



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

### Densidade energética de espécies lenhosas para uso energético

#### **Eyde Cristianne Saraiva dos Santos**

*Professora Doutora vinculada à Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos. Coordenadora do Laboratório de Bioenergia. Av. Rodrigo Otávio, nº 6.200, Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Campus Arthur Virgílio Filho, Setor Sul. CEP: 69077.000, Manaus – AM, Telefone: (92), e-mail: eydesaraiva@ufam.edu.br*

#### **Fernanda Miranda Oliveira**

*Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos. Laboratório de Bioenergia, e-mail: fernandamir@hotmail.com*

#### **Resumo**

Na Amazônia muitos hectares de floresta primária são convertidos em áreas para: agricultura, pecuária e outras atividades que concorrem para a erosão genética dos recursos naturais. Particularmente, no Estado do Amazonas, tem-se o setor oleiro que contribui diretamente para uma grande demanda de biomassa para suprir seu processo produtivo com energia calorífica. Como as leis ambientais e a fiscalização estão alinhadas a política de preservação da Amazônia, a busca por espécies que reúnem duas características: crescimento rápido e densidade energética alta são essenciais para o suprimento energético do setor. O objetivo da pesquisa foi apontar as espécies mais promissoras para um plantio energético, inserindo dessa forma - as empresas do polo oleiro do Estado - , na busca da produção mais limpa.

#### **Abstract**

Amazon in the many acres of primary forest are converted into areas: agriculture, livestock, and other activities that contribute to genetic erosion of natural resources. Particularly, in the State of Amazonas, has become the industry potter contributes directly to a large demand for biomass to meet its production process with heat energy. As environmental laws and enforcement policies are aligned to preserve the Amazon, the search for species that meet two characteristics: rapid growth and high energy density are essential for the energy supply sector. The objective of the research was to identify the most promising species for planting energy, entering this way - businesses pole potter State - in search of cleaner production.

#### **1. Introdução**

A madeira é amplamente usada como fonte de energia e calor, principalmente em sua forma bruta, tradicionalmente conhecida como lenha, tendo oferecido uma valorosa contribuição histórica para o desenvolvimento da sociedade (BRITO, 2007).

Até os anos 70 a madeira foi a principal fonte de energia do Brasil, produzindo em torno de 40% da energia consumida. Durante os anos 50, a biomassa florestal era responsável por cerca de 50% da energia no país. A perda de florestas foi inevitável. Além da madeira ser utilizada para produção de energia, ela também foi bastante utilizada na produção de móveis, papel e celulose. A crescente escassez de florestas nativas fez diminuir a utilização da madeira como produtora de energia. Com a crise energética nos anos 70, houve o declínio da produção de energia a partir de biomassa florestal, pois se tornavam mais interessante comercializar os produtos madeireiros. Assim, madeira passou a ser a segunda fonte mais utilizada, e o



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

petróleo passando para a primeira. Ao final dos anos 70, a energia hidráulica foi para o segundo lugar e a madeira caiu para terceiro (SANTOS et al, 2005).

Aproximadamente 58% da produção mundial de madeira nas últimas duas décadas se destinou a biomassa para geração de energia. A qual tem participação em 10% na geração de energia primária da matriz energética brasileira (MOREIRA, 2011).

A lenha pode ser de origem de floresta nativa ou plantada (reflorestamento). Cerca de 40% da lenha produzida no Brasil é transformada em carvão vegetal. O setor residencial é o que mais consome lenha (29%), depois do carvoejamento. Geralmente ela é destinada a cocção dos alimentos nas regiões rurais. Uma família de 8 pessoas necessita de aproximadamente 2 m<sup>3</sup> de lenha por mês para preparar suas refeições. E o setor industrial vem em seguida com cerca de 23% do consumo (USP, 2013).

No país a lenha abastece os seguintes setores: comercial, residencial, agropecuário e industrial, sendo que neste último setor é utilizada na indústria de ferro-ligas, química, têxtil, alimentos e bebidas, papel e celulose, cerâmica e outras indústrias (BEN, 2011). E no Estado do Amazonas a lenha é utilizada no mercado madeireiro e oleiro (SANTOS, 2006).

Esta pesquisa tem como objetivo identificar espécies florestais nativas da Amazônia com densidade energética apropriada para orientar estudo de manejo de florestas energéticas, para o suprimento de biomassa lenhosa para mercados consumidores, como o polo oleiro do Estado do Amazonas.

### 2. Metodologia

A presente pesquisa consistiu em um estudo exploratório, na modalidade descritiva, para reunir informações referentes às características energéticas de essências florestais, correlacionando-as com suas características botânicas e ocorrência natural.

Após a seleção previa procedeu-se a determinação da densidade energética da madeira que foi calculada com base nos valores da densidade básica e poder calorífico da biomassa como recomenda SILVA (2011), conforme equação:

$$DE = DB * PCS \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

DE = Densidade Energética (MJ/ m<sup>3</sup>);

DB = Densidade Básica (kg/ m<sup>3</sup>);

PCS = Poder Calorífico Superior (MJ/ kg).

Por fim, procedeu-se com a identificação das espécies com maior densidade energética para compor um projeto experimental de estudo do manejo florestal visando plantio energético.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Perfil do setor oleiro

O Pólo Oleiro de Manacapuru está representado por 13 empresas dispersas ao longo da Rodovia Manoel Urbano, entre os quilômetros 38 e 45, enquanto o Pólo de Iranduba agrupa dez empresas também situadas na mesma rodovia, entre os quilômetros 0 e 4. O pólo oleiro do Amazonas produz tijolos maciços, refratários, de oito furos, alguns tipos de telhas, lajotas, combogós, etc., apenas sob encomenda. De fato, a grande produção do pólo oleiro concentra-se na fabricação de tijolos de oito furos. Existe apenas uma olaria que produz telhas, inclusive para exportação, em todo o pólo oleiro de ambos os municípios. Logo, a pesquisa foi focada no processo de fabricação de cerâmica vermelha, tendo como maior produto a fabricação de tijolos (SANTOS, 2006).



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

No tocante ao insumo energético, como já comentado, este pode ter duas origens: a lenha da floresta (87,5% das empresas pesquisadas) e resíduos madeireiros provenientes de serrarias (12,5% das empresas pesquisadas), afirma SANTOS (2006).

Os pólos oleiros dos municípios de Iranduba e Manacapuru são os maiores consumidores industriais de lenha no Estado do Amazonas. Toda essa utilização do recurso florestal tem como base o pressuposto da existência de corte raso, em área de floresta primária ou secundária, para fins agropecuários. Segundo levantamentos do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF, atual IBAMA, em 1987 o município de Iranduba já apresentava um índice de desmatamento de 13,39 % do seu território, um dos mais elevados do estado (SOUZA *et al.* 2004, citado por SANTOS, 2006). Diariamente, uma quantidade expressiva de caminhões trafega com carregamento de lenha.

Grandes áreas de floresta são cortadas para produção de lenha, usada como matéria energética no processo produtivo das olarias, sem o devido controle e/ou um programa de reflorestamento desenvolvido pelos empresários de maneira voluntária ou imposta. Com a escassez da lenha nativa, alguns empresários estão utilizando resíduos de madeireiras como energético, relatou SANTOS (2006).

Se em 2006 Santos reportou sobre a escassez de lenha, atualmente a situação não está diferente, pois os resíduos madeireiros não são mais encontrados, e o novo energético é pouco disponível que esta suprindo o pólo oleiro são os palets das indústrias do Pólo Industrial de Manaus, que seguiriam para incineração de qualquer forma, mas este é um suprimento variável e perigoso pois, sua madeira pode estar infestada de pragas e doenças que podem migrar facilmente para esse ecossistema.

### 4.2 Bioma Floresta Amazônica e suas potencialidades energéticas lenhosas

O bioma Amazônia ocupa cerca de 40% do território nacional. Nele estão localizados os estados do Pará, Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia e Roraima e algumas partes do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso.

Esse bioma também abriga a Floresta Amazônica, que apesar de ser a característica mais marcante da Amazônia, não esconde a grande variedade de ecossistemas, dentre os quais se destacam: matas de terra firme, florestas inundadas, várzeas, igapós, campos abertos e cerrados. Conseqüentemente, a Amazônia abriga uma infinidade de espécies vegetais e animais: 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas; três mil espécies de peixes; 950 tipos de pássaros; e ainda insetos, répteis, anfíbios e mamíferos (IBAMA, 2013).

As florestas de terra firme estão localizadas em regiões mais altas e por este motivo não são inundadas pelos rios, nelas encontramos as árvores de grande porte. Por outro lado, a floresta de várzea é caracterizada por inundações em determinados períodos do ano. Assim a dinâmica de manejo de recursos de caráter renovável deve estar alinhada as características de cada ecossistema e observância da legislação ambiental.

Porém, o modelo da ocupação demográfica da Amazônia legal nos últimos cinquenta anos tem levado a níveis significativos de desmatamento, resultante de múltiplos fatores, tais como a abertura de estradas pioneiras, o crescimento das cidades, a ampliação de pecuária extensiva, a acelerada exploração madeireira e a crescente agricultura intensiva de monoculturas (FERREIRA *et al.*, 2005).

Orientar o uso de espécies com potencial para uso energético consiste em um caminho para conter o avanço de fronteira contra a floresta, pelo menos quando a demanda é para uso energético.

As espécies apresentas na Tabela 1, são nativas desses ecossistemas principais, sendo para as de ecossistemas de várzea um desafio sua produção em terras altas.

Tabela 1 – Ocorrência das espécies nativas



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

Nome Vulgar	Nome Científico	Família botânica	Ocorrência natural
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i> Ducke	Bombaceae APG-Malvaceae	Terra firme
Faveira-bolota	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. Walp.	Legumonosae/ Mimosaceae	Terra firme
Jutaí-açú	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke	Cesalpinoideae APG-Fabaceae	Terra firme
Tento	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke	Fabaceae	Terra firme
Tachi Galia	<i>Tachigali myrmecophilla</i> Ducke	Legumonosae/Caesalpinoideae	Terra firme
Louro	<i>Ocotea sp.</i>	Lauraceae	Várzea
Achuá	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth	Humiriaceae	Terra firme
Mari-mari	<i>Cassia leiandra</i> Benth	Cesalpinoideae APG-Fabaceae	Várzea
Caraipé	<i>Licania octandra</i>	Chrysobalanaceae	Terra firme
Paricá	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	Caesalpiniaceae	Terra firme

Moreschi (2010) afirma que a massa específica (densidade) constitui uma das propriedades físicas mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas, servindo na prática como referência para a classificação da madeira. Em regra geral, madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras que as leves. Porém em paralelo a estas vantagens, são de mais difícil trabalhabilidade e também apresentam maior variabilidade.

Consequentemente, a densidade é um reflexo fiel da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume ou, de forma inversa, do volume de espaços vazios existentes na madeira (MORESCHI, 2010).

O uso de madeiras com baixa densidade para a produção direta de energia na forma de calor implica em uma queima rápida e numa menor produção de energia por unidade de volume ao contrário de madeiras com maiores densidades. Porém, densidade muita elevada implica em dificuldade de iniciar a queima do material.

O poder calorífico é a propriedade mais importante de um combustível. Ele representa a quantidade de calor liberado durante a queima total de uma determinada quantidade combustível, expresso em caloria por grama ou quilocaloria por quilograma. O poder calorífico pode ser expresso de duas maneiras: poder calorífico superior e poder calorífico inferior. Na primeira, a água formada durante a combustão, na reação entre o hidrogênio elementar da madeira e o oxigênio, é condensada e seu calor latente é recuperado e é somada à energia mensurada. Por outro lado, no poder calorífico inferior, o calor de condensação da água não é considerado, pois ele é perdido na forma de vapor. Em termos práticos, o poder calorífico inferior é mais usual, pois na maioria dos processos práticos de geração de energia não há condições de recuperação do calor latente do vapor d'água (CORDER, 1973).

Portanto todas as espécies apresentaram poder calorífico satisfatórios, em valores de 17 à 20 MJ/kg.

A densidade energética foi maior para as espécies *Ormosia paraensis* Ducke e *Ocotea sp.*, entretanto se considerarmos o rápido crescimento podemos destacar ainda as essências *Parkia pendula* (Willd.) Benth. Walp. e *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke.



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

Tabela 2. Espécies da Amazônia com potencial energético

Nome Vulgar	Nome Científico	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Poder calorífico superior (MJ/Kg)	Densidade energética (MJ/m <sup>3</sup> )
Cardeiro	<i>Scleronema micranthum</i> Ducke *	510	20	9.960
Faveira-bolota	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. Walp. *	380	19	7.148
Jutaí-açú	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke *	590	19	11.387
Tento	<i>Ormosia paraensis</i> Ducke*	1520	19	29.549
Tachi Galia	<i>Tachigali myrmecophilla</i> Ducke *	770	17	12.859
Louro	<i>Ocotea sp.*</i>	1010	17	17.635
Achuá	<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth *	540	19	10.471
Mari-mari	<i>Cassia leiandra</i> Benth *	620	19	11.563
Caraipé	<i>Licania octandra</i> **		17	-
Paricá	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	400	19	7.792

[\*] Fonte: Santos (2007); [\*\*] Fonte: Cunha (2012)

### Considerações Finais

Esse estudo orienta que trabalhos de manejo florestal sejam realizados para produção comercial de espécies florestais para geração de energia, quais sejam: *Ormosia paraensis* Ducke e *Ocotea sp.*, *Parkia pendula* (Willd.) Benth. Walp. e *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. Pois com condução de manejo das referidas espécies poderá determinar a produtividade das espécies, e viabilidade logística de aproveitamento energético, orientado para um sistema produtivo que considere o rodízio das parcelas para plantio, de forma que o solo possa permanecer por um período em pousio;

### Agradecimentos

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas pelo financiamento da pesquisa.

### Referência

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2011: Ano base 2010**. Relatório final / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2011. 266 p.

BRITO, J. O. **Queima ou combustão da madeira para fins energéticos**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Silvicultura, 1979. 36 p.

CORDER, S. E. **Wood and bark as fuel**. Corvallis: School of Forestry, 1973. 28 p.



#### 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

IBAMA – Ecossistemas Brasileiros. Disponível em:  
<<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/amazonia.htm>>. Acesso: 21 abr 2013.

FERREIRA, L.V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDAO, S. Desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados** 19 (53), 2005. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v19n53/24086>. Acesso em: 21 abr 2013

MOREIRA, J. M. A. P. **Potencial e participação das florestas na matriz energética.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v. 31, n. 68, p. 363-372, abr./jun. 2011.

MORESCHI, J. C. Propriedades Tecnológicas da Madeira. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. 3ª edição, fev-2010, 177 p.

SANTOS, E. C. S. **Proposta para uso apropriado de biomassa lenhosa para fins energéticos no Estado do Amazonas: estudo de caso nos setores madeireiro, oleiro e elétrico.** Tese de Doutorado – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas – SP, 2006.

SANTOS, E. C. S.; SOUZA, R. C. S.; SILVA, E.P.S. Elementos contemporâneos que oportunizam o uso de biomassa lenhosa para fins energéticos na Amazônia. **Revista Brasileira de Energia**, v.11, n.1, 2005.

SILVA, D.A. et. al. Caracterização energética do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage 2011. Disponível em: <<http://malinovski.com.br/CongressoFlorestal/Trabalhos/05-Silvicultura/SIL-Artigo-36.pdf>> Acesso: 08 abr. 2013.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-USP. Banco de Dados de Biomassa no Brasil. Lenha no Brasil, 2013. Série Histórica. Disponível em: <[http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br\\_lenha.asp](http://infoener.iee.usp.br/scripts/biomassa/br_lenha.asp)>. Acesso: 28 mar. 2013.