

PODER CALORÍFICO DA MADEIRA E DE MATERIAIS LIGNO-CELULÓSICOS

Publicado na Revista da Madeira nº 89 abril 2005 pag 100-106

Waldir F. Quirino¹; Ailton Teixeira do Vale²; Ana Paula Abreu de Andrade³; Vera Lúcia Silva Abreu⁴; Ana Cristina dos Santos Azevedo³

RESUMO

Este trabalho foi realizado visando atender as inúmeras consultas efetuadas ao IBAMA/LPF sobre poder calorífico de espécies florestais. Executou-se um levantamento bibliográfico dos valores de poder calorífico disponíveis na literatura e alguns calculados pelo IBAMA/LPF. De posse destes dados, elaborou-se duas tabelas, uma com poder calorífico superior e densidade básica e outra apenas com poder calorífico superior de espécies florestais. Adicionalmente foram colocadas algumas considerações que se julga de interesse para o usuário destas informações.

INTRODUÇÃO

Estudos da madeira como combustível, mostram que a combustão direta da madeira é sem dúvida o processo mais simples e econômico de se obter energia (Earl, 1975; citado por CUNHA *et al.*, 1989). O rendimento energético de um processo de combustão da madeira depende de sua constituição química, onde os teores de celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e substâncias minerais variam com a espécie e é de grande importância para a escolha adequada da madeira a ser utilizada.

Tradicionalmente, enxofre e cinzas são considerados as principais impurezas dos combustíveis. A combustão do enxofre, presente nos combustíveis fósseis, gera o dióxido de enxofre (SO₂), que pode combinar-se com a água formando ácido sulfúrico diluído ou pode se transformar na atmosfera em outro composto potencialmente perigoso.

O uso da madeira para produção de energia apresenta menores problemas de poluição quando comparada aos combustíveis fósseis, tendo em vista que esta possui um baixo teor de enxofre (CUNHA *et al.*, 1989). Além disto, o uso da biomassa tem um outro aspecto ambiental favorável já que a emissão de CO₂ da queima da biomassa na atmosfera geralmente é compensada pela absorção no plantio da nova biomassa (INGHAM, 1999).

Estas vantagens tornam interessante o uso da madeira para fins energéticos, necessitando, no entanto de uma caracterização adequada.

BRITO & BARRICHELO (1978), citando Junge (1975), Arola (1976) e Corder (1976), indicaram o poder calorífico, o teor de umidade, a densidade e a análise imediata como as propriedades mais importantes da madeira para sua utilização como combustível.

¹ Engenheiro Florestal, Ph.D. – IBAMA/LPF - waldir.quirino@ibama.gov.br

² Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília

³ Graduandas em Engenharia Florestal da Universidade de Brasília

⁴ Eng^a. Florestal, mestranda em Ciências Florestais, Universidade de Brasília

Desta forma, este trabalho teve por objetivo caracterizar madeiras exóticas e nativas quanto ao poder calorífico e densidade básica e complementar com dados bibliográficos.

Os dados apresentados provêm de diferentes fontes, razão pelas qual não se aconselha utiliza-los para estudos de correlação entre densidade e poder calorífico.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Poder calorífico

O poder calorífico define-se como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira (JARA, 1989). No Sistema Internacional o poder calorífico é expresso em joules por grama ou quilojoules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma, segundo BRIANE & DOAT (1985).

O poder calorífico divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado (BRIANE & DOAT, 1985).

O poder calorífico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (JARA, 1989).

Teor de umidade

Segundo Earl (1975), citado por CUNHA *et al.* (1989), é importante que o teor de umidade da madeira a ser usada como combustível seja reduzido, diminuindo assim o manejo e o custo de transporte, agregando valor ao combustível.

O conteúdo de umidade máximo que uma madeira pode ser queimada no forno está em torno de 65% a 70% em base úmida. Por existir essa umidade, é inevitável que ocorra uma perda de calor nos gases de combustão em forma de vapor de água, já que a umidade da madeira evapora e absorve energia em combustão. A quantidade máxima de água que a madeira pode conter para entrar em combustão tem sido calculada em aproximadamente 65% na base úmida (o resto corresponde ao material sólido). Desta forma, madeira muito úmida, com teor de umidade acima deste limite, necessita calorias de origem externa para secar e entrar em combustão (Ince, 1980, citado por CUNHA *et al.*, 1989; JARA, 1989).

Segundo CUNHA *et al.* (1989), quanto maior o conteúdo de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia em combustão.

Constituição química

Tillman (1978), citado por CUNHA *et al.* (1989), considera que a estrutura física não é um importante parâmetro na determinação do valor energético das madeiras, mas a composição química é de crítica importância.

Freitas (1977), citado por CUNHA *et al.* (1989), relata que a variação na composição química, dimensões, forma e arranjo dos elementos anatômicos e a ocorrência de extrativos acarretam uma diferenciação nas características energéticas de várias madeiras.

Segundo JARA (1989), o poder calorífico superior da madeira, além da umidade, está muito influenciado pela constituição química da madeira, principalmente a lignina e extrativos (resinas, óleos-resinas, matérias graxas, óleos,

etc). Desta maneira, as coníferas que apresentam um conteúdo de resinas e lignina maior que as latifoliadas ostentam conseqüentemente um maior poder calorífico superior, que varia também conforme a parte da árvore que esteja em combustão (casca, nós, ramos, madeira do toco).

Browning (1963), citado por CUNHA *et al.* (1989) afirma que o poder calorífico é mais alto quanto maior o teor de lignina e extrativos, porque os mesmos contêm menos oxigênio que os polissacarídeos presentes na holocelulose (celulose e hemicelulose).

Colet (1955), citado por BRITO & BARRICHELO (1977) ao estudar uma série de madeiras, demonstrou que a quantidade de carbono fixo, fornecida pela unidade de madeira enforada é função da porcentagem de lignina da madeira. O autor ainda afirma que o teor de celulose da madeira não tem relação definida com a quantidade de carbono fixo retida.

Massa específica

A massa específica é um dos principais índices de qualidade da madeira e, segundo Brasil (1972), citado por VALE (2000a), os métodos que se apóiam na massa específica básica, são os que mais satisfatoriamente mede a quantidade de substância madeira por unidade de volume.

Segundo CUNHA *et al.* (1989), não há correlação entre densidade básica e o poder calorífico. Entretanto, em relação ao volume de madeira a ser queimada a densidade está positivamente relacionada com o conteúdo calórico da madeira, estimulando o interesse de madeiras pesadas para a queima.

METODOLOGIA

Os dados foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico dos valores de poder calorífico disponíveis na literatura e alguns calculados pelo LPF/IBAMA.

Os testes realizados no LPF/IBAMA, para determinação do poder calorífico superior, foram feitos segundo a norma ABNT NBR 8633/84 e manual do calorímetro PARR 1201.

As amostras utilizadas nos ensaios do poder calorífico superior foram preparadas da seguinte forma:

- Trituração: para obtenção de cavacos;
- Moagem: para transformação em serragem;
- Tamisação: para seleção de partículas;
- Secagem: as partículas de madeira moídas classificadas abaixo de 60 mesh foram secas em estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante.

RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta os valores do poder calorífico superior (PCS) e da densidade básica (Db) de 108 espécies florestais; e o Quadro 2 apresenta os valores do poder calorífico superior de outras 132 espécies florestais.

No Quadro 3 estão os valores do poder calorífico superior, do poder calorífico inferior e do teor de umidade de alguns materiais ligno-celulósicos.

Quadro 1: Poder calorífico superior e densidade básica de madeiras de espécies florestais.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)	Db (g/cm ³)
<i>Acosmium dasycarpum</i>	Amargozinho	4.989 ¹	0,74 ¹
<i>Aldina heterophylla</i>	Macucu de paca	5.075 ²	0,73 ²
<i>Alexa grandiflora</i>	Melancieira	4.927 ²	0,53 ²
<i>Anacardium spruceanum</i>	Cajuáçu	4.456 ²	0,52 ²
<i>Anacardium spruceanum</i>	Cajuáçu, Cajuí	4.411 ⁴	0,42 ⁴
<i>Andira parviflora</i>	Sucupira vermelha	4.876 ²	0,67 ²
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Bolsinha	4.827 ¹	0,61 ¹
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	Guatambu	4.863 ¹	0,58 ¹
<i>Aspidosperma obscurinervis</i>	Piquiá-marfim	4.742 ²	0,86 ²
<i>Blepharocalix salicifolius</i>	Maria preta	4.516 ¹	0,46 ¹
<i>Brosimum rubescens</i>	Amapá amargoso	4.685 ⁴	0,73 ⁴
<i>Brosimum rubescens</i>	Pau-marfim	4.798 ²	0,91 ²
<i>Buchenavia oxycarpa</i>	Tanimbuca	4.685 ²	0,72 ²
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	Murici vermelho	4.844 ¹	0,59 ¹
<i>Byrsonima crassa</i>	Murici	4.781 ¹	0,56 ¹
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	Murici	4.771 ¹	0,48 ¹
<i>Carapa guianensis</i>	Andiroba	4.633 ²	0,43 ²
<i>Cariniana integrifolia</i>	Tauari da amazônia	4.721 ²	0,49 ²
<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi	4.839 ¹	0,61 ¹
<i>Catostema sclerophyllum</i>	Castanha de paca	4.714 ²	0,61 ²
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	4.707 ²	0,38 ²
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Cedrorana	4.746 ²	0,46 ²
<i>Ceiba samauma</i>	Huimba negra	4.625 ³	0,57 ³
<i>Clarisia racemosa</i>	Guariúba	4.848 ²	0,59 ²
<i>Connarus suberosus</i>	Coração de negro	4.813 ¹	0,52 ¹
<i>Corythophora rimosa</i>	Castanha jacaré	4.748 ²	0,84 ²
<i>Couratari stellata</i>	Tauari	4.735 ²	0,60 ²
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Jacarandá do cerrado	4.896 ¹	0,77 ¹
<i>Dimorphandra parviflora</i>	Arapari Branco	4.663 ²	0,73 ²
<i>Dimorphandra mollis</i>	Faveira	4.940 ¹	0,70 ¹
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	4.866 ²	0,97 ²
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	4.828 ⁴	1,08 ⁴
<i>Dipteryx polyphylla</i>	Cumarurana	4.907 ²	0,83 ²
<i>Endlicheria formosa</i>	Louro preto	4.920 ²	0,48 ²
<i>Enterolobium gummiferum</i>	-	4.737 ¹	0,62 ¹
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Sucupira amarela	4.772 ²	0,68 ²
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	-	4.738 ¹	0,57 ¹
<i>Eriotheca globosa</i>	Punga colorada	3.888 ³	0,39 ³
<i>Eriotheca gracilipes</i>	Paineira	4.565 ¹	0,36 ¹
<i>Eriotheca pubescens</i>	Paineira do cerrado	4.565 ¹	0,38 ¹
<i>Erisma uncinatum</i>	Quarubarana	4.523 ²	0,55 ²
<i>Erythroxylum deciduum</i>	Fruto de passarinho	4.638 ¹	0,52 ¹
<i>Erythroxylum suberosum</i>	Muchiba	4.549 ¹	0,62 ¹
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	Muchiba comprida	4.931 ¹	0,54 ¹
<i>Eschweilera odora</i>	Matá-matá	4.747 ²	0,81 ²
<i>Glycoxylon inophyllum</i>	Casca doce	4.676 ²	0,73 ²
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	4.654 ²	0,69 ²
<i>Guapira noxia</i>	-	4.622 ¹	0,47 ¹
<i>Guarea trichilioides</i>	Gitó	4.828 ²	0,66 ²
<i>Helicostylis scabra</i>	Jaruta	4.653 ²	0,71 ²
<i>Hevea guianensis</i>	Seringueira	4.485 ²	0,51 ²
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatobá do cerrado	4.851 ¹	0,78 ¹

Continuação Quadro 1.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)	Db (g/cm ³)
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	4.792 ²	0,88 ²
<i>Hymenaea intermedia</i>	Jutaí	4.743 ²	0,78 ²
<i>Hymenolobium excelsum</i>	Angelim da mata	4.828 ²	0,66 ²
<i>Hymenolobium pulcherrimum</i>	Angelim rajado	4.837 ²	0,67 ²
<i>Iriathera tricornis</i>	Ucuuba puna	4.645 ²	0,69 ²
<i>Iriathera ulei</i>	Ucuubarana	4.792 ²	0,64 ²
<i>Jacarandá copaia</i>	Caroba	4.696 ²	0,35 ²
<i>Kielmeyra coriacea</i>	Pau santo	4.747 ¹	0,46 ¹
<i>Kielmeyra speciosa</i>	Pau santo	4.882 ¹	0,58 ¹
<i>Lafoensia pacari</i>	Mangaba brava	4.788 ¹	0,74 ¹
<i>Licania oblongifolia</i>	Macucu fofu	4.761 ²	0,88 ²
<i>Licaria aritu</i>	Louro aritu	4.770 ²	0,79 ²
<i>Licaria canela</i>	Louro chumbo	4.889 ²	1,04 ²
<i>Macrolobium limbatum</i>	Ingá-cumaru	4.680 ²	0,68 ²
<i>Manilkara huberi</i>	Maçanduba	4.793 ²	0,92 ²
<i>Matisia bicolor</i>	Machin sapote	4.110 ³	0,48 ³
<i>Matisia cordata</i>	Sapote	4.062 ³	0,42 ³
<i>Mezilaurus itauba</i>	Itaúba	5.263 ²	0,70 ²
<i>Miconia ferruginata</i>	Lacre	4.777 ¹	0,65 ¹
<i>Miconia pohliana</i>	Lacre	4.626 ¹	0,57 ¹
<i>Myrsine guianensis</i>	-	4.700 ¹	0,52 ¹
<i>Neoxythece elegans</i>	Abiurana	4.564 ²	0,88 ²
<i>Ocotea cymbarum</i>	Louro inhamui	5.150 ²	0,47 ²
<i>Osteophloeum platyspermum</i>	Ucuubarana	4.827 ²	0,42 ²
<i>Ouratea hexasperma</i>	Cabelo de negro	4.926 ¹	0,50 ¹
<i>Palicourea rigida</i>	Bate caixa	4.695 ¹	0,43 ¹
<i>Piptadenia suaveolens</i>	Faveira-folha-fina	4.647 ⁴	0,72 ⁴
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	Coração de negro	4.744 ¹	0,42 ¹
<i>Pithecolobium racemosum</i>	Angelim	4.861 ²	0,81 ²
<i>Platymicium ulei</i>	Macacaúba	4.987 ²	0,75 ²
<i>Pouteria guianensis</i>	Abiurana	4.878 ²	0,90 ²
<i>Pouteria ramiflora</i>	Grão de galo	4.779 ¹	0,70 ¹
<i>Psidium warmingianum</i>	-	4.752 ¹	0,20 ¹
<i>Pterodon pubescens</i>	Sucupira branca	4.953 ¹	0,73 ¹
<i>Qualea brevipedicellata</i>	Mandioqueira	4.398 ²	0,63 ²
<i>Qualea grandiflora</i>	Pau terra folha grande	4.736 ¹	0,69 ¹
<i>Qualea multiflora</i>	Pau terra liso	4.725 ¹	0,66 ¹
<i>Qualea paraensis</i>	Mandioqueira	4.626 ²	0,66 ²
<i>Qualea parviflora</i>	Pau terra roxo	4.710 ¹	0,69 ¹
<i>Quarararibea asterolepis</i>	Sapotilho	4.334 ³	0,46 ³
<i>Rourea induta</i>	-	4.667 ¹	0,47 ¹
<i>Schefflera macrocarpa</i>	Mandiocão do cerrado	4.740 ¹	0,68 ¹
<i>Schefflera morototoni</i>	Morototó	4.556 ²	0,40 ²
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Carvoeiro	4.849 ¹	0,72 ¹
<i>Scleronema micranthum</i>	Cardeiro	4.709 ²	0,59 ²
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	4.627 ²	0,35 ²
<i>Strychnos pseudoquina</i>	Quina do cerrado	4.756 ¹	0,72 ¹
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	Barbatimão	4.816 ¹	0,55 ¹
<i>Styrax ferrugineus</i>	Laranjeira do cerrado	4.755 ¹	0,49 ¹
<i>Swartzia panacoco</i>	Coração de negro	4.904 ²	0,97 ²
<i>Tabebuia ochracea</i>	Ipê	4.760 ¹	0,62 ¹
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Pau d'arco	4.882 ²	0,87 ²
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Ipê	4.823 ¹	0,69 ¹
<i>Tabebuia spp.</i>	Ipê	4.957 ⁴	1,05 ⁴

Continuação Quadro 1.4839+4565

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)	Db (g/cm ³)
<i>Tachigalia myrmecophilla</i>	Tachi preto	4.667 ²	0,51 ²
<i>Trattinichia burseraefolia</i>	Breu sucuruba	4.606 ⁴	0,44 ⁴
<i>Virola calophylla</i>	Ucuúba grande	4.574 ²	0,50 ²
<i>Vochysia elliptica</i>	Pau doce	4.736 ¹	0,57 ¹
<i>Vochysia rufa</i>	-	4.680 ¹	0,40 ¹
<i>Vochysia thyrsoidea.</i>	Gomeira	4.713 ¹	0,49 ¹

PCS=Poder calorífico Superior; Db=Densidade Básica

Fonte: ¹ VALE *et al.* (2002); ² CUNHA *et al.* (1989); ³ MEJÍA & UCEDA (1992);

⁴ IBAMA/LPF.

Quadro 2: Poder calorífico superior de madeiras de espécies florestais.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)
<i>Acacia decurrens</i>	Acacia negra	4.550 ³
<i>Acacia polyphylla</i>	Monjoleiro	4.760 ²
<i>Adenosthephanus incana</i>	Carvalho nacional	4.575 ²
<i>Alibertia myrtifolia</i>	Marmelada	4.770 ²
<i>Allophilus edulis</i>	Fruca de pharaó	4.563 ²
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico preto	4.484 ³
<i>Apuleia mollaris</i>	Pau amarelo	4.730 ⁶
<i>Araucaria angustifolia</i>	-	4.767 ³
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pinheiro do Paraná	4.788 ²
<i>Aspidosperma multiflorum</i>	Peroba póca	4.707 ²
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba rosa	4.855 ²
<i>Aspidosperma sp.</i>	Peroba	4.582 ²
<i>Aspidosperma obscurinervium</i>	Piquiá-marfim	4.926 ⁶
<i>Astronium urundeuva</i>	Aroeira	4.582 ³
<i>Balfourodendron riedellianum</i>	Marfim	4.776 ³
<i>Balfourodendron riedellianum</i>	Pau marfim	4.575 ²
<i>Bombax munguba</i>	Munguba	4.524 ⁶
<i>Bowdichia sp.</i>	Sucupira amarela	4.680 ²
<i>Bowdichia spp</i>	Sucupira	4.774 ³
<i>Britoa sellowiana</i>	Sete capotes	4.795 ²
<i>Brosimum parinarioides</i>	-	4.688 ⁶
<i>Brosimum potabile</i>	-	4.693 ⁶
<i>Buchenavia capitata</i>	-	3.831 ⁵
<i>Caesalpineia sp.</i>	Pau ferro	4.942 ²
<i>Campomanesia sp.</i>	Guabioba	4.820 ²
<i>Cariniana decandra</i>	Tauari	4.633 ⁶
<i>Casearia sylvestris</i>	Pau largato	4.670 ²
<i>Casuarina equisetifolia</i>	-	4.127 ⁵
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	4.465 ³
<i>Cecropia leucocoma</i>	Shiari	4.719 ¹
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	4.791 ³
<i>Cedrelinga catenaeformis Ducke</i>	Tornillo	4.798 ¹
<i>Cedrella fissilis</i>	Cedro	4.562 ²
<i>Centrolobium robustum</i>	Araribá amarelo	5.110 ²
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Araribá	4.339 ³
<i>Chlorophora tinctoria</i>	Amoreira	4.675 ²
<i>Copaifera sp.</i>	Oleo de copahyba	4.512 ²
<i>Cordia goeldiana</i>	Freijó	4.787 ³
<i>Cordia sellowiana</i>	Capitão do campo	4.770 ²
<i>Coussapoa villosa</i>	Sacha uvilla	4.754 ¹
<i>Criptomeria japonica</i>	Criptomeria	4.893 ³
<i>Croton floribundum</i>	Capexingui	4.607 ²
<i>Cupania vernalis</i>	Cuvantan	4.780 ²
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cupressus	4.695 ³
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	4.810 ³
<i>Duguetia sp.</i>	Pindahyba	4.615 ²
<i>Endlicheria iquitoensis</i>	Machimango colorado	4.745 ¹
<i>Endlicheria williamssi</i>	Isma moena	4.798 ¹

Continuação Quadro 2.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)
<i>Escheweilera iquitoensis</i>	Machimango colorado	4.745 ¹
<i>Eucalyptus alba</i>	Eucalipto	4.657 ³
<i>Eucalyptus botryoides</i>	Eucalypto	4.760 ²
<i>Eucalyptus cinerea</i>	Eucalipto	4.653 ³
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	4.733 ³
<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	4.501 ³
<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	4.629 ³
<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	4.682 ³
<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	4.790 ³
<i>Eucalyptus gummifera</i>	Eucalipto	4.935 ³
<i>Eucalyptus longifolia</i>	Eucalipto	4.809 ²
<i>Eucalyptus maculata</i>	Eucalipto	4.512 ²
<i>Eucalyptus microcorys</i>	Eucalipto	4.940 ³
<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto	5.023 ³
<i>Eucalyptus pilularis</i>	Eucalipto	4.989 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.580 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.610 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.622 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.655 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.799 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.889 ³
<i>Eucalyptus saligna</i>	Eucalipto	4.674 ²
<i>Eucalyptus spp</i>	Eucalipto	4.217 ⁵
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Eucalipto	4.661 ³
<i>Eucalyptus triantha</i>	Eucalipto	4.949 ³
<i>Eucalyptus urophila</i>	Eucalipto	4.422 ³
<i>Eucalyptus urophila</i>	Eucalipto	4.480 ³
<i>Eucalyptus urophila</i>	Eucalipto	4.595 ³
<i>Eucalyptus viminalis</i>	Eucalipto	4.691 ³
<i>Eugenia jambos</i>	-	4.040 ⁵
<i>Eugenia sp.</i>	Cambuhy amarello	4.545 ²
<i>Eugenia sp.</i>	Pitangueira	4.505 ²
<i>Fagara sp.</i>	Mamica de porca	4.635 ²
<i>Gmelina arborea</i>	Gmelina	4.470 ³
<i>Grevillea robusta</i>	Grevilia	4.577 ³
<i>Grevillea robusta</i>	Grevillea	4.700 ²
<i>Guatteria modesta</i>	Carauhasca	4.780 ¹
<i>Himatanthus sucuaba</i>	Bellaco caspi	4.700 ¹
<i>Holocalix glaziowii</i>	Alecrim	4.519 ²
<i>Huberodendron swietenoides</i>	Sacha caoba	4.763 ¹
<i>Ilex sp.</i>	Herva matte	4.647 ²
<i>Jacaranda acutifolia</i>	Jacarandá mimoso	4.755 ²
<i>Jacaranda copaia</i>	Huamansamana	4.730 ¹
<i>Joannesia princeps</i>	Boleiro	4.296 ³
<i>Licania elata</i>	Apacharama	4.670 ¹
<i>Lithraea mollioides</i>	Aroeira branca	4.580 ²
<i>Luhea speciosa</i>	Açcita cavallo	4.515 ²
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá paulista	4.980 ²

Continuação Quadro 2.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)
<i>Macoubea guianensis</i>	Jarabe huayo	4.677 ¹
<i>Maquira coriacea</i>	Muiratinga	4.432 ⁶
<i>Melia azedarach</i>	Cinamomo	4.568 ³
<i>Miconia cubatanensis</i>	Jacatirão meudo	4.730 ²
<i>Micranda spruceana</i>	Shiringa masha	4.621 ¹
<i>Mimosa Bracaatinga</i>	Bracatinga	4.634 ²
<i>Mimosa scabrella</i>	Bracatinga	4.589 ³
<i>Mimosa scabrella</i>	Bracatinga	4.890 ⁴
<i>Moquinia polymorpha</i>	Cambará	4.732 ²
<i>Myracrodruon urindeuva (galho)</i>	Aroeira preta	4.600 ²
<i>Myrtus sp.</i>	Goiabeira brava	4.592 ²
<i>Nectandra sp</i>	Canellão	4.570 ²
<i>Ocotea cymbarum</i>	Louro inhamui	4.872 ⁶
<i>Ocotea porosa</i>	Imbuia	4.784 ³
<i>Osteophloem platyspermum</i>	Ucuubarana	4.863 ⁶
<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico vermelho	5.324 ³
<i>Patagonula americana</i>	Guaiuvira	4.536 ²
<i>Paulownia tomentosa</i>	Kiri	4.464 ³
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula	4.755 ³
<i>Perebea chimicua</i>	Chimicua	4.810 ¹
<i>Pinus caribea</i>	Pinheiro	4.929 ⁵
<i>Pinus cubensis</i>	Pinheiro	5.057 ⁵
<i>Pinus elliottii</i>	-	4.786 ³
<i>Pinus maestrensis</i>	Pinheiro	4.844 ⁵
<i>Piptadenia communis</i>	Jacaré	4.773 ²
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau jacaré	4.667 ³
<i>Piptadenia sp.</i>	Angico do mato	4.682 ²
<i>Platysciamus regnellii</i>	Pau pereira	4.662 ²
<i>Populus nigra</i>	Álamo	4.528 ³
<i>Protium Iliewelni</i>	Copal	4.721 ¹
<i>Prunus sphaericarpa</i>	Coração de negro	4.700 ²
<i>Pterogyne nitens</i>	Amendoim	4.684 ²
<i>Rhopala sp.</i>	Carne de vaca	4.693 ²
<i>Schizolobium parayba</i>	Guapuruvu	4.544 ³
<i>Simarouba amara</i>	Marupá	4.883 ¹
<i>Sorocea sp</i>	Canxim	4.453 ²
<i>Swietenia macrophylla</i>	Mogno	4.785 ³
<i>Symphonia globulifera</i>	Azulfre caspi	4.770 ¹
<i>Tabebuia cassinioides</i>	Caixeta	4.806 ³
<i>Tabebuia spp</i>	Ipê	4.810 ³
<i>Tecoma eximia</i>	Ipê tabaco	4.705 ²
<i>Tecoma Impetiginosa</i>	Ipê roxo	4.655 ²
<i>Tecoma sp.</i>	Ipê cascudo	4.875 ²
<i>Tipuana tipu</i>	Tipuana	4.520 ³
<i>Toluifera peruifera</i>	Cabreúva vermelha	4.675 ²
<i>Torresea acreana</i>	Cerejeira	4.786 ³
<i>Trichilia sexanthera</i>	Requia blanca	4.885 ¹
<i>Virola albidiflora</i>	Ucuuba	4.604 ⁶

Continuação Quadro 2.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)
<i>Virola elongata</i>	Caupuri	4.768 ¹
<i>Virola rufula</i>	Cumala branca	4.735 ¹
<i>Vochysia lomatophylla</i>	Quillo sisa	4.690 ¹

Fonte: ¹ CASTILHO (1984); ² IPT (1937); ³ JARA (1989); ⁴ FARINHAQUE (1981); ⁵ CASTILHO & ALZOLA (1988); ⁶ MARABOTO *et al.* (1989).

Tabela 03: Poder calorífico superior, poder calorífico inferior e teor de umidade de resíduos ligno-celulósicos.

Nome científico	Nome comum	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	TU(%)
<i>Anacardium spruceanum</i>	Cajuaçu, cajuí	4.411	3.092	23,5
<i>Brosimum rubescens</i>	Amapá amargoso, Pau rainha	4.685	3.553	18,7
<i>Dipteryx alata</i> Vog	Casca de Baru	4.389	3.664	11,7
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	4.828	3.722	17,7
<i>Piptadenia suaveolens</i>	Faveira-folha-fina	4.647	3.181	25,8
<i>Tabebuia spp</i>	Ipê	4.957	4.065	13,6
<i>Trattinichia burseraefolia</i>	Breu sucuruba	4.606	3.838	12,1
-	Briquete ⁽¹⁾	4545	3884	10,4
-	Eucalyptus sp	4525	3854	10,5
-	Costaneiras de Pinus sp ⁽²⁾	4978	4122	12,9
-	Costaneiras de Pinus sp ⁽³⁾	4720	3894	12,9
-	Costaneiras de Pinus sp ⁽⁴⁾	5036	4174	12,9
-	Palha de milho	3.570	-	-
-	Pó de serra	4.880	-	-
-	Aparas de madeira	4.800	-	-
-	Usina de compensado	4.424	-	-
-	Casca de arroz	3.730	-	-
-	Bagaço-de-cana	3.700	-	-

Fonte: Testes realizados no LPF/IBAMA; PCI – Poder calorífico inferior; TU – teor de umidade.

⁽¹⁾ Briquete de resíduo de madeira misturados com casca de arroz

⁽²⁾ Madeira com casca

⁽³⁾ Madeira

⁽⁴⁾ Casca

Considerações Finais

A média do poder calorífico das espécies do Quadro 1 é 4.732 kcal/kg sendo encontrado valor até de 5.260 kcal no limite superior e 3.350 kcal/kg no limite inferior. Não são correlacionados o poder calorífico e a densidade básica porque os dados desse quadro provêm de diferentes fontes. Observa-se, no entanto, que o maior poder calorífico está distante da espécie de maior densidade básica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633**: Carvão vegetal: determinação do poder calorífico, 1984.

CASTILHO, E.; ALZOLA, A. Utilización de biomasa: determinación del poder calorífico de los conos de tres especies forestales cubanas. **Revista Florestal Baracoa**, v.18, n. 2, p. 117-120, 1988.

BRIANE, D.; DOAT, J. **Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois**. Aix-en-Provence, ÉDISUD, 1985. 180p.

BRITO, J.O., BARRICHELO, L.E.G. Comportamento de madeiras nativas do maranhão frente ao processo de destilação seca. **Brasil florestal**, Brasília, DF, ano 11, n. 45, p. 47-55, jan/fev/mar. 1981.

BRITO, O.J.; FERREIRA, M.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal. II. Densidade Básica da madeira x Densidade Aparente do carvão - Perspectivas de melhoramento. **Boletim Informativo**, ESALQ/USP: Piracicaba, 6(16): p.1-9, jul. 1978.

BRITO, O.J.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, (14): p. 9-20, jul. 1977.

CASTILLO, M.E.U. Determinación del poder calorífico de 20 especies forestales de la amazonia peruana, **Revista Florestal do Peru**, 12(1-2): p. 98-117. 1994.

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: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.

FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de Bracatinga (Mimosa scabrella, Benth), e aspectos gerais de combustão**. FUPEF; Série Técnica; n.06 Curitiba; jan. 1981.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Manual de Procedimentos para levantamento de dados de energéticos não controlados**. Belo Horizonte, 1982.

GOLDEMBERG, J. **Energia , Meio Ambiente e desenvolvimento**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998. 125p

INGHAM, J. M. **Biomassa no mundo e no Brasil**. In: Fontes não-convencionais de energia: as tecnologias solar, eólica e de biomassa. Organização e edição: Alexandre de A. Montenegro, 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 160 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS do Estado de São Paulo. **A madeira como combustível**; publicação 65, Boletim nº17, 1937.

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

MARABOTO, M.T.; CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I.A.; NETO, Z.B.C.; **Poder calorífico de dez espécies florestais da Amazônia Brasileira – Peruana; In: III Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras,** Anais, Volume 3, p.7-29, São Carlos-SP.

MEJÍA M., N.E.; UCEDA C., M. Poder calorífico de cinco espécies de Bombacaceas. **Revista Florestal Del Peru**, 19(1):93-97. 1992.

VALE, A. T.; LEÃO, A.L.; BRASIL, M.A.M. **Caracterização da madeira e da casca de *Sclerolobium paniculatum*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético**, nº 26; In: 3º Encontro de Energia Rural, AGRENER, 2000a. Campinas - SP.

VALE, A. T.; LEÃO, A.L., BRASIL, M.A.M. **Disponibilidade de energia na forma de calor da biomassa lenhosa de um cerrado *sensu stricto* da região de Brasília.** In: 3º Encontro de Energia Rural, AGRENER, 2000b. Campinas - SP.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**. Volume 12, nº 1, p. 71-80, 2002.