pode ser utilizada sua forma direta como lenha ou em algumas derivações na forma de pellets, briquetes e o carvão vegetal (NOBRE, et al. 2025; PEREIRA, et al. 2017).

O município de Paragominas se mostra como um dos grandes polos do Pará na indústria de beneficiamento da madeira (VEDOVETO et al., 2010). Em movelarias o uso da madeira para fabricação de móveis, geram resíduos de vários tamanhos de madeira, que em geral se apresentam em forma de serragem e peças menores, nas quais podem também ser utilizados para geração de energia (PROTASIO et al., 2011; CARDOSO; MOUTINHO e ANDRADE, 2013; NOLASCO, 2014).

No setor florestal, de acordo com a atividade desenvolvida, são produzidos diferentes tipos de resíduos de madeira. O manejo florestal produz grande quantidade de galhos, tocos, serragens e cascas. Já nas serrarias o volume e o tipo de resíduos produzidos vão depender do uso final da peça de madeira. De forma geral, as costaneiras, os refilos e as aparas correspondem a 71% dos resíduos madeireiros produzidos e são frequentemente utilizados como lenha. Em seguida está a serragem que corresponde a 22% do total. Finalmente tem os cepilhos ou maravalhas que somam 7% do total produzidos (NUMAZAWA et al. 2017).

A produção de energia é uma necessidade incontestável, pois a busca por combustíveis, tanto no meio rural como no urbano, é crescente e tem levado à procura por fontes de energias alternativas (SILVA et al., 2007). Dos diversos produtos derivados da madeira, o carvão vegetal tem destaque na geração de energia, principalmente devido ao caráter renovável da matéria-prima (NOBRE et al., 2015).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o carvão vegetal produzido a partir de resíduos de cinco espécies florestais, *Euxylophora paraensis* Huber, *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.)

G.P.Lewis & M.P.Lima, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O., *Hymenolobium petraeum* Ducke, *Carapa guianensis* Aubl, obtidos da indústria moveleira no município de Paragominas, Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos de madeiras foram coletados em uma indústria de moveis localizada no município de Paragominas, estado do Pará.

Foram selecionados resíduos de cinco espécies sendo estas: *Euxylophora paraensis* Huber (Pau amarelo), *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima (Timborana), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. (Ipê amarelo), *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angelim-pedra), *Carapa guianensis* Aubl (Andiroba).

Para a realização das análises foram preparados quinze corpos de prova medindo 2x3x5 cm, de cada espécie, totalizando 75 amostras de madeiras. A identificação do táxon das espécies foi realizada na Xiloteca da Embrapa Amazônia Oriental, registrado através do NIDX 01/2017. Em seguida, as madeiras foram enviadas ao Laboratório Multidisciplinar 3 da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Paragominas, para a caracterização física e química da madeira e do carvão vegetal.

Primeiramente foi determinada a densidade básica da madeira (DBM) utilizando os procedimentos descritos na norma NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003). Em seguida o processo de carbonização foi realizado em forno elétrico Mufla, com temperatura final de 500 °C, tempo de carbonização de 30 minutos e taxa de aquecimento de 1,67 °C/min. Após a carbonização foi determinado o rendimento gravimétrico (RGC), fazendo a relação entre a massa seca do carvão obtida e a massa seca da madeira antes da carbonização.

A densidade relativa aparente do carvão (DRA) foi determinada conforme a NBR 8633 (ABNT, 1984). As análises químicas imediatas do carvão vegetal, teor de cinzas (TCZ), teor de materiais voláteis (TMV) e teor de carbono fixo (TCF), seguiu as especificações da Norma D1762/84 da *American Society for Testing and Material* (ASTM, 2001).

As características estudadas seguiram um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Primeiramente, realizou-se a análise de variância (ANOVA) pelo teste F (5%) e quando os resultados foram significativos, efetuou-se o teste de Tukey a 5% de significância para a comparação das médias. Os dados foram analisados através do software estatístico SPSS, 2.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da DBM variaram de 0,46 a 0,93 g.cm<sup>-3</sup>. Dentre as espécies analisadas, a que apresentou maior densidade básica foi *Handroanthus serratifolius* com 0,93 g.cm<sup>-3</sup>. Outros autores encontraram valores de 0,96 g.cm<sup>-3</sup> para a espécie, classificando-a como uma madeira pesada (ROCHA et al., 2014, FREITAS, 2015).

A espécie *Euxylophora paraensis* apresentou a segunda maior densidade básica da madeira 0,71 g.cm<sup>-3</sup>, mostrando diferença estatística significativa entre as demais espécies avaliadas. O valor encontrado para a espécie é próximo aos 0,69 g.cm<sup>-3</sup> (IPT, 1989). Enquanto que ALVES et al. (2012) encontraram o resultado de 0,84 g.cm<sup>-3</sup> considerando sua massa específica aparente alta.

A espécie *Pseudopiptadenia psilostachya* apresentou densidade igual a 0,59 g.cm<sup>-3</sup>, abaixo do valor obtido na pesquisa de Silva et al. (2007), apresentando valor de 0,75 g.cm<sup>-3</sup> para a mesma espécie. A diferença entre as densidades pode se dar ao fato da origem do material analisado, podendo ter suas amostras coletadas entre medula e casca, causando a variabilidade da densidade. Onde é evidenciado e comentado também por Klitzke et al. (2008) quando se comparou as densidades do cerne e alburno do jatobá.

A DBM da espécie *Hymenolobium petraeum* Ducke foi de 0,52 g.cm<sup>-3</sup>, que é o segundo menor valor entre as cinco espécies estudadas. Trugilho et al. (2002), Lobão et al. (2011) e Gonçalves et al. (2013) avaliando esta espécie encontraram médias de 0,58; 0,68 e 0,88 g.cm<sup>-3</sup> respectivamente. Assim essa diferença pode ter sido ocasionada pelo fato de os corpos de provas coletados nessa pesquisa, terem sido de uma madeira já processada, tendo a probabilidade maior das amostras

possuírem partes mais próximo da medula ou de galhos mais novos reaproveitados de serrarias. Enquanto que no estudo feito por Lobão et al., (2011), o material coletado foi retirado diretamente do fuste, dessa forma, poder tipo amostras apenas do cerne, tendo a tendência de maior densidade na mesma espécie.

A menor média de densidade básica encontrada foi a da espécie *Carapa guianensis* com 0,46 g.cm<sup>-3</sup>. Valor semelhante ao observado por Andrade e Carvalho (1998), que obteve média de 0,48 g.cm<sup>-3</sup>, ao analisar o lenho desta espécie. A madeira de andiroba é usada para a construção de barcos e navios de alto padrão, assoalhos, marcenaria e mobília, acabamento e ornamentação de interiores (FIRMINO, 1998), e também pelo valor ecológico e medicinal pela extração do óleo das suas sementes (COSTA; MARENCO, 2007).

A densidade básica da madeira é uma das propriedades mais estudadas. Tem como definição a quantidade de massa de madeira, sem influência da umidade para a geração de energia, sendo uma informação essencial para o dimensionamento das unidades de geração de energia, do rendimento e eficiência dos sistemas de geração (NOGUEIRA; LORA, 2003; BRAND, 2010).

Para a produção de carvão vegetal é desejável que a madeira apresente elevada densidade básica, pois quanto maior a densidade da madeira maior será a densidade relativa aparente do carvão vegetal produzido para um determinado volume (NEVES, 2012).

Na Tabela 1, encontram-se os valores de rendimento gravimétrico do carvão das cinco espécies estudadas em seu processo de carbonização. Nela pode-se verificar que os valores de rendimento gravimétrico variam de 27,6 a 33,1%.

Tabela 1. Médias do rendimento gravimétrico do carvão – RGC (%) das cinco espécies estudadas.

Espécie	RGC(%)
<i>Euxylophora paraensis</i>	27,6 b
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	28,8 b
<i>Handroanthus serratifolius</i>	32,1 a
<i>Hymenolobium petraeum</i>	32,5 a
<i>Carapa guianensis</i>	33,1 a
Média Geral	30,8

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ ).

A comparação das médias do rendimento gravimétrico indica que os carvões das espécies *Carapa guianensis*, *Hymenolobium petraeum* e *Handroanthus serratifolius* são iguais pelo teste de Tukey (5%), enquanto que as espécies *Pseudopiptadenia psilostachya* e *Euxylophora paraensis* possuem rendimentos iguais entre si e diferente dos demais. Os valores médios para o RGC de *Carapa guianensis*, *Hymenolobium petraeum* e *Handroanthus serratifolius* são próximos dos resultados encontrados por Pastore et al. (1989) que estudou em escala laboratorial 20 espécies amazônicas, que obtiveram rendimentos entre 27 e 37%. Andrade e Carvalho (1998), em sua pesquisa com carvão de *Carapa guianensis*, produzido a 400 °C, obteve RGC de aproximadamente 41%, sendo este valor superior ao encontrado no presente trabalho.

A diferença entre os valores de rendimento após a carbonização, pode ser explicada pelo fato da temperatura final (400 °C) utilizada pelo autor ser inferior a empregada neste trabalho, ocasionado uma menor degradação térmica na madeira durante o processo de carbonização. De acordo com Vilas Boas et al. (2010) e Vieira et al. (2013), quanto maior a temperatura de carbonização, maior o grau de destilação da madeira, provocando assim a perda de massa do material carbonizado, diminuindo rendimento gravimétrico.

As espécies *Pseudopiptadenia psilostachya* e *Euxylophora paraensis*, apresentaram valores inferiores as demais. Silva et al. (2007), constatou que a *Timborana*, carbonizada em um período de sete e dez dias apresentou um rendimento de 27,62% sendo este valor menor do que o resultado encontrado neste estudo que foi realizado com as carbonizações em forno tipo mufla com temperatura de carbonização de 500 °C, que foi de 28,8%. Mostrando que o trabalho realizado em escala laboratorial se obteve resultados superiores aos estudados por Silva et al. (2007), que avaliou o rendimento gravimétrico de carvões produzidos em sistemas tradicionais de produção, em forno de alvenaria.

Santos et al., (2011), avaliou clones de Eucalipto com taxa de aquecimento de 1,07 °C e tempo de

carbonização de 7 horas, observou que os rendimentos gravimétricos foram afetados pelos diferentes materiais genéticos, apresentando valores médios que variam entre 28,27 e 30,21%. Assim, além a variabilidade genética influenciar nos rendimentos gravimétricos, a temperatura de carbonização pode ter sido elevada para algumas espécies, diminuindo assim o rendimento gravimétrico das mesmas.

Machado, Vogel e Silva (2014), relata em sua pesquisa que, quanto a maior a temperatura máxima de carbonização menor o rendimento gravimétrico. Podendo explicar assim que a mesma temperatura de carbonização para várias espécies não seja o ideal para atingir o melhor potencial para rendimento gravimétrico de cada uma.

Os valores médios apresentados na Tabela 2 para densidade relativa aparente do carvão, variou entre 0,24 e 0,60 g.cm<sup>-3</sup>, apresentando assim diferença significativa entre todos os materiais carbonizados com exceção da espécie *Hymenolobium petraeum* que não mostrou diferença significativa quando comparado com a *Euxylophora paraensis* e *Pseudopiptadenia psilostachya*.

Tabela 2. Médias da densidade relativa aparente do carvão (DRA), das cinco espécies estudadas.

Espécie	DRA (g.cm <sup>-3</sup> )
<i>Euxylophora paraensis</i>	0,37 b
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	0,31 c
<i>Handroanthus serratifolius</i>	0,60 a
<i>Hymenolobium petraeum</i>	0,33 bc
<i>Carapa guianensis</i>	0,24 d
Média Geral	0,37

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ ).

As espécies *Handroanthus serratifolius* e *Carapa guianensis* apresentaram os maiores e menores valores de densidade relativa aparente do carvão, com suas médias 0,60 e 0,24 g.cm<sup>-3</sup> respectivamente. Evidenciando a correlação entre densidade básica da madeira e a densidade relativa aparente do carvão. Os valores de DRA das espécies *Euxylophora paraensis*, *Pseudopiptadenia psilostachya*, *Hymenolobium petraeum*

e *Carapa guianensis*, obtidos nesse estudo são muito próximos das densidades de carvões produzidos a partir de madeiras do gênero *Eucalyptus* encontrados em várias pesquisas como, por exemplo, em Castro et al. (2013) e Pereira et al. (2016).

A espécie *Handroanthus serratifolius* apresentou o carvão vegetal com o maior valor para densidade relativa aparente. De modo geral, madeiras com elevada densidade também apresentam maior densidade do carvão o que foi observado por Santos et al. (2011) e Silva et al. (2007). Observa-se esta mesma relação neste trabalho.

Esta correlação entre densidade da madeira e densidade do carvão concede uma base sólida e importante para a escolha de espécies destinadas a produção de carvão (SANTOS et al. 2011; NEVES, 2012). Machado Neto e Brandão (2015), denotam que a densidade básica é considerada a propriedade física mais importante da madeira, pois trata-se de um parâmetro significativo tanto para os geneticistas quanto para os tecnólogos da madeira, pois guarda grandes relações diretas com as propriedades do carvão, assim fornecendo parâmetros confiáveis para a escolha de uma espécie para a produção de bom carvão vegetal.

Dessa forma, pode-se afirmar que visando à otimização da densidade relativa aparente do carvão vegetal deve-se carbonizar a madeiras que apresentam alto valor de densidade, uma vez que quanto maior a densidade básica maior a densidade relativa aparente do carvão (PROTÁSIO et al. 2013).

Na Tabela 3, encontram-se os valores médios da análise química imediata dos carvões vegetais dos resíduos madeireiros das cinco espécies florestais estudadas. A análise de variância indicou que houve diferenças significativas apenas para a variável teor de cinzas.

Tabela 3. Médias do teor de material volátil (TMV), teor de cinzas (TCZ) e carbono fixo (CF) do carvão vegetal das cinco espécies estudadas.

Espécie	TMV	TCZ	CF
<i>Euxylophora paraensis</i>	24,15 a	0,99 a	74,85 a
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	20,15 a	0,89 ab	78,95 a

<i>Handroanthus serratifolius</i>	22,14 a	0,70 b	77,14 a
<i>Hymenolobium petraeum</i>	24,96 a	0,26 c	74,77 a
<i>Carapa guianensis</i>	26,17 a	1,15 a	72,67 a
<b>Média Geral</b>	<b>23,51</b>	<b>0,80</b>	<b>75,68</b>

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Os resultados para teor de materiais voláteis não apresentaram diferença estatística entre si, tendo com valor médio para todas as espécies de 23,51%. A média encontrada foi inferior aos encontrados por Soares et al., (2014) que obteve resultados para TMV variando entre 18 e 22% para carvão de madeira de Eucalipto. Trugilho et al. (2001) observou, carvão vegetal a partir da madeira de *Eucalyptus grandis* aos sete anos de idade, TMV variando de 18,0 e 21%. De acordo com Santos (2008), carvão vegetal deve apresentar valores de materiais voláteis de 20 a 25%.

O teor de cinzas foi a única variável da análise química imediata que mostrou diferença significativa entres os valores obtidos para o carvão vegetal das cinco espécies estudadas (Tabela 3).

As espécies *Carapa guianensis*, *Euxylophora paraensis* e *Pseudopiptadenia psilostachya* tiveram os maiores resultados para TCZ com 1,15, 0,99% e 0,89% respectivamente, não possuindo diferenças significativas entre si, e sendo diferentes das demais espécies. As outras duas espécies, *Handroanthus serratifolius* e *Hymenolobium petraeum* tiveram os resultados de 0,70 e 0,26 respectivamente. Santos et al. (2011) realizando estudos com carvão produzido com diferentes clones de eucalipto obteve resultados variando de 0,39 a 0,76%, mostrando resultados inferior ao encontrado no presente estudo. Os resultados para TCZ nessa pesquisa exibem valores dentro do limite citado por Santos (2008) que seria abaixo de 1% para carvão de uso siderúrgico, tendo como exceção a espécie *Carapa guianensis*.

A média para carbono fixo entre todas as espécies estudadas foi de 75,67%, não apresentando diferença estatística entre si (Tabela 3). Santos et al. (2011) trabalhando com uma temperatura de carbonização final de 450 °C em 4 clones de Eucalipto, encontrou resultados para CF entre 85,33 e 87,52% onde se mostra superior ao resultado encontrado nesse estudo.

Usando uma temperatura final de carbonização de 500 °C para madeira de Eucalipto, Scremin (2012)

encontrou o resultado de 74,92% para CF. Dessa forma, o valor médio de CF encontrado para as cinco espécies estudadas nesse trabalho estão inferiores ao encontrado por Santos et al. (2011) e superior ao encontrado por Scremin (2012). O valor médio de 75,67% encontrado para CF, para as cinco espécies estudadas nesse trabalho, encontram-se dentro do limite citado por Santos (2008), que é de 75 e 80% de carbono fixo.

## CONCLUSÃO

A partir dos valores observados para densidade básica da madeira, constatou-se que os resíduos madeireiros das cinco espécies apresentam elevado potencial e correlação com a densidade relativa do carvão vegetal.

Os resíduos apresentam alto rendimento gravimétrico, para as espécies *Handroanthus serratifolius*, *Hymenolobium petraeum*, *Carapa guianensis* todos acima de 30%, indicados para a produção de carvão vegetal.

Os valores médios das propriedades químicas do carvão vegetal, voláteis (23,51%), carbono fixo (75,68%) e cinzas (0,80%) são indicados para uso doméstico e siderúrgico.

## LITERATURA CITADA

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOTTA, J. P.; PAES, B. J.; et al. Caracterização anatômica macroscópica de madeiras folhosas comercializadas no estado do Espírito Santo, Floresta e Ambiente, 2012.

ANDRADE, A. M.; CARVALHO, L. M. Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do estado do Rio de Janeiro. Revista Árvore, v. 5, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Ensaio físicos - Determinação da massa específica (Densidade à granel). p. 2, 198.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11941 - Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASTM – American Society for Testing Materials. ASTM D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. United States, 2001.

BARROS, S. V.; PIO, N. S.; NASCIMENTO, C. C.; COSTA, S. S. Avaliação do potencial energético das espécies florestais *Acacia Auriculiformis* e *Ormosia Paraensis* cultivadas no município de Iranduba/Amazonas, Brasil. Madera y Bosques. v. 15, p 59-69, 2009.

BRAND, M. A. Energia de biomassa florestal. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.

CARDOSO, C. C.; MOUTINHO, V. H. P.; ANDRADE, F. W. C. Caracterização energética de madeiras de três espécies da Amazônia brasileira. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira 2013, 2013. Disponível em: <https://proceedings.science/cbcm-2013/trabalhos/caracterizacao-energetica-de-madeiras-de-tres-especies-da-amazonia-brasileira>. Acesso em: 03 nov. 2018.

CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. de C. O.; LIMA, J. E. de; SANTOS, R. C. dos; PEREIRA, B. L. C.; ALVES, I. C. N. Análise multivariada para seleção de clones de eucalipto destinados à produção de carvão vegetal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.48, n.6, p.627-635, jun. 2013.

COSTA, G. F. da, MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). Acta Amazônica, Manaus, v. 37, n. 2, p. 229 – 234, 2007.

DAMÁSIO, R. A. P.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARDOSO, M. T.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. L. M. Caracterização anatômica e qualidade do carvão vegetal da madeira de pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). Pesquisa Florestal Brasileira. v.33, p. 261-267, 2013.

FIRMINO, A. V. Qualidade da madeira de andiroba em floresta de terra firme e várzea da Amazônia Oriental. 1988. 49 f.: il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2016.

FREITAS, A. C. S. Tratamento termomecânico unilateral em madeira tropical para produção de piso: efeitos sobre as propriedades físicas, mecânicas e superficiais. 2015. x, 98 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; et al. Durabilidade Natural de Espécies Florestais Madeireiras ao Ataque de Cupim de Madeira Seca. Floresta e Ambiente, 2013.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Fichas de características das madeiras brasileiras. 2.ed. São Paulo: IPT, 418p., 1989.

KLITZKE, R. J.; SAVIOLI, D. L.; GRACIELA, I. B. M.; et al. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. Scientia Florestalis, v. 36, n.80, 2008.

LOBÃO, S. M.; CASTRO, R. V.; RANGEL, A.; et al. Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. Scientia Florestalis. v. 39, 2011.

MACHADO NETO, A. P.; BRANDÃO, C. F. L. S. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. NATIVA, Sinop, v. 03, n. 01, p. 09-15, janeiro/março. 2015.

MACHADO, G. O.; VOGEL, F.; SILVA, M. M.; Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas, químicas e energéticas do carvão de cinamomo (*Melia azedarach* L.). Ambiência, v.10, 2014.

NEVES, Thiago Andrade. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* cultivados no sul de Minas Gerais. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras. 2012.

NOBRE, J. R. C., CASTRO, J. P.; BIANCHI, M. L.; BORGES, W. M. S.; PAULO FERNANDO TRUGILHO, P. F.; MOULIN, J. C.; NAPOL, A. Caracterização do carvão ativado produzido a partir de serragens de maçaranduba. Cientia Forestalis. Piracicaba,

- NOGUEIRA, L.A.H.; LORA, E.E.S. 2003. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 2.ed. 199pp.
- NOLASCO, A. M.; Gerenciamento de resíduos da indústria de pisos de madeira. Piracicaba: ANPM, 2014. 40p.
- NUMAZAWA, S.; CARVALHO, M. S. P.; CARDOSO, E. G.; BRITO, T. N.; BATALHA, I. M.; SILVA, L. F. F.; SILVA, R. P. F.; SOUZA, G. C.; CARVALHO, A. C. Determinação do Coeficiente de Rendimento Volumétrico da tora em madeira serrada, de dez espécies florestais processadas na indústria. UFRA/FUNPEA/LAMAPA. 2017.
- PASTORE. M.C.T.; OKINO. A.Y.E.; PASTORE. Jr. F.; Carbonização de Madeiras da Amazônia Parte 1: Floresta Nacional do Tapajós. Brasília, 1989.
- PEREIRA, B. L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, C. A.; SANTOS, L. C.; CARNEIRO, A. C.; MAGALHÃES, M. A. Efeito da carbonização da madeira na estrutura anatômica e densidade do carvão vegetal de Eucalyptus. Ciência Florestal, v. 26, 2016.
- PEREIRA, E. G.; MARTINS, M. A.; PECENKA, R.; CARNEIRO, A. C. O. Pyrolysis gases burners: Sustainability for integrated production of charcoal, heat and electricity. Renewable And Sustainable Energy Reviews, v. 75, p.592-600, 2017.
- PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de Eucalyptos plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p.
- PROTASIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JUNIOR, M.; Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v 31, n 66p. 113-122, abr/jun. 2011.
- PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Seleção de Clones de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. Scientia Florestalis, 2013.
- ROCHA, L. T. C.; PEREIRA, S. J.; GUIMARÃES, K. L.; VALPORTO, M. S.; VIEGAS, V. A. Madeiras tropicais quanto à densidade e cor para uso em pavimentação. 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Blucher Design Proceedings, Volume 1, 2014, Pages 2171-2181, ISSN 2318-6968.
- SANTOS, I D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. Scientia Florestalis, v. 39, 2011.
- SCREMIN, A. L. T. Estudo energético e fisicoquímico do carvão vegetal de Eucalyptus dunnii Maiden. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. Guarapuava, 2012.
- SILVA, M. G.; NUMAZAWA, S.; ARAUJO, M. M.; NAGAISHI, T. Y. R.; GALVÃO, G. G.; Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. Acta Amazônica. Volume. 37 (1) 2007: 61 – 70.
- SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J.; HÖFLER, J. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.543-549, 2014
- SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. Madeiras Tropicais Brasileiras. IBAMA/Laboratório de Produtos Florestais. Brasília. 152p., 1997.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; REGAZZI, A. J.; et al. Efeito da água quente e pressão na determinação da densidade básica da madeira. Scientia Florestalis n. 62, 2002.
- TRUGILHO, P.F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal. CERNE, vol. 7, núm. 2, 2001, pp. 104-114 Cerne, Lavras, v.7, 2001.
- VEDOVETO, M.; PEREIRA, D.; SANTOS, D.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. Setor Moveleiro na Região Norte: Situação, Desafios e Recomendações. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Pará – SEBRAE/PA. Belém, Pará. Jun/2010.
- VILAS BOAS, M. A.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. M. L.; MARTINS, M, ARÊDES.; Efeito da temperatura de carbonização e dos resíduos de macaúba na produção de carvão vegetal. Scientia Agrícola. Piracicaba, SP v. 38, n. 87, p. 481-490, set. 2010.