



CARACTERIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BAMBU *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* PARA UTILIZAÇÃO COMO COMBUSTÍVEL SÓLIDO

Pamela Beatriz Moreira de Oliveira¹, Paula Martucheli Amaral², Fábio Minoru Yamaji³, Jose Mauro Santana da Silva⁴, Saulo Philipe Sebastião Guerra⁵

¹Graduanda em Engenharia Florestal (pamelabmoliveira@hotmail.com), ²Graduanda em Engenharia Florestal (paulaa.martucheli@gmail.com), ³Professor Doutor em Engenharia Florestal, ⁴Professor Doutor em Engenharia Florestal, ⁵Professor Doutor em Engenharia Agrônoma

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264, Km 110), Bairro do Itinga – Sorocaba – São Paulo – Brasil, CEP 18052-780, www.ufscar.br, (15) 3229-6000; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – *Campus* Botucatu, Rua José Barbosa de Barros (nº 1780) – Botucatu – São Paulo – Brasil, CEP 18610-307, www.fca.unesp.br, (14) 3880-7100.

RESUMO

A demanda por biomassa, lenha e carvão para geração de energia vêm crescendo cada dia mais e para satisfazê-la o mercado bioenergético tem procurado soluções alternativas, tornando viável o uso desses biocombustíveis para caldeiras, fornos, lareiras, entre outros. A busca por briquetes para uso doméstico também tem aumentado, pois esse sólido compacto é de fácil transporte e alto poder energético, além de contribuir para a preservação ambiental. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o material bambu (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*), analisar a compactação de briquetes deste material e estudar seu possível potencial como combustível sólido. Os resultados deste trabalho não foram satisfatórios devido aos altos teores de cinzas, materiais voláteis e carbono fixo encontrados.

Palavras Chave: biomassa, briquete, bambu, bioenergia.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION AND COMPACTION OF BAMBOO *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris* FOR USE AS SOLID FUEL

*The demand for biomass, firewood and coal for power generation is growing more every day and to satisfy her the bioenergy market has been seeking alternative solutions, making feasible the use of these biofuels in boilers, furnaces, fireplaces, and more. The search for briquettes for domestic use has also increased, as this solid compact is easy to transport and has high power and energy, and yet contributes to environmental preservation. The objective of this study was to analyze the compression briquettes bamboo (*Bambusa vulgaris* var. *Vulgaris*), to characterize them and examine their possible potential as solid fuel. The results were not very satisfactory due to high ash content, fixed carbon and volatiles.*

Keywords: biomass, briquette, bamboo, bioenergy

INTRODUÇÃO

Atualmente, com a crescente demanda por diferentes fontes de energias renováveis, os estudos nesta área se tornam cada vez mais desenvolvidos e de suma importância. Trabalhos feitos com biomassa vegetal estão demonstrando uma nova fonte de energia viável e potencialmente expressiva.

A compactação desses resíduos de biomassa, técnica conhecida por produzir pellets e briquetes, consiste na aglomeração de partículas finas por meio de pressão, com auxílio ou não de aglutinante, resultando em um sólido compacto de volume reduzido, que pode também ser armazenado e transportado de forma mais econômica (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2004).

O briquete, produto final da compactação, concentra uma grande quantidade de energia em uma pequena unidade de área, apontando assim um eficiente nível energético (QUIRINO, 1991). E, justamente por possuir qualidades vigentes de energia potencial, volume reduzido para transporte econômico, e demais particularidades, têm-se necessária sua caracterização. Esta pode ser feita com estudos de suas diferentes propriedades como densidade, teor de umidade, granulometria, teor de cinzas e voláteis, carbono fixo, expansão longitudinal e ensaios mecânicos de resistência. Cada característica implica um ponto relevante para determinação da utilização do material estudado como combustível.

A densidade está relacionada com o conteúdo calórico do material utilizado na confecção do briquete, estimulando o uso de materiais que possuam maior quantidade de substância por unidade de volume, aumentando seu poder de queima (CUNHA, 1989; QUIRINO, 1991).



Em relação ao teor de umidade, quanto mais reduzido melhor, pois diminui-se assim o custo de manejo e transporte. Neste caso, um alto teor de umidade implica em um baixo teor de combustão, devido ao processo de evaporação e umidade, que absorve energia em combustão (Cunha *et al.*, 1989).

Quanto a granulometria, vale ressaltar que, maior será a área superficial da partícula quanto menor for seu tamanho, o que demanda maior quantidade de aglutinante para obter maior resistência mecânica do briquete (PEREIRA *et al.*, 2008).

Os teores de cinzas e voláteis, têm grande relevância em estudos de biomassa para fins energéticos, indicam a composição do conteúdo de minerais presentes na matéria-prima de formação do briquete, o que delimita o uso final do produto (FLORES *et al.*, 2010).

Como os métodos detalhados acima, as demais propriedades citadas também contribuem para melhor caracterização do material estudado, sendo importantes assim na constatação de briquetes eficazes para fins energéticos e com melhor reaproveitamento de resíduos.

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar a compactação de briquetes de bambu (*Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*), realizar a caracterização dos mesmos e analisar seu possível potencial como combustível sólido.

MATERIAL E MÉTODOS

O material analisado neste trabalho foi o bambu da espécie *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*, coletado no estado de Pernambuco/BR. Após sua coleta, o mesmo foi levado a UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) do *Campus* Botucatu/SP e transportado posteriormente à cidade de Sorocaba/SP, para a UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) no *Campus* Sorocaba para análise no Laboratório de Processos Industriais e Pesquisa em Polímeros e Materiais Lignocelulósicos da Universidade.

A caracterização do material foi realizada nas condições em que estava disponível na fonte geradora. Com o auxílio da balança determinadora de umidade da marca A&D Company, modelo MX – 50, Obteve-se o teor de umidade a 50,7% logo após a chegada deste ao laboratório.

A análise de densidade a granel do material foi determinada utilizando a metodologia prescrita na norma ABNT NBR 6922. A massa específica foi determinada nas condições em que o material estava disponível da fonte e com auxílio do béquer de 2 litros de capacidade e peso conhecido, determinou-se o volume. A massa específica a granel foi calculada através da equação: $\gamma_g = (M_a/V_r)$. Onde: γ_g = massa específica a granel; M_a = massa da amostra no estado natural e V_r = volume do recipiente. Efetuaram-se 3 repetições para este processo.

A classificação do tamanho das partículas é determinada pelo ensaio de granulometria do material. O ensaio é realizado pela separação do material em peneiras com malhas de diferentes aberturas, acopladas a um dispositivo vibratório. Para determinação da granulometria, o material foi seco em estufa (105 ± 2) °C. Baseando-se na ABNT NBR 7217, o ensaio foi realizado através de peneiramento mecânico. Utilizou-se 4 peneiras com abertura de malha progressiva, sendo a de maior abertura a de 20mesh (0,85mm) e a de abertura menor de 100mesh (0,15mm). O conjunto de peneiras foi instalado em um agitador orbital, modelo MA 750, com batidas intermitentes no topo e sistema de agitação mecânica orbital com 250rpm fixa. Foi utilizada uma amostra de 100g para o ensaio. A agitação mecânica foi realizada por 10 minutos. A porcentagem de amostra retida nas peneiras é expressa pela equação: $\%M = (M_R/M_T) \times 100$. Na qual: $\%M$ representa a porcentagem de material retida em cada peneira; M_R é a massa retida acumulada na peneira e M_T é a massa total da amostra.

Na análise química imediata, são determinados os teores de água do material (umidade), o teor de material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo), e também o teor de material residual após a combustão (cinzas). Esta análise imediata foi realizada tendo por referencial a ABNT NBR 8112.

Em relação ao teor de umidade (na base seca), foi determinado nas condições em que o material foi coletado da fonte com o auxílio da balança determinadora de umidade, da marca A&D Company, modelo MX – 50 e determinado também após secagem em estufa (105 ± 2) °C (para compactação), com o posterior resfriamento em dessecador com sílica gel. Para cada teste, repetiu-se 3 vezes o mesmo procedimento.

Para realização do teor de voláteis, o material foi passado em um triturador e picado em um micro-moinho de facas tipo Wiley e secos em estufa (105 ± 2) °C. Utilizou-se material com granulometria inferior a 35mesh (0,5mm) e de aproximadamente 1,000g (isenta de umidade). A amostra foi adicionada a um cadinho de porcelana e posicionada na porta do forno da mufla (pré-aquecida à 900 ± 10 °C), durante 3 minutos. Após este tempo, o cadinho foi colocado no interior da mufla, com a porta fechada, permanecendo lá por mais 7 minutos. Em seguida, o cadinho foi retirado da mufla e permaneceu resfriando em dessecador com sílica gel, até massa constante. O teor de matéria volátil é determinado pela equação: $MV = [(M_1 - M_2)/M] \times 100$. Na qual: MV é o teor de matéria volátil; M_1 é a massa inicial do cadinho mais amostra; M_2 é a massa final do cadinho mais amostra e M é a amostra seca. Para tal procedimento fez-se triplicata.

Para realização do teor de cinzas, o material foi triturado e depois picado em um micro-moinho de facas tipo Wiley, seguindo para estufa (105 ± 2) °C. Após ser retirado da estufa, aproximadamente 1,000g do material com granulometria inferior a 35mesh (0,5mm) foi adicionado a um cadinho de porcelana, levado à mufla ($700 \pm$



10) °C por um período de 3 horas. Após a queima o cadinho foi esfriado em dessecador com sílica gel, até obter massa constante. A equação utilizada para cálculo do teor de cinzas (com base na massa seca) foi: $CZ = [(m_1 - m_0)/m] \times 100$. Na qual: CZ representa o teor de cinza; m_0 é a massa do cadinho; m_1 é a massa do cadinho mais a amostra após combustão e m é a massa da amostra seca a 0% de umidade. Foi realizado triplicata para este procedimento.

A fração de carvão que queima no estado sólido é indicada pelo percentual de carbono fixo. De acordo com a norma ABNT NBR 8112, o teor de carbono fixo é calculado subtraindo-se de 100% a soma dos materiais de cinzas e voláteis, como demonstrado na fórmula a seguir: $CF = 100 - (CZ + MV)$. Onde: CF é o teor de carbono fixo; CZ é o valor do teor de cinzas e MV representa o teor de voláteis.

A expansão longitudinal foi analisada através da medição do comprimento (sentido de compactação) dos briquetes com o auxílio de um paquímetro de metal, em intervalos de tempo determinados, durante um tempo de até 96 horas após a compactação. Os briquetes produzidos a partir da compactação do material foram mantidos em câmara climática (27°C e 12% umidade) durante o ensaio, para que a umidade do ar não influenciasse na expansão. A expansão longitudinal dos briquetes é calculada pela equação: $El = (l_f - l_0/l_0) \times 100$. Onde: El é a expansão longitudinal, l_f é o comprimento longitudinal da amostra após determinado tempo de compactação e l_0 é o comprimento longitudinal da amostra logo após compactação. Neste procedimento realizou-se 10 repetições, usando assim a média amostral para maior segurança.

O ensaio mecânico analisado neste trabalho será o de resistência à tração por compressão diametral. Este consiste em submeter corpos de prova com forma cilíndrica a cargas de compressão, onde a tensão de compressão produz uma tensão de tração paralela ao plano de carregamento (com conseqüente rachadura vertical ao centro da amostra). O ensaio mecânico foi realizado em uma máquina universal de ensaios, com capacidade máxima de 30.000 kgf (300 kN), modelo DL 30.000, 96 horas após a compactação do material. A carga foi aplicada no sentido transversal dos briquetes, perpendicular à pressão de compactação e a velocidade da aplicação da carga utilizada para este ensaio foi de 3 mm/min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através da caracterização do bambu e da caracterização dos briquetes produzidos a partir da compactação deste material estão dispostos a seguir.

A densidade do material a cerca de 15,04% de umidade foi de 0,1368g/cm³. Van Buijtenen (1964) citado por Barrichelo (1980) percebeu que fatores anatômicos e morfológicos que influenciam a densidade é a espessura das paredes das fibras do lenho tardio, que é a característica mais significativa, seguida pela percentagem de lenho inicial e largura das fibras do lenho tardio. Porém o feixe vascular do bambu possui um diferencial. Estudos realizados por Ferreira (2007), o feixe vascular do bambu contém vasos na qual ocorre o movimento da água, tubos de seiva e fibras de paredes grossas, responsáveis pela resistência do bambu, sendo que 60 a 70 % da massa do colmo correspondem às fibras. A capacidade da fibra do colmo cresce progressivamente enquanto os feixes vasculares diminuem e aumenta a densidade do interior para superfície exterior do colmo, não garantindo distribuição uniforme, portanto garantem maior resistência mecânica externa. Quanto maior a quantidade de massa fibrosa no colmo, maior a densidade. Segundo Azzini et al. (1977), *B. vulgaris* possui cerca de 53,32% e *Bambusa tuldoides* 61,19%, e isso, pode estar associada ao baixo valor encontrado na densidade do material utilizado, pois há a possibilidade da quantidade de fibras que compõe sua anatomia ser baixa, e também, segundo Brito e Filho (1987) pelo material genético, idade da touceira e dos colmos coletados e das condições de sítio.

Segundo a literatura, há diferentes densidades para as espécies e variedades de bambu – 0,62g/cm³ para *B. tuldoides*, 0,55 g/cm³ para *D. giganteus*, 0,44 g/cm³ para *G. angustifolia*, 0,55 g/cm³ para *B. vulgaris* var. *vittata* e 0,55 g/cm³ para *B. Vulgaris* (Azzini e Ciaramello (1971); Ciaramello e Azzini (1971a,b); Azzini et alii (1974); Barrichelo e Foelkel (1975a, b) e Gomide et alii (1981) citados por Brito e Filho (1987)).

Quanto maior a quantidade de massa fibrosa no colmo, maior a densidade. Segundo Azzini et al. (1977), *B. vulgaris* possui cerca de 53,32% e *B. tuldoides* 61,19%, e isso, pode estar associada ao baixo valor encontrado na densidade do material utilizado, pois há possibilidade da quantidade de fibras que compõe sua anatomia ser baixa, e também, segundo BRITO & FILHO (1987) pelo material genético, idade da touceira e dos colmos coletados e das condições de sítio.

Em relação ao ensaio de tamanho das partículas do material estudado, os resultados obtidos foram apresentados na tabela 1 abaixo.

Realizou-se também a análise granulométrica de todo o material para definir as frações (fina, média e grossa) que poderiam ser utilizadas na produção dos briquetes. A tabela 1 mostra a distribuição granulométrica da serragem de *Bambusa vulgaris* var. *vulgaris*. A porção que apresenta maior massa em porcentagem esta na peneira de 35 mesh que apresentou 31,46% da amostra.



Tabela 1: Distribuição granulométrica do material estudado.

Table 1: Granulometry distribution of the studying material.

Peneiras		% de material retido por peneira
Tyler (mesh)	Abertura (mm)	Bambu
20	0,85	15,14%
35	0,5	31,46%
60	0,25	25,70%
100	0,15	13,12%
fundo	<0,15	14,58%

Após o acompanhamento da secagem para a compactação, o material atingiu 10,53% de umidade, sendo que a umidade ideal para a compactação está entre 10 e 12% . Os resultados das medições da altura e diâmetro dos corpos de prova estão sistematizados no Gráfico 1.

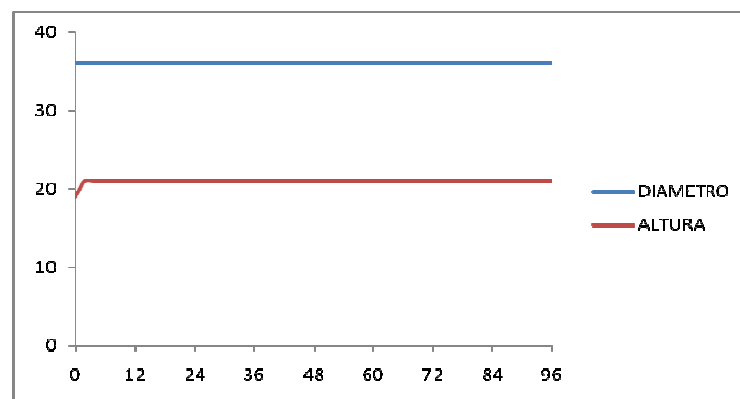


Gráfico 1. Valores das medições do diâmetro e altura dos briquetes do período pós-compactação até 96 horas.
Graphic 1. Values of size measurements of diameter and height for briquettes on after compaction to 96 hours period .

É possível notar que inicialmente, logo após a confecção dos briquetes, as médias em relação a altura foram de 19,5 cm, atingindo um tamanho máximo de 21 cm após duas horas, onde manteve-se um dimensionamento estável. No diâmetro não houve alteração, onde desde o início até o final das medições permaneceu com 36 cm. Segundo D'Abreu et al. (2008) citado por Buzin (2009) até 20% de expansão o inchamento dos briquetes é considerado normal e valores acima deste são considerados anormais ou catastróficos.

O valor encontrado para o teor de cinzas foi de 24,39% e o material adquiriu cor avermelhada. Na literatura, em um experimento realizado por Gomide et al. (1987) o teor encontrado para a *B. vulgaris* foi entre 2,2 e 3,2%, onde o maior foi encontrado em plantas com um ano e o menor com plantas com quatro anos, enquanto o valor por Junior et al. (2011) foi de 2,06% para *B. vulgaris* Schrad e são considerados valores altos. O bambu é composto por celulose, hemicelulose e lignina assim como coníferas e folhosas, porém apresentam elevada quantidade de cinzas e extrativos. Tamolang et al. (1979) citado por Brito et al. (1987) analisou espécies de bambu e concluiu que os altos teores de cinzas estão relacionados principalmente com a composição química dos colmos que apresentam alta tava de sílica. Montavão Filho et al. (1984) citado por Brito et al. (1987) encontrou valores de 2,5% para cinzas e 3,8% para sílica em *B. vulgaris*.

O teor de voláteis encontrado após análise foi de 24,38%. Este teor apresenta grande divergência dos demais encontrados em trabalhos como o de Costa (2004), onde *B. vulgaris* apresentou teor de 75% de materiais voláteis; e também por Brito e Barrichello (1982), que preconizaram, em termos gerais, teores de matérias voláteis entre 75% a 85% para a madeira. Estudos realizados por Kleinlein (2010) ainda em relação ao teor de voláteis, encontraram como maior valor 81,64% e menor 78,63% nas espécies *B. vulgaris* var *vulgaris* e *B. guadua sacocarpa* respectivamente. Portanto, o teor de materiais voláteis resultante deste trabalho apresenta grandes divergências em relação ao demais já citados, estando abaixo do valor esperado.



Neste experimento, o valor encontrado para carbono fixo foi de 47,78%, enquanto Brito e Filho (1987) através de suas análises os teores encontrados foram de para *B. vulgaris vittata* 84,2% e *B. vulgaris* 86,3%.

Nota-se que há uma grande diferença entre os valores comparados, e essa discrepância segundo Guimarães et al. (2009) citado por Junior et al. (2011) esta relacionada a composição química, física, anatômica de materiais lignocelulósicos, juntamente com a espécie, variedade, tipo de solo, clima, parte de onde se extrai as fibras, idade da planta, entre outros. Também pode-se levar em consideração a interferência do método da colheita do material, pois máquinas utilizadas podem liberar metais que alteram os resultados.

No ensaio mecânico a força máxima média suportada pelos corpos de prova foi de 49,59 kgf, a tensão máxima média foi de 0,4006 MPa e o módulo de elasticidade (MOE) médio foi de 13,20 MPa. A figura 2 mostra o gráfico de tensão x deformação média dos briquetes de bambu.

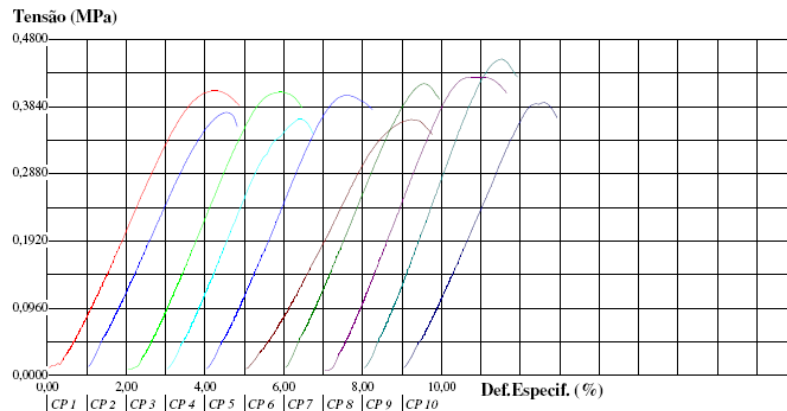


Gráfico 2. Gráfico tensão x deformação média dos briquetes.
Graphic 2. Graphic of tension x medium deformation for briquettes

Souza et al. (s/d) realizou experimentos com outra espécie de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e encontrou que para a compressão o bambu seco foi de 52,86 MPa e para bambu seco mineralizado 74,64 MPa.

Os valores das propriedades mecânicas do bambu se diferem de um experimento para outro e há dificuldade para encontrar na literatura valores próximos devido à ausência de normas para a realização de ensaios (Ferreira, 2002 citado por Souza et al., s/d; Souza et al., s/d).

CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho demonstraram que os briquetes de bambu podem ter alterado sua composição química nos processos silviculturais realizados.

Apesar de obter um baixo teor de voláteis, indicando assim pouca emissão de fumaça durante seu uso, a utilização dos briquetes produzidos pode ser comprometida devido aos elevados teores de cinzas que tornam necessárias limpezas frequentes em fornalhas e demais lugares de sua queima.

O mesmo ocorre com o teor de carbono fixo, onde se encontrou um baixo valor, implicando na queima mais rápida do material e reduzindo seu uso potencial como combustível.

O ensaio mecânico obteve resultados desfavoráveis em comparação a briquetes de *Eucalyptus sp.*, produzindo briquetes com característica friável, o que influencia diretamente na facilidade e otimização do transporte, armazenamento e manuseio do material.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba pela disponibilização do laboratório para realização dos procedimentos. Ao Professor Doutor Fábio Minoru Yamaji, aos colegas Walbert Chrisostomo e Diego Aleixo da Silva pela compreensão e colaboração.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6922 - Carvão vegetal – Determinação da densidade a granel. Rio de Janeiro. 1981.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217 - Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112 - Carvão vegetal – Análise Imediata. Rio de Janeiro. 1986.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, A. Bambu como matéria prima para papel. 4. Estudos sobre o emprego de 5 espécies de *Bambusa* na produção de celulose sulfato. Campinas. 1971.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; NAGAIV. Densidade básica e dimensões de bambu do gênero *Guadua*. Campinas. 1977.

BARRICHELO, L.E.G. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* – Principais características da madeira sob o ponto de vista tecnológico. In: INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF). Piracicaba. 1980.

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. São Paulo. 1982.

BRITO, J.O.; FILHO, M.T.; SALGADO, A.L.B. Produção e Caracterização do carvão vegetal de espécies e variedade de bambu. In: INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF). Piracicaba. 1987.

BUZIN, P.J.W.K. Desenvolvimento de briquetes autorredutores a partir de carepas de processamento siderúrgico para utilização em forno elétrico a arco. Tese (Mestrado em Engenharia de Minas) – Centro de Tecnologia da Escola de Engenharia, Universidade do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2009.

COSTA, T.M.S. Estudo da viabilidade técnica do emprego do bambu da espécie *Bambusa vulgaris* schard. como carvão vegetal. 2004. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência na área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

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 ESTRUTURAS DE MADEIRA: Anais, v.2, São Carlos. 1989.

FLORES, W. P. ; COSTA, D. R. ; YAMAJI, F. M. ; VENDRASCO, L. ., Caracterização de Briquetes de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.. Revista da Madeira, 2010.

FONTES, P.J.; QUIRINO, W.F.; ONKINO, E.Y. Aspectos técnicos da briquetagem de carvão vegetal no Brasil. Brasília, DF: Laboratório de Produtos Florestais, Departamento de Pesquisas, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 1989.

GOMIDE, J.L.; OLIVEIRA, R.C.; COLODETTE, J.L. Influencia da idade de *Bambusa vulgaris* nas suas características químicas e anatômicas, visando a produção de polpa celulósica. IN: CONGRESSO ANUAL DA ABCP. São Paulo. 1981.

JUNIOR, M.G.; NOVACK, K.M., BOTARO, V.R.; PROTÁSIO, T.P.; COUTO, A.M.; Caracterização físico-química de fibra e polpas de *Bambusa vulgaris* Schrad para utilização em compósitos poliméricos. 2011.

KLEINLEIN, W.A. Caracterização energética de biomassas amazônicas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Pará. 2010.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. 1991.

RIO DE JANEIRO (Estado). Ministério da Ciência e Tecnologia - Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, J.M.F.; MORAES, S.R.P.; GOMES, R.C.C.; JUNIOR, E.R.M.A.; AMARAL, A.G.; ALVES, J.D. Resistência à tração e compressão do bambu *Dendrocalamus Giganteus* após tratamento de mineralização. Anápolis. s/d.