

Potencial Energético da Goiaba-de-Anta
(*Bellucia dichotoma* Cogn.) em Vegetação
de Sub-Bosque em Plantios Comerciais de
Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H&B)



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Ocidental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 142

Potencial Energético da Goiaba-de-Anta (*Bellucia dichotoma* Cogn.) em Vegetação de Sub-Bosque em Plantios Comerciais de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H&B)

*José Cordeiro Neto
Roberval Monteiro Bezerra de Lima
Celso Paulo de Azevedo
Cintia Rodrigues de Souza*

**Embrapa Amazônia Ocidental
Manaus, AM
2018**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Ocidental
Rodovia AM-010, Km 29,
Estrada Manaus/Itacoatiara
69010-970, Manaus, Amazonas
Fone: (92) 3303-7800
Fax: (92) 3303-7820
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Roberval Monteiro Bezerra de Lima

Secretária
Gleise Maria Teles de Oliveira

Membros
*Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa, Maria
Perpétua Beleza Pereira e Marcos Vinícius
Bastos Garcia*

Revisão de texto
Maria Perpétua Beleza Pereira

Normalização bibliográfica
Maria Augusta Abtibol Brito de Sousa
(CRB 11/420)

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Gleise Maria Teles de Oliveira

Foto da capa
Roberval Monteiro Bezerra de Lima

1ª edição
1ª impressão (2018): 300 tiragem

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Ocidental

Potencial energético da goiaba-de-anta (*Bellucia dichotoma* Cogn.) em vegetação de sub-bosque em plantios comerciais de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H&B) / José Cordeiro Neto... [et al.]. – Manaus : Embrapa Amazônia Ocidental, 2018.

23 p. : il. color. - (Documentos / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-3135; 142).

1. *Bellucia dichotoma*. 2. *Bertholletia excelsa*. 3. Castanha-do-brasil. 4. Espécie florestal. I. Cordeiro Neto, José. II. Lima, Roberval Monteiro. Bezerra de. III. Azevedo, Celso Paulo de. IV. Souza, Cintia Rodrigues de. V. Série.

CDD 634.575

Autores

Celso Paulo de Azevedo

Engenheiro florestal, D.Sc. em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM

Cintia Rodrigues de Souza

Engenheira florestal, D.Sc. em Ciências de Florestas Tropicais, pesquisadora da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM

José Cordeiro Neto

Engenheiro florestal, M.Sc. em Ciências Florestais e Ambientais, engenheiro da JM Engenheiros Consultores Ltda., Manaus, AM

Roberval Monteiro Bezerra de Lima

Engenheiro florestal, D.Sc. em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM

Apresentação

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), as florestas contribuem com aproximadamente 40% da energia renovável mundial em forma de dendrocombustível. Isso equivale a energia solar, a hidrelétrica e a eólica juntas.

Entre a diversidade de espécies que ocorrem na Amazônia, faz-se necessário identificar espécies nativas promissoras para produção de carvão e lenha como alternativa ao uso de madeira do eucalipto. Dentro do programa de pesquisa florestal da Embrapa Amazônia Ocidental, a seleção de espécies para produção de energia e outros fins é uma atividade que vem sendo desenvolvida desde o ano 1991, quando foram testadas mais de 50 espécies nativas e exóticas

Nesta Série Documentos será abordado o resultado de pesquisa com a goiaba-de-anta, espécie de rápido crescimento, com ocorrência em toda a região Amazônica e que apresenta alto potencial de uso como dendrocombustível.

Celso Paulo de Azevedo

Chefe-Geral Interino

Sumário

Introdução.....	9
Revisão bibliográfica.....	11
Espécie – Goiaba-de-anta (<i>Bellucia dichotoma</i> Cogn.).....	11
Características da madeira para produção de biomassa.....	11
Teor de umidade.....	11
Densidade básica.....	12
Poder calorífico.....	13
Material e Métodos.....	13
Caracterização da espécie para produção de energia.....	15
Resultados e Discussão.....	15
Teor de umidade.....	15
Caracterização da densidade e do poder calorífico para produção de energia.....	17
Conclusão.....	18
Referências	18

Introdução

Atualmente há uma grande demanda por fontes de energia sustentáveis, que sejam mais limpas em relação aos combustíveis fósseis, grandes emissores de gases de efeito estufa, que contribuem para o agravamento das mudanças climáticas globais. Diante disso, a biomassa florestal, produzida pela fixação de carbono, pode ser transformada em energia renovável por meio da produção de lenha e de resíduos vegetais.

A biomassa florestal (lenha) é provavelmente a matéria-prima energética mais antiga utilizada pelo homem. A lenha continua sendo importante no Brasil como fonte de energia, já que a indústria siderúrgica nacional, principal consumidor de lenha, utiliza essa matéria-prima na produção de carvão. O segundo maior consumidor de lenha no País é o setor residencial, onde é usada, principalmente, para cocção de alimentos e aquecimento. O terceiro maior consumidor de madeira para energia encontra-se disperso em uma série de componentes relacionados ao ramo industrial, incluindo indústrias de cimento, química, de alimentos e bebidas, de papel e celulose e de cerâmicas. Nesse grupo, o destaque situa-se no ramo de alimentos e bebidas e no ramo cerâmico, representando mais de 60% do consumo (Brito; Cintra, 2004).

Segundo IBGE (2018), em 2016 a produção de lenha no Brasil totalizou 53,3 milhões de metros cúbicos, gerando mais de R\$ 2,2 bilhões de reais. Quanto à produção de carvão vegetal, esta superou 4,9 milhões de toneladas e gerou R\$ 2,5 bilhões de reais. Em 2013, o estado do Amazonas teve produção de 840 mil m³ de lenha e renda de R\$ 6,9 milhões de reais (Almudi; Pinheiro, 2015).

Geralmente o consumo de lenha é afetado por variáveis como nível de desenvolvimento local, disponibilidade de florestas, questões ambientais e competição econômica com outras fontes energéticas, tais como petróleo, gás natural e eletricidade (Brito, 2007). Embora seja uma fonte renovável de energia com oferta relativamente alta no mercado (Barbosa et al., 2004), a lenha, no Brasil, tem sofrido redução no consumo, devido à substituição por outras fontes de energia, como eletricidade e gás liquefeito de petróleo (Brasil, 2013).

De acordo com Uhlig (2008), existem dois conceitos relacionados aos combustíveis de madeira que devem ser considerados: renovabilidade e sustentabilidade. Uma fonte de energia pode ser renovável, mas não implica que seu uso seja adequado. Este pode ser insustentável e prejudicial para o ambiente. A sustentabilidade deve ser entendida não só do ponto de vista do suprimento, mas também do socioambiental.

A madeira destinada para fins energéticos deve apresentar duas características principais: alto poder calorífico e rápido crescimento; assim, é necessário analisar seu potencial energético (Vale et al., 2000). Um dos parâmetros para avaliação da qualidade da madeira é a densidade básica, que está ligada diretamente às propriedades físicas, mecânicas e anatômicas, podendo assim caracterizar o uso final da madeira (Rezende et al., 1998).

De acordo com Couto et al. (2000), a biomassa florestal possui características que permitem a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, como carvão, seja pelo aproveitamento de resíduos da exploração e também pelo aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso.

Santos (2006) propôs o uso apropriado de biomassa lenhosa para fins energéticos no estado do Amazonas em um estudo de caso nos setores madeireiro, oleiro e elétrico. O autor concluiu que, para o setor elétrico do estado, o maior custo de geração de energia por meio da biomassa foi de R\$ 0,14/kWh, valor inferior às tarifas praticadas no ano de estudo pela Companhia Energética do Amazonas (Ceam), tanto para o setor residencial (R\$ 0,37 kWh) quanto para os setores comercial e industrial, ambos com R\$ 0,21 kWh.

A Embrapa Amazônia Ocidental vem avaliando espécies florestais nativas e exóticas para produção de biomassa desde o início dos anos 2000, a fim de selecionar espécies adequadas para utilização principalmente no setor cerâmico dos municípios de Iranduba e Manacapuru, além de estudar técnicas de manejo próprias para a implantação de sistemas de produção de lenha em plantios ordenados (Santos; Souza, 2004).

Nesse sentido, foram avaliadas espécies de vegetação espontânea que ocorrem no sub-bosque dos plantios de castanha-do-brasil da Agropecuária Aruanã, com potencial para produção de lenha para fins energéticos de ori-

gem legal. Este trabalho tem o objetivo de avaliar o potencial energético da espécie goiaba-de-anta, espécie de sub-bosque, abundante em plantios de castanha-do-brasil.

Revisão bibliográfica

Espécie – Goiaba-de-anta (*Bellucia dichotoma* Cogn.)

A goiaba-de-anta (*Bellucia dichotoma* Cogn.), planta heliófita e pioneira, pertence à família Melastomataceae. A espécie ocorre em toda a região Amazônica, especialmente na vegetação secundária de terra firme. As plantas possuem porte médio, podendo atingir 10 m de altura, no máximo. O caule é roliço e ereto, porém curto em áreas descampadas e com presença de pequenas raízes tabulares (“sapopemas”) na base. A casca possui coloração castanho-clara com textura áspera e fissurada. A copa da árvore é ampla, muito ramificada, e as folhagens são abundantes e perenifólias. Na Amazônia, pode ser encontrada em florestas de capoeiras que foram originadas após a supressão das árvores da floresta primária, ou em florestas de bordas, pastagens abandonadas e margens de estradas e ramais. Os frutos da goiaba-de-anta são comestíveis, bastante consumidos por animais silvestres, como antas, macacos, jabutis, aves e morcegos.

A espécie goiaba-de-anta foi avaliada quanto ao potencial para produção energética, em razão de sua abundância no sub-bosque dos plantios de castanha-do-brasil. Para os produtores rurais, a utilização da goiaba-de-anta para produção de energia representa a possibilidade de ganhos intermediários, antes da produção de frutos pelas castanheiras.

Características da madeira para produção de biomassa

Teor de umidade

O teor de umidade é inversamente proporcional à densidade da madeira, ou seja, quanto maior a quantidade de água, menor a quantidade dos outros

elementos químicos da madeira – celulose, hemicelulose e lignina (Foelkel et al., 1971).

Segundo Cunha et al. (1989), é importante que o teor de umidade da madeira a ser usada como combustível seja baixo, diminuindo assim o manejo e o custo de transporte, agregando valor ao combustível.

A quantidade máxima de água que a madeira pode ter para entrar em combustão tem sido calculada em aproximadamente 65% na base úmida (o resto corresponde ao material sólido). Dessa forma, madeira muito úmida, com teor de umidade acima desse limite, necessita de calorias de origem externa para secar e entrar em combustão (Cunha et al., 1989; Jara, 1989).

Densidade básica

A densidade básica é um importante parâmetro para avaliação da qualidade da madeira. É uma variável complexa, pois resulta da combinação de diversos fatores, como dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alborno e arranjo dos elementos anatômicos (Foelkel et al., 1971).

Segundo Cunha et al. (1989), não há correlação entre a densidade básica e o poder calorífico da madeira. Entretanto, em relação ao volume de madeira a ser queimada, a densidade está positivamente ligada ao conteúdo calórico dessa madeira, estimulando o interesse por madeiras pesadas para a queima. Com relação ao carvão vegetal, a densidade da madeira se correlaciona positivamente com a densidade do carvão vegetal, ou seja, quanto mais densa for a madeira mais denso será o carvão vegetal (Barrichelo, 1980).

Week et al. (1977), citados por Brito e Barrichelo (1982), afirmam que madeira mais densa propicia maior energia por volume. Uceda (1984) também observou essa relação ao determinar o poder calorífico de espécies florestais. O autor relata que, para uma mesma porcentagem de umidade, um dado volume de madeira densa tem poder calorífico mais elevado que uma madeira menos densa.

Segundo Vale et al. (2002), ao se utilizar de madeira de baixa densidade para a produção energética, haverá uma queima rápida e menor produção de

energia por unidade de volume, ao contrário do que ocorre com madeiras de densidades mais elevadas. Os mesmos autores sugerem que a faixa intermediária entre madeiras médias e madeiras duras varie a densidade básica de 0,65 g/cm³ a 0,80 g/cm³ para a utilização da madeira em forma de lenha, com o intuito de facilitar o início da queima.

Poder calorífico

O poder calorífico indica a capacidade de geração de energia de um combustível durante a sua combustão. A unidade mais usada no Brasil para combustíveis sólidos é a kcal/kg ou cal/g. O poder calorífico superior (PCS) é aquele obtido na bomba calorimétrica a partir do combustível seco. O poder calorífico inferior (PCI) é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (Jara, 1989).

A madeira possui poder calorífico variável, dependendo da espécie. Madeiras de coníferas possuem poder calorífico superior médio de 5.200 cal/g, enquanto que as madeiras de folhosas possuem poder calorífico superior médio de 4.500 cal/g. A composição química é a responsável por essa variação, estando relacionada diretamente aos teores de lignina, cinzas e extrativos da madeira (Trugilho, 2012).

O poder calorífico é fundamental para avaliar o potencial energético de uma espécie, porém essa variável é influenciada por outros fatores, como a composição química, especialmente pelos teores de extrativos, cinzas e lignina.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Fazenda Aruanã, localizada na Rodovia AM-010 (Manaus-Itacoatiara), Km 213, com coordenadas geográficas 03°00'29" S e 58°49'53" W, no município de Itacoatiara, AM. A Fazenda Aruanã possui área total de 14.310,34 ha. O trabalho foi desenvolvido em uma área denominada Aruanã III, com 65,32 ha, reflorestada com *Bertholletia excelsa* H&B (castanha-do-brasil) em 1987. O espaçamento de plantio foi de 10 m x 10 m, com 6.532 indivíduos plantados. As árvores de castanha-do-brasil apresentam bom padrão de homogeneidade no tocante à sobrevivência e ao desenvolvimento dos indivíduos. As espécies do sub-bosque se formaram nas

entrelinhas a partir do ano de 1995 e estão competindo por água e nutrientes com a espécie de interesse.

Foram mensuradas nove unidades amostrais com área de 0,25 ha cada uma, totalizando 2,25 ha de área inventariada. Nessas parcelas, foram encontrados 1.982 indivíduos no sub-bosque (considerando aqueles com DAP igual ou superior a 5,0 cm), pertencentes a 61 espécies e 31 famílias botânicas. Do total de indivíduos, 867 eram da espécie goiaba-de-anta, correspondendo a 44% do total.

Ao todo foram coletados dez indivíduos de goiaba-de-anta, os quais foram divididos em quatro partes: folhas, galhos grossos, galhos finos e tronco. Cada parte foi pesada individualmente para a obtenção do peso fresco total. Após essa pesagem, foi realizado o desmembramento das partes das árvores em subamostras para envio ao laboratório, onde foi determinado o peso seco a 105 °C.

A copa foi dividida em folhas, galhos grossos (diâmetro igual ou superior a 5 cm) e galhos finos (diâmetro inferior a 5 cm). A desfolha completa da árvore foi realizada sobre uma lona, para que esta pudesse abranger toda a copa. As folhas foram pesadas para obtenção do peso fresco total.

Os galhos foram pesados (peso fresco), e posteriormente foi determinado o peso seco. O procedimento foi realizado conforme a Norma ASTM 1984, em que as amostras são retiradas das árvores e secas em estufa a uma temperatura de 105 °C, permanecendo até atingir peso constante.

O teor de umidade foi, então, calculado pela seguinte expressão:

$$U\% = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$$

Em que:

P_u = massa úmida

P_s = massa seca

A determinação da densidade básica foi obtida por meio do densímetro digital DSL 910, com precisão de 0,001 g/cm³; os corpos de prova, medindo 1,5 cm x 1,5 cm x 5,0 cm, foram retirados da base, do meio e do topo do fuste da árvore.

Os ensaios de poder calorífico superior (PCS) foram realizados conforme a Norma ASTM D2015-77. Todas as análises foram realizadas em base seca, com as amostras secas em estufa a 105 °C ± 2 °C até atingir peso constante. Com auxílio de uma bomba calórica, colocou-se, dentro do calorímetro, cerca de 0,8 g. Após a ignição foram medidos os valores de poder calorífico.

Caracterização da espécie para produção de energia

Os valores médios de densidade básica e poder calorífico foram comparados pelo teste t de Student com os valores de referência da Tabela 1.

A densidade básica e o poder calorífico médio devem ser maiores ou iguais ao valor de referência, para que a espécie seja considerada propícia para produção de energia.

Tabela 1. Valores de referência para a classificação de espécies como adequada para produção energética.

Variável	Valor de referência (VR)
Densidade	0,65 g/cm ³ *
Poder Calorífico	4.200 kcal/kg**

* Vale et al. (2002); ** Brito e Barrichelo (1979).

A análise estatística foi realizada aplicando-se o teste t de Student ao nível de 95% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Teor de umidade

O teor de umidade da madeira de goiaba-de-anta tem seus valores apresentados na Tabela 2. O valor do teor de umidade do fuste foi de 107,2%, com

desvio de $\pm 14,1\%$. Silveira et al. (2013), estudando nove espécies comerciais da Amazônia, encontraram variação do teor de umidade do fuste de 46,9% para *Mezilaurus itauba* (itaúba) a 117,3% para *Parkia paraensis* (faveira). O valor mais baixo do desvio-padrão foi obtido para a madeira do fuste, o que indica maior homogeneidade quanto à distribuição de umidade.

Tabela 2. Valores médios dos teores de umidade (TU), expressos em porcentagem, e desvio-padrão (S).

Compartimento	TU%	S
Fuste	107,2	$\pm 14,1$
Galhos Grossos	115,6	$\pm 19,3$
Galhos Finos	227,9	$\pm 112,0$
Folhas	142,5	$\pm 18,8$

Quanto à biomassa fresca total acima do nível do solo, a maior parte foi concentrada no fuste, com 70%, seguido pelas folhas, com 12%, e pelos galhos grossos, com 10% (Figura 1). Em estudos realizados em duas capoeiras na região de Manaus, AM, a categoria “tronco” é predominante na distribuição da biomassa fresca, com contribuições de $64,1\% \pm 5,3$ e $70,5\% \pm 3,9$, respectivamente, aos 14 e 23 anos (Silva, 2007).

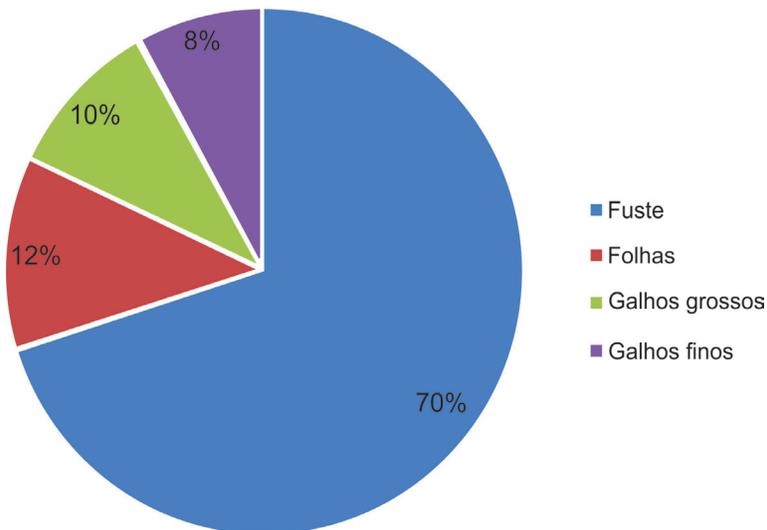


Figura 1. Distribuição da biomassa fresca de *Bellucia dichotoma* Cogn.

Caracterização da densidade e do poder calorífico para produção de energia

Os resultados médios da densidade e do poder calorífico, bem como os valores do teste t de Student, ao nível de 95%, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização energética da madeira de goiaba-de-anta, comparados os valores de referência para densidade básica (0,65 g/cm³) e para poder calorífico (4.200 Kcal/kg).

	Densidade básica (g/cm ³)	Poder calorífico (kcal/kg)
Goiaba-de-anta	0,73*	4.550,3*
Valor de referência	0,65	4.200
Produção de energia	P	P

* Significativo ao nível de 95% de probabilidade; P: propícia para produção de energia.

Observando a Tabela 3, pode-se perceber que a madeira de goiaba-de-anta é propícia para a produção de energia, pois tanto sua densidade básica quanto seu poder calorífico superaram os valores de referência que determinam se dada espécie apresenta ou não condições favoráveis para produção energética.

Trugilho et al. (2001), ao estudarem o potencial energético de clones de eucalipto aos 7 anos de idade, referem-se à densidade básica da madeira como a propriedade que mais influencia a qualidade do carvão vegetal. Os autores concluíram que os clones que apresentaram densidade variando de 0,52 a 0,59 g/cm³ foram potenciais para a produção de carvão. Tais valores são menores que o valor de referência e o valor obtido neste trabalho para a goiaba-de-anta, a despeito do eucalipto ser a espécie mais utilizada na produção de carvão vegetal no Brasil.

De acordo com Santos (2010), a alta densidade básica da madeira é desejável, também, no planejamento dos custos de produção de carvão, visto que madeiras com baixa densidade elevam o custo de transporte e acarretam menor rendimento por fornada. Situação oposta é observada para o carvão oriundo de madeira que tem alta densidade, pois tende a apresentar densidade também elevada, o que acarreta redução nos custos do frete em função do volume transportado, além do aumento de produtividade dos altos fornos.

Quanto ao poder calorífico, o valor médio obtido no presente trabalho se aproxima dos valores citados por Howard (1973), que relatou que o poder calorífico superior das folhosas varia na faixa de 4.600 a 4.800 kcal/kg. Já para Brito (1993), o valor para folhosas tropicais situa-se entre 3.500 e 5.000 kcal/kg.

Barros et al. (2009), estudando o poder calorífico de duas espécies em um plantio no Campo Experimental do Caldeirão, pertencente à Embrapa Amazônia Ocidental e localizado no município de Iranduba, obtiveram os seguintes valores de poder calorífico: 4.383,65 kcal/kg para *Acacia auriculiformis* e 4.381,24 kcal/kg para *Ormosia paraensis*. Quirino et al. (2005) estudaram 240 espécies florestais e constataram que o poder calorífico delas variou entre 4.685 e 4.736 kcal kg⁻¹, ou seja, um poder calorífico médio de 4.710 kcal kg⁻¹.

Silva et al. (1983) estudaram a madeira de diferentes espécies de eucalipto visando à produção de energia e observaram poder calorífico médio de 4.691 kcal/kg. Os valores médios observados no presente trabalho variaram de 4.274 a 4.585 kcal/kg. Vale et al. (2000) encontraram valor médio para o poder calorífico superior da madeira de *Eucalyptus grandis* igual a 4.641 kcal/kg.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a espécie goiaba-de-anta apresenta valores de densidade básica da madeira e poder calorífico adequados para a produção de energia pela queima da madeira. São recomendados estudos sobre produção de mudas e práticas silviculturais para realizar plantios comerciais para produção de energia na região Amazônica.

Referências

ALMUDI, T.; PINHEIRO, J. O. C. **Dados estatísticos da produção agropecuária e florestal do Estado do Amazonas**: ano 2013. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 105 p.

BARBOSA, E. A.; AZEVEDO, L. G.; SANTOS, M. B. G. **Gestão econômica**: análise comparativa de alternativas energéticas utilizadas em fornos de indústrias de panificação. Trabalho apresentado no XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2004. p. 2092-2098.

BARROS, S. V. S.; NASCIMENTO, C. C.; AZEVEDO, C. P.; PIO, N. S.; COSTA, S. S. Avaliação do potencial energético das espécies florestais *Acacia auriculiformis* e *Ormosia paraensis* cultivadas no município de Iranduba/Amazonas. **Madera y Bosques**, v. 15, n. 2, p. 59-69, 2009.

BARRICHELO, L. E. G. ***Pinus caribaea* var. *hondurensis***: principais características da madeira sob o ponto de vista tecnológico. Piracicaba: IPEF, 1980. 10 p. (IPEF. Circular Técnica, 85).

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional 2013**: ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013.

BRITO, J. O. **Reflexões sobre a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico**. Piracicaba: IPEF, 1993. 6 p. (IPEF. Circular Técnica, 181).

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 1-9, 2007.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., 1982, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1982. p. 101-137.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia**. Piracicaba: IPEF, 1979. 7 p. (IPEF. Circular Técnica, 52).

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demandas de ações. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 157-163, abr./jun. 2004.

COUTO, L.; FONSECA, E. M. B.; MÜLLER, M. D. **O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais**: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44 p.

CUNHA, M. P. S. C.; PONTES, C. L. F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z. B.; BARBOSA, A. P. R. Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 3., 1989, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 1989. v. 2. p. 93-121.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos de determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, n. 2-3, p. 65-74, 1971.

HOWARD, E. T. Heat of combustion of various southern pine materials. **Wood Science**, v. 5, n. 3, p. 194-197, 1973.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. 6 p. (IPT. Comunicação Técnica, 1797).

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T. do; ANDRADE, A. P. A. de; VERA, L. S. A.; AZEVEDO, A. C. dos S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, n. 89, p. 100-106, abr. 2005.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; CHAVES, R. Variação da massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 8 anos de idade em função de diferentes níveis de produtividade. **Scientia Forestalis**, v. 53, p. 71-78, 1998.

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de Eucalipto**. Lavras: UFLA, 2010. 159 p.

SANTOS, E. C. S.; SOUZA, R. C. R. **Avaliação de biomassa para uso energético na indústria oleira no Município de Iraduba, Estado do Amazonas, Brasil**: um estudo um caso. Trabalho apresentado nos anais do IV Encontro de Energia no Meio Rural - AGRENER, Campinas, 2002.

SILVA, R. P. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. 2007. 152 f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

SILVA, L. B. X.; REICHMANN NETO, F.; TOMASELLI, I. Estudo comparativo da produção de biomassa para energia entre 23 espécies florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p. 872-878.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 2, p. 179-184, 2013.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de Eucalyptus para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.

TRUGILHO, P. F.; BIANCHI, M. L.; ROSADO, S. C. da S.; ASSIS, M. R.de; ALVES, I. C. N. Caracterização tecnológica da madeira de diferentes materiais genéticos de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA - EBRAMEM, 2012, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: EBRAMEM, 2012. p. 13.

UCEDA, C. M. Determinación del poder calorífico de 20 especies forestales de La Amazonia Peruana. **Revista Forestal del Perú**, v. 12, n. 1/2, p. 98-112, 1984.

UHLIG, A. **Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo**. 2008. 124 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. **Caracterização da madeira e da casca de *Sclerobium paniculata*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético**. Botucatu: UNESP, 2000.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

Divulgação e acabamento
Embrapa Amazônia Ocidental



Amazônia Ocidental

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 14862