



## Propriedades energéticas da madeira e casca de *Dalbergia cearensis* Ducke

Huga Géssica Bento de Oliveira<sup>1\*</sup>; Mylla Vycória Coutinho Sousa<sup>1</sup>; Lucas de Souza Silva<sup>1</sup>; Antônio Carlos Ferraz Filho<sup>1</sup>; Andressa Ribeiro<sup>1</sup>

**RESUMO:** A madeira é considerada o combustível mais antigo usado como fonte de energia. No entanto, com a crescente demanda, tornou-se necessário adotar fontes que promovam menores impactos ao meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo determinar as propriedades físicas, químicas e energéticas da madeira de *Dalbergia cearensis*. O estudo foi realizado em uma área de vegetação nativa em Cristino Castro-PI, selecionando três indivíduos da espécie, dos quais foram retirados discos de madeira nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. A densidade básica foi determinada conforme NBR 11941. O poder calorífico superior foi determinado conforme NBR 8633 e o teor de materiais voláteis, cinzas e de carbono fixo foi determinado de acordo com a NBR 8112. A densidade obtida para a espécie foi de 0,73 g/cm<sup>3</sup>, o poder calorífico foi de 4.327 kcal kg<sup>-1</sup> para madeira e 4.419 kcal kg<sup>-1</sup> para casca. O teor de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo para a madeira foram 87,9%, 0,3% e 11,9%, respectivamente, e 85,1%, 1,6% e 13,3% para a casca. A espécie apresentou potencial para energia, mas ressalta-se que devido à ótima qualidade da madeira, o destino deverá visar usos mais nobres, como por exemplo serraria.

**Palavras-chave:** densidade básica, poder calorífico, análise química.

## Energy properties of wood and bark of *Dalbergia cearensis* Ducke

**ABSTRACT:** Wood is the oldest fuel used as an energy source. However, with the growing demand it has become necessary to adopt sources that promoted fewer impacts to the environment. The present work aimed to determine the physical, chemical and energetic properties of *Dalbergia cearensis* wood. The study was carried out in an area of native vegetation in Cristino Castro-PI, selecting three individuals of the species, from which wood discs were removed at heights of 0, 25, 50, 75 and 100% of the commercial height. The basic density was determined according to NBR 11941. The higher calorific value was determined according to NBR 8633 and the content of volatile, ash and fixed carbon materials were determined according to NBR 8112. The density obtained for the species was 0.73 g/cm<sup>3</sup>, the calorific value was 4,327 kcal kg<sup>-1</sup> for wood and 4,419 kcal kg<sup>-1</sup> for bark. The content of volatile materials, ash and fixed carbon for wood were 87.9%, 0.3% and 11.9%, respectively, and 85.1%, 1.6% and 13.3% for bark. Therefore, the species has potential for energy, but due to the excellent quality of the wood, the final destination should aim more noble uses, such as sawmill.

**Keywords:** wood density, calorimetric value, chemical analyze.

## INTRODUÇÃO

O combustível mais antigo empregado para a produção de energia é a madeira e, devido à crescente demanda por fontes energéticas renováveis, em detrimento aos combustíveis fósseis, ela se apresenta como recurso energético renovável vantajoso, devido ao baixo custo na produção e por ocasionar menores impactos ambientais quando executado de forma racional (BRUN et al., 2018). Não há nenhuma restrição quanto às características químicas e físicas para que a madeira seja utilizada no processo de combustão, no entanto, esta é variável conforme as características específicas de cada espécie (RODRIGUES, 2018).

As espécies do gênero *Eucalyptus* são as principais fontes destinadas para a produção de energia, em virtude da sua alta adaptabilidade,

decorrente de características intrínsecas ou do uso de técnicas de melhoramento genético para adaptação às diferentes condições climáticas, ocasionando aumento da proporção de energia por área em inferior intervalo de tempo no processo de combustão (BRUN et al., 2018). Apesar do avanço silvicultural, as condições de estresse hídrico e melhoramento genético em desenvolvimento para o semiárido do país, geram condições de restrição ao rendimento satisfatório dos plantios de eucalipto na região e a consequente expansão do cultivo (ARAÚJO et al., 2018).

No entanto, espécies nativas da região são naturalmente adaptadas às condições de restrição hídrica, sendo promissoras para geração de bioenergia e com possibilidades concretas de

diversificação da silvicultura brasileira (ARAÚJO et al., 2018), tornando-as alternativas ao monocultivo de espécies exóticas.

Em regiões do semiárido brasileiro, a vegetação funciona como reserva econômica, visto que, principalmente em períodos de seca prolongada, a produção de lenha e carvão acabam por ser a principal fonte de renda para o sustento das famílias e dos comércios (GARIGLIO et al., 2010). Tal demanda impacta na geração de aproximadamente 9.000 empregos diretos e indiretos (BRAND, 2017).

Para garantia da sustentabilidade do uso da biomassa como fonte energética, o manejo florestal é de extrema importância, pois este garante a exploração sustentável de florestas nativas legalmente, assegurando o desenvolvimento econômico local e garantindo a manutenção e conservação das florestas (SANTOS et al., 2017). E para complementação dos estudos em manejo florestal, o conhecimento das propriedades da madeira no que tange às características físicas e químicas são fundamentais para a qualificação do produto.

Mesmo com a adoção de um plano de manejo florestal, o sistema mais utilizado para extração de madeira na Caatinga é o corte raso (EMBRAPA, 2007). Este corte refere-se à retirada total da vegetação do local, respeitando um diâmetro mínimo de corte, com a permanência dos tocos para regeneração natural. Neste tipo de sistema de corte, não é observado as espécies que serão retiradas e a importância ecológica e econômica de cada uma, sendo uma alternativa a utilização do corte seletivo, pois ele acarreta menores impactos ambientais e um possível maior retorno econômico, principalmente em relação às espécies de madeira nobre.

A *Dalbergia cearensis* Ducke é uma espécie nativa, endêmica do semiárido nordestino brasileiro, conhecida popularmente como jacarandá-violeta, miolo de negro, pau-violeta e violeta (CARVALHO, 1997), e pode atingir de 5 a 8 m de altura. Sua madeira, de ótima qualidade e muito decorativa, é indicada para mobiliário de luxo, instrumentos musicais, lâminas faqueadas decorativas, tornearia em geral e ainda possui características ornamentais (LORENZI, 2009), portanto é considerada de uso nobre.

Além dos usos madeiráveis, Santos et al. (2017) relataram que espécies do gênero *Dalbergia* são potenciais na produção da própolis, de grande importância na indústria farmacêutica. Os mesmos autores apontaram que a produção é insuficiente para atender o mercado internacional, destacando a demanda dos Estados Unidos, que negocia o quilo do produto de US\$ 200 a US\$ 250.

Desta forma, o presente trabalho objetivou determinar as propriedades físicas e químicas da

madeira e da casca da espécie *Dalbergia cearensis*, uma vez que a mesma apresenta diversos usos na região Nordeste.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com a espécie *Dalbergia cearensis* (Fabaceae), com material coletado em uma área de vegetação nativa, submetida a um plano de manejo florestal sustentável e localizada no município de Cristino Castro, no sudoeste piauiense, entre as coordenadas geográficas de 08° 49' 04" de latitude Sul e 44° 13' 26" de longitude Oeste e 345 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, a região de estudo possui clima Aw, isto é, tropical com inverno seco (ALVARES et al., 2013), sendo uma zona de transição entre os biomas Caatinga e Cerrado, mas incluída na região semiárida.

Foram selecionados três indivíduos da espécie com alturas e diâmetros diferentes, visando avaliar diferentes idades, nos quais procederam as análises físicas e químicas da madeira. Em cada árvore foram retirados discos de madeira nas alturas de 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial. A altura comercial foi determinada como a altura do fuste principal com diâmetro de até 3 cm. Os discos maiores que 5 cm de diâmetro foram transformados em 4 cunhas opostas à medula, sendo que duas foram utilizadas para a densidade e duas para os testes de poder calorífico e análise química. A madeira também foi separada da casca para a realização das duas últimas análises.

O preparo das amostras ocorreu com o lasqueamento das cunhas. Os cavacos foram moídos em moinho tipo Willye. Destaca-se que para evitar contaminação de uma amostra para outra, o moinho foi limpo com o uso de compressor de ar. Após a moagem, as mesmas foram peneiradas e o material considerado para as análises foi o retido entre as peneiras de 30 e 60 mesh.

A densidade básica foi determinada conforme instrução normativa NBR 11941 (ABNT, 2003). Para determinar o volume de madeira saturada, as sub-amostras foram mergulhadas em água e aplicado vácuo até atingirem o ponto de saturação (aprox. 28% de umidade). O volume saturado foi determinado pelo método de deslocamento de água (Princípio de Arquimedes) obtido por meio de pesagens em balança de precisão.

Para determinação da massa seca, as amostras foram pesadas e levadas para estufa de secagem, regulada a uma temperatura de  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ . Após 24 horas na estufa, as amostras foram pesadas em intervalos regulares de 6 horas até obtenção de peso constante. O valor da densidade básica foi calculado pela fórmula:

$$d = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:  $d$  = densidade básica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $m$  = massa seca (g) e  $v$  = volume saturado ( $\text{cm}^3$ ).

O poder calorífico superior foi determinado com a utilização de 1 g da amostra com uso de um calorímetro digital Parr 9000, conforme a NBR 8633 (ABNT, 1984).

Os ensaios foram realizados em triplicata, sendo utilizada amostra composta pelas cinco posições longitudinais de amostragem do fuste, para as análises químicas realizadas.

A análise química imediata da madeira foi utilizada para determinar o teor de materiais voláteis, cinzas e de carbono fixo de acordo com a NBR 8112 (ABNT, 1986). Para tal, foi utilizado forno elétrico do tipo mufla.

Para determinação do teor de materiais voláteis, pesou-se 1 g de cada amostra e as colocou-se em cadinhos previamente secos e de pesos conhecidos. As pesagens foram realizadas em balança analítica de precisão. Inicialmente, os cadinhos com o material para análise foram postos à frente da mufla com temperatura regulada em  $950 \pm 10$  °C por 3,5 minutos para aclimação. Posteriormente, foram postos dentro do equipamento por 11 minutos, e, então, retirados e pesados após resfriamento em dessecador. O teor de voláteis foi determinado pela Equação 2.

$$mv = \frac{(m_2 - m_3)}{m} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

em que:  $mv$  = teor de materiais voláteis (%);  $m_2$  = massa inicial do cadinho com a amostra (g);  $m_3$  = massa final do cadinho com a amostra;  $m$  = massa da amostra.

O teor de cinzas foi determinado a partir de 1 g do resíduo do procedimento anteriormente descrito. Os cadinhos abertos foram colocados no mesmo equipamento regulado a  $600 \pm 10$  °C por 6 horas. Após este período, foram postos em dessecador para resfriamento, com posterior pesagem. O teor de cinzas foi obtido pela Equação 3.

$$cz = \frac{(m_1 - m_0)}{m} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

em que:  $cz$  = teor de cinza (%);  $m_0$  = massa do cadinho (g);  $m_1$  = massa do cadinho com a amostra (g);  $m$  = massa da amostra (g).

O teor de carbono fixo ( $cf$ ) foi determinado pelo método indireto, que consistiu na utilização da Equação 4, pois o mesmo se refere ao percentual restante da massa total da amostra após determinação do teor de materiais voláteis e cinzas.

$$cf = 100 - (mv + cz) \quad (\text{Equação 4})$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A densidade básica da madeira de *D. cearensis* é uma variável complexa, pois para ser determinada depende da análise de fatores da madeira em conjunto, tais como teor e as dimensões das fibras, assim como de parênquima e vasos, características da parede celular, dentre outros. Porém, a sua determinação pode ser facilitada quando a quantificação requer apenas a determinação da massa saturada e massa seca da madeira e a razão entre elas (SILVEIRA et al., 2013).

A densidade encontrada para a espécie foi de  $0,73 \text{ g}/\text{cm}^3$ , classificada como uma madeira de alta densidade, vantajosa para a queima direta, além de reduzir custos referentes ao transporte e armazenamento da biomassa e do carvão vegetal. Lorenzi (2009) descreve a densidade da madeira de *D. cearensis* com o valor de  $1,01 \text{ g}/\text{cm}^3$ , maior que o observado no presente estudo.

A densidade básica da madeira e a densidade relativa aparente do carvão vegetal resultante, geralmente, mostram-se fortemente relacionadas (VALE et al., 2010). Sendo assim madeiras com alta densidade resultarão em carvão de alta densidade.

Valores mais elevados de densidade relativa aparente são muito almejados, pois quando se destina o carvão vegetal para siderurgia, quanto maior a densidade do carvão, melhor será a ocupação do mesmo no interior do forno, aumentando a eficiência no processo de combustão (ARAÚJO et al., 2018).

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados das análises químicas da madeira e da casca de *D. cearensis*.

Tabela 1. Poder calorífico e análise química imediata da madeira e da casca seguido por desvio padrão para a espécie *D. cearensis*.

Variáveis	Madeira	Casca
Poder Calorífico ( $\text{kcal kg}^{-1}$ )	$4.327 \pm 45$	$4.419 \pm 62$
Materiais Voláteis (%)	$87,86 \pm 2,9$	$85,10 \pm 2,7$
Cinzas (%)	$0,26 \pm 0,1$	$1,60 \pm 0,6$
Carbono Fixo (%)	$11,87 \pm 3,0$	$13,30 \pm 2,5$

Fonte: os autores

Observa-se que os valores de poder calorífico, cinzas e carbono fixo da casca são superiores aos encontrados na madeira. Esta diferença está relacionada à quantidade de extrativos presentes na casca, que têm como função a proteção do vegetal vivo (BRAND, 2010).

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira (JARA, 1989), sendo o poder calorífico superior

aquele que mede a máxima quantidade de energia que um combustível pode liberar, não havendo perda do calor latente do vapor d'água (TRUGILHO, 2006).

O poder calorífico da espécie foi de 4.327 kcal kg<sup>-1</sup> e o da casca 4.419 kcal kg<sup>-1</sup>. Geralmente, o poder calorífico da madeira não varia muito de uma espécie para outra, mas os resultados encontrados são ligeiramente inferiores aos relatados para espécies geralmente usadas para produção de carvão vegetal, como é o caso de Silva (2015) que obteve 4.680 kcal kg<sup>-1</sup> para a madeira de *Eucalyptus benthamii*.

Montoya (2017), ao avaliar o potencial energético de 6 espécies da caatinga de destaque neste fim, constatou poder calorífico superior, de 4.453,33 kcal kg<sup>-1</sup> a 4.883,80 kcal kg<sup>-1</sup>, em comparação ao apresentado no presente. O autor ainda apresenta que espécies da caatinga possuem destaque no uso para lenha e carvão em razão das características do tronco, porte e forma.

Machado Neto et al. (2015) observaram poder calorífico médio de 4.206 Kcal kg<sup>-1</sup> para as espécies de uma área de Caatinga, sendo que *Poincianella bracteosa* apresentava o menor valor (2.570 kcal kg<sup>-1</sup>) e *Leutzburgia auriculata* o maior valor (9.640 kcal Kg<sup>-1</sup>). Os mesmos autores apresentaram resultados para espécies do Cerrado, com média de poder calorífico de 5.044 kcal kg<sup>-1</sup>, com o valor mais baixo de 4.492 kcal kg<sup>-1</sup> para *Sclerolobium aureum* e o mais alto de 5.425 kcal kg<sup>-1</sup> para *Sclerolobium paniculatum*.

Espécies com elevado poder calorífico apresentam, por consequência, aumento na sua capacidade de liberar calor para o meio em forma de energia, acarretando também no aumento do potencial energético do combustível (SOUZA, 2018). Figueiredo et al. (2018) apresentaram que o menor consumo do insumo redutor, quando utilizada a madeira para a siderurgia, considerando um mesmo cenário de produtividade, está atrelado ao maior poder calorífico.

A determinação do poder calorífico de espécies também é utilizada como um parâmetro para o manejo florestal, com intuito de prevenção ou diminuição de incêndios, visto adequar espécies para composição florestal (MACHADO NETO et al. 2015).

Na análise química imediata que consiste no cálculo percentual do teor de voláteis, cinzas e carbono fixo contidos na madeira (BRAND, 2010) a madeira da espécie *D. cearensis* apresentou alto teor de materiais voláteis (87,86%) e baixo teor de carbono fixo (11,87%).

Em contrapartida, o conteúdo de voláteis mostra a facilidade de se queimar um material (BRAND, 2010). Logo, a espécie se queimará rapidamente,

não permanecendo por muito tempo em fornos se usada para energia, característica não desejável quando se almeja um bom combustível.

Diferentes resultados foram encontrados por Friederichs et al. (2015) para carbono fixo, materiais voláteis e cinzas em *Mimosa scabrella*, no qual apresentaram valores médios de 17,99%, 81,28% e 0,74%, respectivamente. Valores mais altos também foram apresentados por Costa et al. (2014), nos quais as espécies avaliadas apresentaram o rendimento médio de carbono fixo igual a 25,37%.

Desta forma, materiais voláteis e teor de carbono fixo influenciam diretamente na intensidade da queima, pois quanto maior for o teor de carbono fixo, mais lenta será a queima; já uma maior quantidade de materiais voláteis facilita a queima (BRUN et al., 2018). Figueiredo et al. (2018) apontam aumento proporcional do teor de carbono fixo com o poder calorífico, ao passo que avaliaram que o maior teor de carbono fixo aumenta o poder calorífico superior. O mesmo autor ainda evidenciou teor de cinzas superior a 1% para todas as espécies avaliadas.

O teor de cinzas apresentado pela espécie é 0,26%, considerado baixo. O resultado é satisfatório se comparado com o apresentado por Brun et al. (2018), que avaliaram dois clones e um híbrido de eucalipto e constataram um alto teor médio de cinzas para os clones (0,60% e 0,57%) e para o híbrido de 0,58%. Deste modo, com relação a este fator, a madeira de *D. cearensis* apresenta vantagem em relação às demais apresentadas, pois o baixo teor de cinzas garante que quando utilizada para fins energéticos não haja danificação de equipamentos ou mesmo necessidade de limpezas mais frequentes, visto que teor de cinzas acima de 5% acarretam tais danos (MEDEIROS NETO et al., 2014).

Os resultados da análise química imediata da madeira de *D. cearensis* se assemelharam aos observados por Silva, Vale (2018), que constataram em 34 espécies características do cerrado teor de cinzas entre 0 e 1%, carbono fixo entre 14% e 23% e de materiais voláteis de 77 a 85,5%.

Tendo em vista os resultados químicos, nota-se que a *D. cearensis* é uma espécie cuja madeira possui potencial limitado para fonte energética se comparada a outras espécies de destaque para este fim

Ressalta-se que para a produção energética, tem-se o estudo de Neves et al. (2011), que relataram o potencial dos clones de eucalipto com poder calorífico superior de 7.643,3 kcal kg<sup>-1</sup> e 7.666,3 kcal kg<sup>-1</sup>, teor de cinzas de 0,70% e 0,65%, de carbono fixo de 80,29% e 79,92% e de materiais voláteis de 18,92% e 19,43%. No entanto, não há que desmerecer o potencial de nativas, tal como *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir (jurema-preta) que no

estudo de Paes et al. (2012) apresentaram o alto poder calorífico da espécie (6.745 kcal kg<sup>-1</sup>) e carbono fixo, com baixos teores de materiais voláteis e cinzas, características que a torna de bom uso para a siderurgia.

Desta forma, o resultado de densidade obtido neste trabalho permite classificar a madeira de *D. cearensis* como de densidade média e, portanto, potencial para fins moveleiros, também em virtude das suas características visuais de excelência. Desta forma, planos de manejo florestal sustentáveis devem observar a presença de espécies de maior valor incorporado, visando a utilização para fins mais nobres e possibilitando agregar maior retorno econômico ao projeto florestal.

## CONCLUSÕES

A madeira de *D. cearensis* apresenta potencial limitado como fonte energética, com alto teor de materiais voláteis se comparada a outras espécies nativas também utilizadas para este fim.

Ao avaliar a densidade da madeira, ela é classificada como média e é considerada como de uso nobre, utilizada para fins moveleiros.

## AGRADECIMENTOS

Ao Projeto de P&D PD-02607-0044 “Estudo de Ações para Mitigação de Riscos de Desligamentos das Linhas de Transmissão por Queimadas e Avaliação de Métodos de Manutenção de Faixas de Servidão”, financiado pela Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. (TAESA) com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A Faz. Aracaju e seus funcionários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. C. C.; COSTA, L. J.; BRAGA, P. P. C.; GUIMARÃES NETO, R. M.; ROCHA, M. F. V.; TRUGILHO, P. F. Propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal de *Cenostigma macrophyllum*: subsídios ao uso sustentável. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 38, p. 1-9, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8112**: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8633**: carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

BRAND, M. A. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo florestal, para geração de energia.

**Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 117-127, 2017.

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

BRUN, E. J.; BERSCH, A. P.; PEREIRA, F. A.; SILVA, D. A.; BARBA, Y. R.; JUNIOR, J. R. D. Caracterização energética da madeira de três materiais genéticos de *Eucalyptus* sp. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 1, p. 87-92, 2018.

CARVALHO, A. M. A synopsis of the genus *Dalbergia* (Fabaceae, Dalbergieae) in Brazil. **Brittonia**, v.49, n.1, p.87-109, 1997.

COSTA, T. G.; BIANCHI, M. L.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no Cerrado para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 37-46, 2014.

EMBRAPA. **Preservação e uso da caatinga**. Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Semi-árido. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 39 p. il. (ABC da Agricultura Familiar, 16)

FRIEDERICHS, G.; BRAND, M. A.; CARVALHO, A. F.; KUSTER, L. C. Qualidade da madeira e do carvão vegetal de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 6, n. 2, p. 79-87, 2015.

FIGUEIREDO, M. E. O.; LONGUE JÚNIOR, D.; PEREIRA, A. K. S.; CARNEIRO, A. C. O.; SILVA, C. M. S. Potencial da madeira de *Pterogyne nitens* Tul. (madeira-nova) para produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 420-431, 2018.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: IPT, 1989. 6p. (Comunicação Técnica).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.3, 2009, 384p.

MACHADO NETO, A. P.; BRANDAO, C. F. L. S. DUARTE, B.; ALMIR, J.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. **Nativa**, Sinop, v. 3, n. 1, p. 10-15, 2015.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relações entre características da madeira e do carvão vegetal de duas espécies da caatinga. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 484-493, 2014.

- MONTOYA, J. D. M. **Potencial energético de espécies lenhosas da caatinga para uso de biomassa em plano de manejo florestal**. 2017. 74 f. Dissertação – Universidade Federal Rural de Pernambuco, PE.
- NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.
- PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; SANTOS, H. C. M. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de três espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 01-10, 2012.
- RODRIGUES, S. F. **Produção de biomassa lenhosa de 31 materiais de *Eucalyptus* sp. em Prata, MG**. 2018. 15 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de Uberlândia, MG.
- SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; SANTOS, W. S.; RAMOS, G. R.; VASCONCELOS, G. S.; VASCONCELO, A. D. M. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 13, n. 3, p. 203-211, 2017.
- SANTOS, R. L.; PEREIRA, D. S.; XAVIER JÚNIOR, S. R.; VENTURIERI, G. C. Levantamento fitogeográfico de *Dalbergia* L.f. (Leguminosae-papilionoideae) com potencial produtivo para própolis vermelha no Estado do Pará. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 3, p. 590-595, 2017.
- SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, R. V. O.; MARINHO, I. V.; TRUGILHO, P. F.; ALVES, I. C. N.; CASTRO, A. F. N. M. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no norte do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 491-502, 2013.
- SILVA, D. A.; MULLER, B. V.; KUIASKI, E. C.; ELOY, E.; BEHLING, A.; COLAÇO, C. M. Propriedades da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de energia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 84, p. 481-485, 2015.
- SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 179-184, 2013.
- SILVA, C. J.; VALE, A. T. Energy density model for forest species from cerrado. **Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, 2018.
- SOUZA, C. O. **Potencial energético da madeira e carvão vegetal de angico vermelho (*Anadenanthera peregrina*) jovem**. 2018. 52 f. Dissertação (Mestre em Ciências florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.
- TRUGILHO, P. F. **Carbonização da madeira e controle de qualidade do carvão vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. 41 p. Apostila didática.
- VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E.; Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 137-145, 2010.