

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO EDUARDO KERSCHBAUMER

POTENCIAL ENERGÉTICO DE BAMBUS PLANTADOS NO BRASIL -  
*PHYLLOSTACHYS BAMBUSOIDES* (MADAKE), *PHYLLOSTACHYS NIGRA*  
CV *HENONIS* (HATIKU) E *PHYLLOSTACHYS PUBESCENS* (MOSSÔ)

CURITIBA  
2014

FERNANDO EDUARDO KERSCHBAUMER

POTENCIAL ENERGÉTICO DE BAMBUS PLANTADOS NO BRASIL -  
*PHYLLOSTACHYS BAMBUSOIDES (MADAKE)*, *PHYLLOSTACHYS NIGRA*  
*CV HENONIS (HATIKU)* E *PHYLLOSTACHYS PUBESCENS (MOSSÔ)*

Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Mestre em Bioenergia,  
no curso de Pós-Graduação em Bioenergia da  
Universidade Federal do Paraná, em parceria  
com a UEL, UEM, UEPG, Unicentro, Unioeste,  
UTFPR, Tecpar, Iapar e Embrapa.

Orientação: Profa. Dra. Graciela Ines Bolzon de  
Muñiz

Co-orientação: Profa. Dra. Mayara Elita  
Carneiro

CURITIBA

2014

---

K41

Kerschbaumer, Fernando Eduardo

Potencial energético de bambus plantados no Brasil - Phyllostachys Bambusoides (Madake), Phyllostachys Nigra Cv Henonis (Hatiku) E Phyllostachys Pubescens (Mossô) / Fernando Eduardo Kerschbaumer. – Curitiba, 2014.

57 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação – (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia em parceria com a UEL, UEM, UEPG, Unicentro, Unioeste, UTFPR, Tecpar, Iapar e Embrapa. Programa de Pós-graduação em Bioenergia, 2014.

Orientador: Graciela Ines Bolzon de Muñiz.

Coorientador: Mayara Elita Carneiro.

Bibliografia: p. 46-52.

1. Energia - Fontes alternativas . 2. Recursos naturais renováveis.  
3. Bambu. I. Universidade Federal do Paraná. II. Muñiz , Graciela Ines Bolzon de. III. Carneiro, Mayara Elita. IV. Título.

CDD: 333.794

---



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em  
BIOENERGIA




## ATA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO


Defesa n.º 008

Ata da Sessão Pública, de exame de dissertação para obtenção do grau de **mestre** em BIOENERGIA, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Aos onze dias do mês de abril de dois mil e quatorze, às catorze horas, nas dependências do Curso de Pós-Graduação em BIOENERGIA, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, reuniu-se a banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em BIOENERGIA, composta pela Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte, primeira examinadora, pelo Prof.Dr. Carlos Roberto Sanquetta, segundo examinador, e pela professora Graciela Ines Bolzon de Muniz, orientadora e presidente da banca examinadora, com a finalidade de julgar a dissertação do candidato **FERNANDO EDUARDO KERSCHBAUMER**, intitulada "**POTENCIAL ENERGÉTICO DE BAMBUS PLANTADOS NO BRASIL - PHYLLOSACHYS BAMBUSOIDES (MADAKE), PHYLLOSTACHYS NIGRA CV HENONIS (HATIKU) E PHYLLOSTACHYS PUBESCENS (MOSSÔ)**", para obtenção do grau de mestre em BIOENERGIA. O desenvolvimento dos trabalhos seguiu o roteiro de sessão de defesa estabelecido pela coordenação do curso, com abertura, condução e encerramento da sessão solene de defesa feito pela orientadora Profa. Dra. Graciela Ines Bolzon de Muniz. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros da banca examinadora deliberaram pela "**APROVAÇÃO**" do acadêmico, habilitando-a ao título de Mestre em BIOENERGIA, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 11 de abril de 2014, desde que apresente a versão definitiva da dissertação conforme regimento interno do programa.

Reinaldo Mendes de Souza  
Secretário do Curso de Pós-Graduação em BIOENERGIA

  
Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte  
Universidade Federal do Paraná -  
Primeira examinadora

  
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta  
Universidade Federal do Paraná -  
Segundo examinador

  
Profa. Dra. Graciela Ines Bolzon de Muniz  
Universidade Federal do Paraná -  
Orientadora e presidente da banca examinadora

  
Profa. Dra. Graciela Ines Bolzon de Muniz  
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em BIOENERGIA



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em  
BIOENERGIA



**MESTRADO EM  
BIOENERGIA**

**PARECER**  
Defesa n.º. 008

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em BIOENERGIA, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, após arguir o mestrando **FERNANDO EDUARDO KERSCHBAUMER** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**POTENCIAL ENERGÉTICO DE BAMBUS PLANTADOS NO BRASIL - PHYLLOSRACHYS BAMBUSOIDES (MADAKE), PHYLLOSTACHYS NIGRA CV HENONIS (HATIKU) E PHYLLOSTACHYS PUBESCENS (MOSSÔ)**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do acadêmico, habilitando-o ao título de *Mestre* em BIOENERGIA, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

*Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte*  
Universidade Federal do Paraná  
Primeira examinadora

*Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta*  
Universidade Federal do Paraná -  
Segundo examinador

*Profa. Dra. Graciela Ines Bolzon de Muniz*  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 11 de abril de 2014.

*Profa. Dra. Graciela Ines Bolzon de Muniz*  
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em BIOENERGIA

Dedico esse trabalho à meu Pai, Edilmar, que não está mais entre nós, pelo menos fisicamente, mas que muito auxiliou e apoiou em minha base educacional, à minha Mãe Rosi, e à todos que estiveram presentes, tanto afetivamente quanto auxiliando no desenvolvimento deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof. Dra. Graciela Inés Bolzon de Muñiz, pelo incentivo e direcionamento dado à realização do trabalho.

À Professora Mayara Elita Carneiro, pela sua co-orientação e pelas contribuições e sugestões no trabalho.

Ao curso de Pós-Graduação em Bioenergia da Universidade Federal do Paraná em parceria com a UEL, UEM, UEPG, Unicentro, Unioeste, UTFPR, Tecpar, Iapar e Embrapa e a todo o corpo docente, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos Professores Carlos Roberto Sanquetta, Ana Paula Dalla Corte, Silvana Nisgoski e Pedro Henrique Weirich Neto pelas contribuições, sugestões e articulações proporcionadas.

Ao Engenheiro Carlos Fernando Becker e seu sócio Perci, que atuam com o Projeto Bambu em São Bento do Sul-SC, pela disponibilidade e pelos materiais e informações fornecidos.

Aos colegas discentes do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, pelas atividades desenvolvidas em grupo que propiciaram um melhor aproveitamento do conteúdo estudado. Em especial ao Amigo Alexandre Dullius pelo incentivo na realização das atividades do curso.

Nenhum problema pode ser resolvido a partir da mesma consciência que o criou. É necessário aprender a ver o mundo de uma maneira nova e revigorada.

Einstein

## RESUMO

O bambu é uma planta de fácil adaptação, crescimento rápido e constante, com várias espécies catalogadas ao longo do mundo. O objetivo deste trabalho foi apresentar o potencial energético de bambus de três espécies plantadas no Brasil – *Phyllostachys bambusoides* (Madake), *Phyllostachys nigra cv henonis* (Hatiku) e *Phyllostachys pubescens* (Mossô). Foram avaliados a massa específica básica, as propriedades químicas e o poder calorífico. Os resultados mostraram a variação dentro das três espécies. A massa específica média de 0,78 g/cm<sup>3</sup> a 0,86 g/cm<sup>3</sup>, o teor de lignina de 21,26% a 23,83%, teor de holocelulose entre 44,96 e 56,12%, teor de cinzas variando de 0,81% a 1,61% e o poder calorífico superior obtido foi de 4.588kcal/kg para o Madake, 4.570 Kcal/Kg para o Hatiku e 4.576 Kcal/Kg para o Mossô. As três espécies têm alto potencial energético, devendo ser dada especial atenção ao teor de cinzas que é baixo em relação às outras biomassas estudadas. Maiores estudos de produtividade (área/tempo) e sobre aplicação em sistemas agrossilviculturais deverão contribuir para a inserção destas espécies na matriz de biomassa.

Palavras-Chave: Hatiku, Madake, Mossô, propriedades, massa específica, poder calorífico, análise química.

## ABSTRACT

Bamboo has an easy adaptation, fast and constant growth, with many cataloged species around the world. This work aimed to show the energy potential of three bamboo species planted in Brazil – *Phyllostachys bambusoides* (Madake), *Phyllostachys nigra cv henonis* (Hatiku) and *Phyllostachys pubescens* (Mossô). Specific mass, chemical properties and calorific were analyzed. The results showed variation within the three species. The average specific mass varied from 0.78 g/cm<sup>3</sup> to 0.86 g/cm<sup>3</sup>; the lignin content from 21.26% to 23.83%, holocellulose varied between 44.96 and 56.12%; ash ranged from 0.81% to 1.61% and the upper calorific value obtained was 4,588 kcal/kg for Madake, 4,570 kcal/kg for Hatiku and 4,576 kcal/kg for Mossô. The three species have high energy potential and should be given special attention to ash content which is low in comparison to other studied biomass. Higher productivity studies (area/time) and on agrosilviculture systems application should contribute to the inclusion of these species in the biomass matrix.

Key words: Hatiku, Madake, Mossô, properties, density, calorific value, chemical analyses.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE - 2013.. | 15 |
| FIGURA 2 - OFERTA INTERNA DE ENERGIA- 2013 .....                 | 16 |
| FIGURA 3 - CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DOS PLANTIOS DOS BAMBUS .....   | 30 |
| FIGURA 4 - ESPÉCIES DE BAMBU COLETADOS PARA ANÁLISE. ....        | 32 |
| FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA ADOTADA NO TRABALHO ....    | 33 |
| FIGURA 6 - BOMBA ADIABÁTICA IKA WERKE MODELO C 5000 .....        | 35 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 – VALORES MÉDIOS E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) DA DENSIDADE (G/CM <sup>3</sup> ), MÓDULO DE RUPTURA (MOR) E MÓDULO DE ELASTICIDADE (MOE) DE TRÊS ESPÉCIES DE BAMBU ..... | 36 |
| TABELA 2 – COMPARAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DE DIFERENTES ESPÉCIES FLORESTAIS, COM AS ESPÉCIES DE BAMBU ESTUDADAS .....  | 37 |
| TABELA 3 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS BAMBUS (%).....  | 38 |
| TABELA 4 – TEOR DE LIGNINA EM DIFERENTES ESPÉCIES .....  | 39 |
| TABELA 5 – RESULTADOS DE CINZAS.....   | 40 |
| TABELA 6 – VALORES MÉDIOS PARA TEORES DE UMIDADE DOS MATERIAIS, CONFORME RECEBIDOS NO LABORATÓRIO...   | 41 |
| TABELA 7 – VALORES MÉDIOS PARA PODER CALORÍFICO SUPERIOR E INFERIOR (NA BASE SECA) .....   | 42 |
| TABELA 8 – PODER CALORÍFICO SUPERIOR DE DIFERENTES ESPÉCIES .....  | 42 |

## LISTA DE SIGLAS

°C – grau Celsius

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

cm – centímetro

CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono

g/cm<sup>3</sup> - gramas / centímetro cúbico

H<sub>2</sub>O – água

ha – hectare

kcal/kg – quilocalorias / quilograma

km<sup>2</sup> - quilômetro quadrado

mm – milímetros

MME – Ministério de Minas e Energia

NMBA - *National Mission on Bamboo Applications* – India

PCI – Poder calorífico inferior

PCL – Poder calorífico líquido

PCS – Poder calorífico superior

R\$ - Real (moeda brasileira)

TAPPI – *Technical Association of the Pulp and Paper Industry*

t/ha – tonelada / hectare

t/ha/ano – tonelada / hectare / ano

## SUMÁRIO

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO.....                                    | 13 |
| 2 | OBJETIVOS.....                                     | 14 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                        | 15 |
|   | 3.1 MATRIZ ENERGÉTICA .....                        | 15 |
|   | 3.1.1 Biomassa .....                               | 16 |
|   | 3.2 O BAMBU .....                                  | 17 |
|   | 3.2.1 Cultivo do bambu .....                       | 20 |
|   | 3.2.2 Propriedades do bambu.....                   | 20 |
|   | 3.2.3 Aplicações .....                             | 24 |
|   | 3.2.4 Produtividade do bambu .....                 | 26 |
|   | 3.3 AGRICULTURA FAMILIAR.....                      | 26 |
|   | 3.3.1 Sistemas agrossilviculturais.....            | 27 |
|   | 3.3.2 Sustentabilidade .....                       | 28 |
|   | 3.3.3 Potencial Econômico .....                    | 28 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS .....                          | 30 |
|   | 4.1 MATERIAIS.....                                 | 30 |
|   | 4.2 MÉTODOS.....                                   | 33 |
|   | 4.2.1 Determinação da massa específica básica..... | 34 |
|   | 4.2.2 Determinação das propriedades químicas.....  | 34 |
|   | 4.2.3 Determinação do poder calorífico .....       | 34 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                       | 36 |
|   | 5.1 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA .....                  | 36 |
|   | 5.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS .....                    | 38 |
|   | 5.3 PODER CALORÍFICO .....                         | 41 |
| 6 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....                   | 44 |
|   | 6.1 CONCLUSÕES .....                               | 44 |
|   | 6.2 RECOMENDAÇÕES.....                             | 45 |
|   | REFERÊNCIAS.....                                   | 46 |
|   | APÊNDICES.....                                     | 53 |

## 1 INTRODUÇÃO

Novas fontes de energia alternativas estão sendo pesquisadas e vêm ganhando incentivo político dos países, principalmente nos investimentos públicos e privados, a fim de expandir o parque energético nacional e garantir níveis de crescimento e desenvolvimento econômicos positivos (BORGES, 2010).

Entre as diversas fontes alternativas, o bambu pode ser destacado pelas propriedades similares à madeira e outros materiais lignocelulósicos em termos de teor de carbono e potencial calorífico (NMBA, 2005), além de vantagem econômica, uma vez que atinge seu pleno crescimento em apenas alguns meses e alcança sua máxima resistência mecânica em poucos anos.

O bambu é encontrado em abundância, tanto em regiões tropicais como em regiões subtropicais do globo (GHAVAMI, 2004). O Brasil é o país com maior diversidade de espécies de bambu da América Latina (JAHN, 2001), mas é pouco explorado em comparação com os usos que se fazem em outros países, como China e Índia. Uma das possibilidades de utilização do bambu é na geração de energia pela queima.

Essa alternativa é viável e gera vários benefícios como o desenvolvimento econômico e exploração sustentável. Maiores informações tecnológicas são necessárias para o desenvolvimento industrial da aplicação do bambu como fonte de energia que pode representar um caminho para a elevação da renda e qualidade de vida de regiões pobres não só no Brasil, mas também nos demais países do mundo (BARBOSA et al., 2007).

Este trabalho pretende contribuir com informações pertinentes sobre a aplicação do bambu e sua produção no Brasil, descrevendo as propriedades físicas, químicas e energéticas dos bambus das espécies Hatiku, Madake e Mossô e posterior comparação com as principais biomassas utilizadas comercialmente para obtenção de energia no Brasil.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho foi verificar o potencial de algumas espécies de bambu adaptadas ao Brasil, para a produção de energia.

Como objetivos específicos:

- Determinar as propriedades físicas, químicas e poder calorífico dos Bambus das espécies Hatiku, Madake e Mossô;
- Comparar o potencial das três espécies com algumas das principais biomassas utilizadas comercialmente para obtenção de energia no Brasil.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 MATRIZ ENERGÉTICA

A Matriz energética brasileira é bastante diversificada, sendo destaque mundial em fontes renováveis. A oferta de energia elétrica (Figura 1) depende fundamentalmente da geração hidráulica, mas possui dentro das demais fontes uma parcela significativa de uso da biomassa.

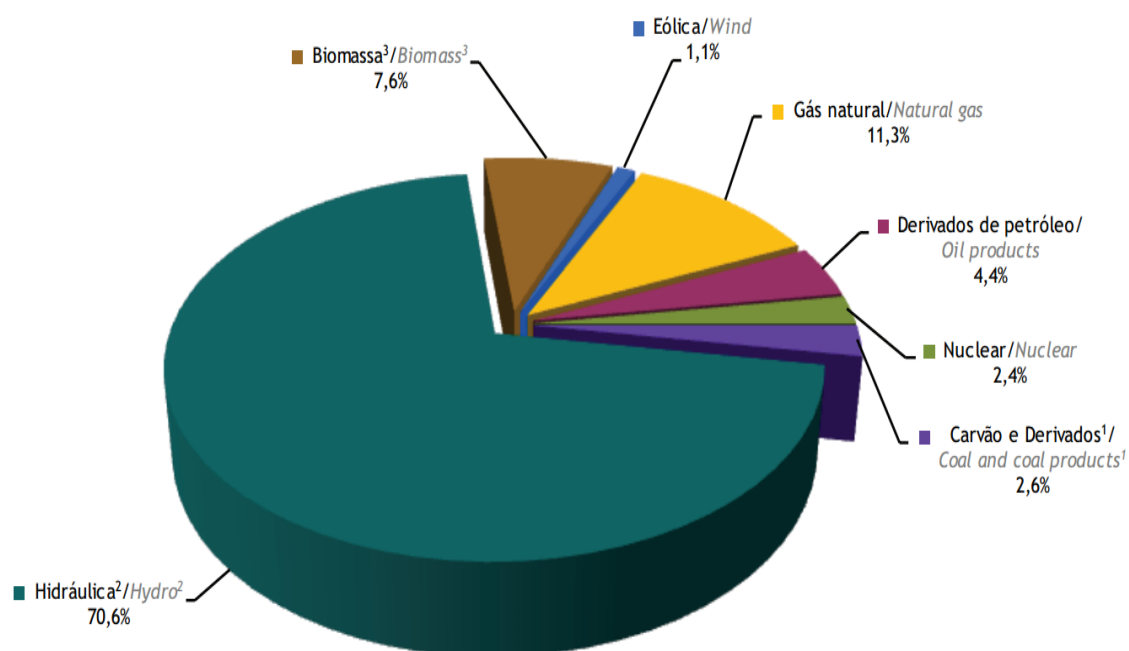


Figura 1 - Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte - 2013

Notas: 1- Inclui gás de coqueria; 2- Inclui importação de eletricidade; 3- Inclui Lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Fonte: MME (2014)

Em relação à oferta interna de energia (Figura 2), de uma forma geral, a importância da lenha e carvão vegetal recebe um destaque um pouco maior, apesar de cair percentualmente ao longo dos anos, em razão do aumento de uso de fontes como o petróleo, hidráulica, produtos da cana e outras (MME 2014).

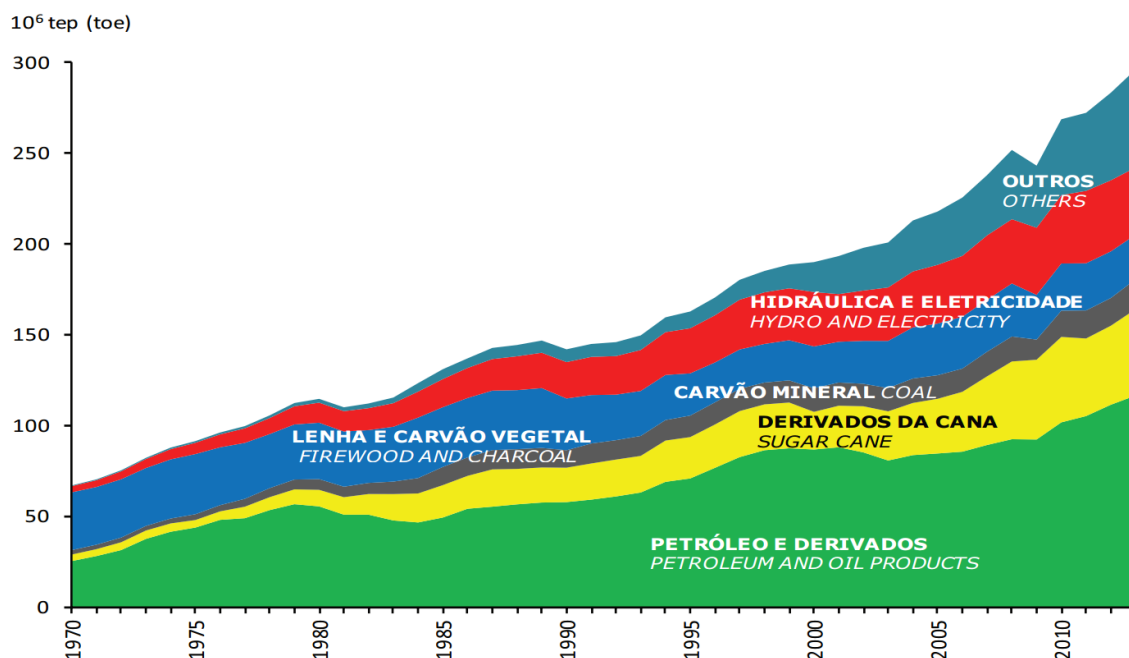


Figura 2 - Oferta Interna de Energia– 2013

Fonte: MME (2014)

### 3.1.1 Biomassa

O relatório do balanço energético nacional (MME, 2014) apresenta que a Biomassa representa 7,6% da oferta interna de energia elétrica, e o carvão e seus derivados representam já 2,6% das fontes para produção de energia elétrica. Estes valores não sofreram muita alteração em relação aos relatórios dos períodos anteriores.

A matriz energética brasileira é considerada limpa pela representatividade da hidráulica (70,6%), somada ao uso de biomassa. Com a crescente demanda por energia, e as limitações dos recursos hidráulicos, um direcionamento para a biomassa como aproveitamento de outros processos produtivos pode manter esta qualificação da matriz energética.

Para isso, se faz necessário o entendimento de toda a cadeia produtiva de biomassa, conhecendo o potencial de cada produto e as diferenças que podem ocorrer na aplicação destas, além de seus resultados econômicos e sociais.

Os ganhos com a aplicação de biomassa vão desde o aproveitamento produtivo de resíduos industriais, agregando valor às organizações, até as

questões ambientais pela redução de resíduos dos processos, além da redução da demanda por fontes fósseis (BRAND et al., 2014).

### 3.2 O BAMBU

O bambu é uma planta considerada perene e com grande potencial para ser usada como biocombustível, além de possuir uma boa adaptabilidade e condições de rápido crescimento (HONG et al., 2011). Apresenta uma alta eficiência energética, uma grande capacidade de fixação de carbono com crescimento e colheitas rápidas (HIGUCHI, 1987).

Para Vogtländer et al. (2010), o bambu é uma boa solução de sustentabilidade porque pode crescer em áreas que não são produtivas (por exemplo, de erosão e encostas); é um material de crescimento rápido (tem um alto rendimento); a sua estrutura de raiz permanece intacta após a colheita, gerando novos brotos.

São gramíneas gigantes e não árvores como comumente se acredita. Pertencem à família *Bambusoideae* e seu colmo em geral é um invólucro cilíndrico, divididos por diafragmas transversais nos nodos (GHAVAMI, 2004). Bambu é o termo vernáculo ou comum para os membros de um grupo taxonômico especial de grandes gramíneas lenhosas (subfamília *Bambusoideae*, família *Andropogoneas/Poaceae*). Bambus abrangem 1.250 espécies dentro de 75 gêneros, a maioria dos quais são de relativamente rápido crescimento, atingindo maturidade dentro de 5 anos (SCURLOCK, et al. 2000).

Spolidoro (2008) reforça a ideia de que os bambus possuem hábito arborescente, mesmo sendo uma gramínea, e que apresentam uma parte aérea constituída pelo colmo, folhas e ramificações e outra subterrânea composta pelo rizoma e raiz, similar ao que ocorre com as árvores.

Em sua composição o bambu é um material compósito, constituído por fibras de celulose longas paralelas, e embebidas numa matriz de lenhosas. A densidade das fibras na secção transversal de um reservatório de bambu varia ao longo da sua espessura. Este apresenta um material funcionalmente gradiente, evoluído de acordo com o estado de distribuição de tensão no seu ambiente natural (GHAVAMI, 2004).

Há uma diversidade de formas e tamanhos de espécies de bambus, onde alguns atingem no máximo 10 cm de altura, e espécies como *Dendrocalamus giganteus* Munro, que pode atingir cerca de 40 metros de altura, com 30 cm de diâmetro à altura do peito, mas explica que a maioria das espécies tem altura média entre 15 e 20 metros (SCURLOCK et al., 2000).

Os bambus nativos crescem naturalmente em todos os continentes, exceto na Europa, sendo que 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e 6% da Oceania (HIDALGO, 2003). Distribuem-se naturalmente dos trópicos às regiões temperadas, com maior ocorrência nas zonas quentes e com chuvas abundantes das regiões tropicais e subtropicais, da Ásia, África e América do Sul.

Só a China tem cerca de 300 espécies, distribuídas em 44 gêneros, ocupando 33.000 km<sup>2</sup>, ou 3% da área florestal do país total (YUMING e CHAOMAO, 2010). Outro importante produtor de bambu é a Índia, com 130 espécies, abrangendo 96.000 km<sup>2</sup>, ou aproximadamente 13% da área florestal do país. Outras nações importantes nesse contexto são Bangladesh, Indonésia e Tailândia (SCURLOCK et al., 2000).

Em relação aos bambus herbáceos há duas subfamílias, três gêneros e sete espécies, enquanto em relação aos bambus lenhosos há 18 gêneros, sendo que seis são endêmicos (*Alvimia* Soderstr. & Londoño, *Apoclada* McClure, *Athroostachys* Benth., *Eremocaulon* Soderstr. & Londoño, *Filgueirasia* Guala, *Glaziophyton* Franch.) e 155 espécies, sendo que 83% destas são também endêmicas. Os gêneros com maior número de espécies são *Merostachys* Spreng (53 espécies) e *Chusquea* (40 espécies). Ao todo são 34 gêneros e 232 espécies no Brasil, sendo que algumas ainda não foram formalmente descritas, além de 174 espécies (75%) serem consideradas endêmicas (FILGUEIRAS e GONÇALVES, 2004).

O país possui uma das maiores reservas de bambu nativo (JUDZIEWICZ et al., 1999) e um grande potencial de cultivo de espécies autóctones e introduzidas. Estas reservas constituem uma sólida possibilidade econômica sustentável ainda pouco explorada, com múltiplos aproveitamentos para geração de renda e trabalho com desenvolvimento humano. Contudo, todo esse potencial é pouco aproveitado devido a uma resistência cultural à aceitação do bambu como material durável e confiável, além da ideia errônea

de associá-lo às obras temporárias e também à miséria e, com isso, diminuindo o seu interesse científico e tecnológico (BERALDO e AZZINI, 2004). Pimentel (1997) afirma que os usos mais comuns são no meio rural, empregando o bambu para cercas e pequenas construções e, devido à sua enorme disponibilidade, o homem do campo brasileiro não o valoriza, considerando-o como “mato”.

Londoño (1998) cita que várias espécies de bambu exóticas foram introduzidas no Brasil durante o período de colonização pelos Portugueses e que os gêneros *Bambusa* e *Dendrocalamus* preenchem um papel mais importante do que qualquer outra espécie econômica nativa no Brasil. Entretanto, atualmente, dos gêneros de bambus lenhosos nativos do Brasil, pode-se dizer que apenas *Actinocladum*, *Apoclada*, *Chusquea*, *Guadua* e *Merostachys* podem ter alguma utilidade potencialmente mais significativa.

No Brasil o bambu também pode ser chamado de Taboca, Taquara e entre outros 34 nomes que estão relacionadas com a subfamília *Bambusoideae*, essa diversidade de nomenclaturas esta fundamentada nas raízes da língua tupi-guarani, fato relacionado com a cultura indígena, pois o conhecimento e a distinção das diversas espécies proporcionavam aos índios diferentes formas de utilização no seu cotidiano (FILGUEIRAS e GONÇALVES, 2007).

De acordo com Nakajima et al. (2011) as espécies Madake e Mossô crescem em apenas três anos, o que é muito mais rápido do que a maioria das espécies de madeira. Estas espécies podem gerar materiais considerados renováveis e sustentáveis, se gerenciados corretamente.

As espécies Madake, Mossô e Hatiku são importantes para o sustento dos japoneses (NUMATA 1970). O Mossô foi introduzido a partir da China para Kagoshima, Kyushu em 1822-36. Quanto à origem do Madake e do Hatiku, existem duas teorias: um considera como sendo nativo no Japão (MUROI, 1955-1960 citado por NUMATA, 1970) enquanto o outro diz que eles vêm da China (MCLURE, 1948 citado por NUMATA, 1970).

### 3.2.1 Cultivo do bambu

Greco et al. (2011) citam que os bambus apesar de serem pouco exigentes com relação ao solo e regime hídrico, somente alcançarão boa produtividade se todas as condições ideais para cada espécie forem observadas.

Pereira e Beraldo (2008) identificam que os bambus se dividem em duas categorias quanto à sua forma de desenvolvimento, sendo elas entouceirantes (paquimorfos ou simpodiais) e alastrantes (leptomorfos ou monopodiais), além de citar o grande potencial agrícola por ser uma planta perene e mostrar grande rendimento por área e rapidez de crescimento.

Ainda, de acordo com GRECO et al. (2011) o manejo é importante para a produtividade e para que os colmos atinjam maior tamanho, aperfeiçoando a cultura do bambu. O manejo deve ser realizado de forma consciente, e a falta dele implica em menor produtividade.

De acordo com o que é tratado sobre manejo da plantação de bambu (GRECO et al. 2011), à partir do terceiro ano deve ser feita a manutenção para que se mantenha espaçamento ideal, melhorando o desempenho da plantação. O manejo é realizado com a retirada dos colmos maduros e também do excesso de brotos. A partir desse momento a plantação começa a ter um ciclo de receitas, proveniente da venda desses colmos e também dos brotos que são utilizados para a alimentação humana.

### 3.2.2 Propriedades do bambu

Segundo AHMAD (2000), as propriedades do bambu dependem da espécie, terra, clima, manejo, técnicas de corte, idade, umidade, posição dos colmos, nós internos e biodegradação. A fertilização no início do período de crescimento pode resultar em até um aumento de três vezes na produtividade acima do solo (EL BASSAM, 1998).

De acordo com Greco et al. (2011), em seu estudo sobre as diversas espécies de bambu no Brasil, os colmos são considerados jovens entre 6 meses e 3 anos, sendo que a maturação dos colmos se dá entre o 3 e o 6 ano, sendo influenciados pelo processo de Manejo do cultivo. O autor ainda afirma

que entre 3 e 10 anos os colmos são considerados maduros. Esta condição é reafirmada por Nakajima et al. (2011) que comenta especificamente sobre as espécies Mossô e Madake, como tendo seu crescimento em apenas 3 anos.

A análise elementar, a análise química imediata, o teor de umidade e a densidade são fatores importantes, junto com o poder calorífico, para comprovar o potencial energético da madeira (CODER, 1976; AROLA, 1976 citados por BRITTO e BARRICHELO, 1979)

### 3.2.2.1 Massa específica

A importância da massa específica está ligada diretamente ao poder calorífico da madeira, sendo que geralmente, quanto maior a densidade da madeira, maior é seu poder calorífico (BRITO e BARRICHELO, 1979).

A massa específica do colmo do bambu é uma de suas principais características físicas. Freire e Beraldo (2003) afirmam que normalmente, a massa específica básica dos colmos varia de 0,5 a 0,8 g/cm<sup>3</sup>.

Para o *Bambusa vulgaris*, Azzini et al. (1987) apresentam valores diferentes para as partes do colmo, sendo 0,81 g/cm<sup>3</sup> para topo, 0,79 g/cm<sup>3</sup> para meio e 0,66 g/cm<sup>3</sup> para base. Estes valores foram maiores do que os encontrados por Moreira (2012) que apresenta 0,63 g/cm<sup>3</sup> para topo, 0,59 g/cm<sup>3</sup> para meio e 0,54 g/cm<sup>3</sup> para base e dos valores apresentados por Lima (2011) 0,55 g/cm<sup>3</sup> para topo, 0,51 g/cm<sup>3</sup> para meio e 0,40 g/cm<sup>3</sup> para base.

### 3.2.2.2 Propriedades Químicas

As propriedades químicas da madeira (principalmente a lignina e os extrativos) influenciam, junto com a umidade, no poder calorífico superior da (JARA, 1989), além de influenciar na qualidade do carvão ou da lenha, quando associados à massa específica básica (LISBÃO JR., 1981).

Conforme apresentado Oliveira et al. (2010), melhores propriedades químicas do carvão como alto teor de carbono fixo, baixo teor de substâncias voláteis e cinzas estão associados à madeira com altos teores de lignina. Cada faixa de temperatura gera um produto diferente, sendo que a temperatura

final tem grande influência na qualidade do carvão vegetal. Ainda, com maior teor de lignina e extrativos há menor teor de oxigênio que os polissacarídeos presentes na holocelulose, tornando mais alto o poder calorífico (BROWNING, 1963).

O alto teor de lignificação do bambu, num curto prazo de crescimento, é também demonstrado por Okahisa et al. (2011), que apresenta que em estudos realizados com algumas espécies de bambu, o teor de lignina em colmos com 2 anos de idade era em torno de 25%, e que a lignificação continua após o crescimento cessar.

De uma forma geral, estudos tratam que há potencial para utilização do bambu como fonte energética. De acordo com o *National Mission for Bamboo Application* (NMBA, 2005), um carvão de boa qualidade pode ser produzido a partir de bambu, e as propriedades desse carvão podem ter os seguintes valores: Carbono: 80–85%; Cinzas: 4,5–6,5%; Umidade: 6–9%; Poder Calorífico: 6,900–7,000 kcal/kg.

Para isso, o NMBA cita que bambu de qualquer espécie pode ser utilizado, ressaltando que bambus com 4-5 anos de idade produzem o melhor carvão, pois nesta idade eles têm maior biomassa e menor umidade. A umidade do bambu deve estar entre 20-25% para o melhor rendimento do carvão, porém em alguns períodos chuvosos o bambu terá maior percentual de umidade. Nestes períodos o NMBA indica que o bambu deverá ser deixado secando por algum tempo antes da conversão em carvão (em operações de larga escala devem ser utilizados secadores pra reduzir estes níveis de umidade).

Dentre as espécies estudadas, destaca-se o *Phyllostachys pubescens* (Mossô) sobre o qual Pereira e Pereira Neto (1996), citado por Pereira e Beraldo (2008) apresentam como tendo alto potencial para comercialização, alta contribuição para a indústria rural e para a regeneração ambiental, além de ser considerado domesticado, adequado ao clima temperado e a solos ricos ou médios, com médio desgaste genético, média necessidade de pesquisa sobre armazenamento de sementes, baixa necessidade de pesquisa sobre reprodução in vitro, baixa necessidade de maiores transferências, além da baixa necessidade de levantamentos futuros. O bambu Mossô apresenta

grande potencial para ser utilizado na bioenergia, também se forem considerados os métodos de pirólise ou gaseificação (JIANG et al., 2012).

O bambu é um compósito lignocelulósico natural em que as fibras de celulose são incorporados na matriz de celulose de lignina e hemicelulose, com composição referencial de 44,5% de celulose, 25% de lignina e 2% de cinzas, além de outros compostos (ADAMSON et al., 1978).

O teor de lignina presente no *Bambusa vulgaris* é apresentado por Tamolang et al. (1980) como 27%. Para espécies coníferas, Klock et al. (2005) apresentam um teor de lignina de 28%, e para folhosas um teor de 20%. Moreira (2012) encontrou também resultados crescentes de lignina no sentido topo-base para o *Bambusa vulgaris*, com média de 24,28%.

A holocelulose presente no *Bambusa vulgaris* é apresentada com média de 73,55% (MOREIRA 2012). Como teor de cinzas, encontrou 4,2% na biomassa *in natura*. As cinzas compõem um passivo ambiental, mas que vem sendo utilizado como matéria-prima aplicada à produção de sílica e derivados, como carga de polímeros ou adsorventes (FOLETTTO et al., 2005) ou ainda em aplicações industriais, como a incorporação em cimentos de grande resistência, ou cimentos pozolânicos (CORDEIRO, 2009).

### 3.2.2.3 Poder Calorífico

O poder calorífico sofre influência não só da massa específica, mas também do teor de umidade da madeira, teor de carbono fixo, lignina e substâncias voláteis, além da composição elementar da madeira (LISBÃO JR., 1981).

Como valor de referência para o poder calorífico de bambus, utiliza-se 4.300 kcal/Kg (SCURLOCK et al., 2000), sendo este valor bastante expressivo quando da comparação com outras espécies florestais. Gielis (2002) confirma esta referência, indicando uma variação de 4.300 kcal/kg a 4.705 kcal/kg, variando de acordo com espécie e região do plantio.

Para o *Bambusa vulgaris*, espécie comumente plantada no Brasil, Moreira (2012) encontrou resultado de 4.357 kcal/kg, aferindo as informações expostas pelos demais autores.

Tecnicamente o poder calorífico possui características aceitáveis para substituir a madeira, sendo possível o plantio consorciado com outras culturas sem prejudicar o crescimento vegetativo de ambas, e as florestas de bambu são um sumidouro de carbono e restabelecedores do ciclo de nutrientes do sistema, contribuindo ambientalmente (COSTA, 2003).

### 3.2.3 Aplicações

Em relação às propriedades o bambu torna-se um recurso econômico excepcional para uma ampla gama de usos. Um dos trabalhos mais completos sobre os usos do bambu foi realizado por Hans Sporry em 1903, que enumerou 1048 usos somente no Japão, sendo que há mais 498 usos ornamentais, totalizando 1546 (FARRELY, 1938). Estes usos, com algumas variações, podem ser estendidos também para China, que possui uma área plantada de sete milhões de hectares e utiliza-o em aplicações industriais, como broto comestível, celulose e papel, material para engenharia, construção, química, móveis e painéis (PRESZNHUK, 2004). O uso e o comércio do bambu vêm crescendo rapidamente nos últimos anos.

O bambu tem sido utilizado principalmente para o artesanato tradicional, como cercas, cestas, e varais no Japão. No entanto, deveria ser usado com técnicas industriais avançadas, para promover um uso eficiente do bambu. Para isto, os estudos fundamentais em plásticos são crucialmente importantes (Nakajima et al., 2011).

Os locais de plantações de bambu no Japão não são apenas utilizados como locais econômicos que produzem colmos de bambu, mas também como reforço para diques de rios, para evitar a erosão do solo de encostas íngremes, como locais de nidificação para as aves, e assim por diante. Do ponto de vista da conservação, a sabedoria de converter um plantio de bambu em outra coisa é uma questão em aberto e deve ser um tema de discussão especial em cada caso (NUMATA, 1970).

Para um melhor detalhamento da grande quantidade de aplicações possíveis para o bambu, Martins e Guerreiro (2006) elencaram as principais delas, a partir de outros autores:

- 1- Agricultura: é utilizado na irrigação de solos e lavouras. Sua estrutura tubular favorece o transporte de água da fonte ao local da irrigação;
- 2- Biomassa: de toda a biomassa, o bambu é a planta mais eficiente para obtenção de hidrogênio. Existem pesquisas de empresas de energia para criação de células de combustível para geração de energia a partir do hidrogênio;
- 3- Carvão: o carvão de bambu também é produzido por pirólise, da mesma forma que o carvão convencional (madeira);
- 4- Culinária: o broto de bambu é rico em nutrientes, como proteína vegetal, fibras, aminoácidos, cálcio, fósforo, vitaminas B1, B2 e C. O consumo regular deste produto estimula os movimentos peristálticos do estômago e intestino, previne e cura doenças cardiovasculares e cânceres e abaixa a gordura e a pressão sanguínea;
- 5-Compensado de bambu: o laminado de bambu é produzido em maior escala na Ásia para fabricação de paredes e pisos, sendo que no Brasil as empresas que dispõem laminado geralmente importam da China<sup>1</sup>. Entretanto já há iniciativas de fabricação de máquinas próprias aqui no país;
- 6- Construção Civil: na habitação, a tecnologia desenvolvida permite a redução de custo e de tempo de construção de moradias populares. O sistema funciona com a pré moldagem de peças de micro concreto, obtida a partir da mistura de borracha de pneu e bambu moídos, cal, cimento e areia, adicionada à malha estrutural de bambu<sup>2</sup>. Porém, como material de construção, o bambu sofre todo o tipo de preconceito, tanto por desconhecimento das suas propriedades quanto pela ideia generalizada em nossa sociedade capitalista de que mercadorias produzidas por processos naturais, artesanais ou manufaturadas não agregam a si valores de qualidade, durabilidade e modernidade<sup>3</sup>;
- 7- Móveis: há pequenas e médias fábricas de móveis de bambu no Brasil, principalmente feitos de cana da Índia<sup>4</sup>;
- 8- Papel: o papel é o uso industrial do bambu de maiores proporções no mundo. Oferece seis vezes mais celulose que o pinheiro e cresce bem mais rápido. Suas fibras são muito resistentes e têm qualidade igual ou superior à fibra de madeira<sup>5</sup>;
- 9- Outras aplicações do bambu: artefatos decorativos (luminárias, cortinas de bambu, cestaria, esculturas); artefatos de cozinha (garfos, colheres, cabo de utensílios de cozinha); uso paisagístico; instrumentos musicais (baquetas de tambores japoneses, xilofone, saxofone, violões com tampo de bambu laminado, flautas andinas, flautas transversas), tanque rede, embalagens para garrafas, entre outros.

---

<sup>1</sup>Fett, (2005), citado por Martins e Guerreiro (2006);

<sup>2</sup>Dantas et al., (2005), citado por Martins e Guerreiro (2006);

<sup>3</sup>Pimentel, (1997), citado por Martins e Guerreiro (2006);

<sup>4</sup>Vasconcellos, (2006), citado por Martins e Guerreiro (2006);

<sup>5</sup>Victorino, (2006), citado por Martins e Guerreiro (2006).

### 3.2.4 Produtividade do bambu

As informações sobre produtividade do bambu são escassas na bibliografia, principalmente em relação a plantios no Brasil. Os principais estudos encontrados são referentes a plantações na Ásia.

A colheita do bambu tradicionalmente é não mecanizada e de trabalho intensivo, sendo apenas os polos mais maduros removidos seletivamente, ou pode ser colhida uma gama de idades de colmos, classificando mais tarde com base em densidade. Pesquisas na Índia apontam que o corte raso não danifica significativamente plantações de bambu (EL BASSAM, 1998), indicando possibilidade do uso de máquinas como colheitadeiras de cana-de-açúcar modificadas.

Para o *Phyllostachys bambusoides*, Isagi et al.(1993) apresenta produtividade de 24,6 T/ha/ano, incluindo folhas, reduzindo essa quantidade para 15,5 t/ha/ano quando excluídas as folhas (estudo em um período de 6 anos), e para o *Phyllostachys pubescens* de 18,1 t/ha/ano, quando incluídas as folhas. Para o *Phyllostachys pubescens*, incluiu também informação de produtividade de 33 t/ha/ano quando incluso peso de raízes e rizomas.

Em Zhejiang (China) em uma plantação seminatural de planície, foi identificada produtividade de biomassa acima do solo de 56 t/ha/ano (QIU et al., 1992).

A produtividade do bambu também apresenta variação grande quando consideradas a posição geográfica (latitude e longitude) e a altitude, em razão das variações climáticas, sendo que as diferentes espécies se adaptam de forma diferente a cada uma das regiões (SCURLOCK et al. 2000; GRECO et al. 2011).

Apesar de estar em desenvolvimento, a cadeia produtiva do Bambu no Brasil possui dificuldades logísticas, por estar muito dispersa (SILVA, 2012).

## 3.3 AGRICULTURA FAMILIAR

De acordo com os dados do IBGE (2009), a agricultura familiar é responsável pela produção da maior parte dos alimentos consumidos pelos

brasileiros, sendo que a maior parte das propriedades rurais também está ligada a ela.

Inúmeras são as oportunidades da agricultura familiar, no entanto também possui diversos desafios a enfrentar, em razão das escalas de produção, organização dos sistemas produtivos no meio social, assistência técnica, logística, regulamentações e acesso a mercados (PAULA et al. 2014).

A agricultura familiar vem resistindo e tentando se firmar em meio aos modelos modernos de agricultura, que se baseiam em insumos químicos e mecanização, nutrição de plantas e melhoramento genético. É comparada a um modo de vida, e não só a uma organização (PAULA et al. 2014).

Como importância nos aspectos sociais, a agricultura familiar vem opor a tendência que a sociedade brasileira tem em indicar que os que permanecem no campo são os que ainda não decidiram se aventurar no meio urbano (ABRAMOVAY, 1998).

Uma relação entre as questões de diversidade de produtos, segurança alimentar, valorização do ambiente e ao desenvolvimento local é feita com a agricultura familiar, que apesar de ter dificuldades em acessar mercados, possui essas características e assim proporciona renda (ALTAFIN, 2003).

O governo vem investindo em políticas instituídas na dimensão federal, como o Programa Nacional de Fortalecimento da agricultura Familiar (PRONAF), Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), ligados ao mercado institucional, que funcionam como catalisadores para o processo de fortalecimento da agricultura familiar (PAULA et al. 2014).

### 3.3.1 Sistemas agrossilviculturais

Sistemas agrossilviculturais são modelos de associação entre o plantio de árvores com culturas agrícolas. Esses sistemas beneficiam a estocagem na superfície terrestre de CO<sub>2</sub> capturado na atmosfera, sendo estratégicos na redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE). O incentivo a estes sistemas deve tornar as práticas agropecuárias ambientalmente mais sustentáveis (TORRES et al., 2014).

Diversas são as vantagens que podem ser observadas pela prática agrossilvicultural, quando comparada com o monocultivo florestal, sendo

algumas delas o controle de erosão, a manutenção da fertilidade do solo, melhoria de aspecto ambiental, e ainda os benefícios econômicos como demanda por mão de obra, diversidade de produtos, e redução nos custos de implantação (YOUNG, 1997; MATTOS, 2005).

### 3.3.2 Sustentabilidade

Deve-se considerar sustentabilidade como um conceito sistêmico, que possui relação com a continuidade de aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade, propondo que ocorra organização para que os membros da sociedade e suas economias possam preencher suas necessidades e expressar maior potencial no presente, e ao mesmo tempo preservar a biodiversidade e os ecossistemas naturais, planejando e agindo de forma a atingir pró-eficiência na manutenção desses ideais.

O significado de sustentabilidade tem variado ao longo do tempo em sintonia com a dinâmica social, econômica e política que circunscreve as relações entre a sociedade e a natureza (JATOBÁ et al., 2008), sendo que a relação entre consumo e política pode ser observada quando se presta atenção nas novas ideologias, discursos e movimentos sociais que propõem, como solução para o enfrentamento de problemas sociais e ambientais, práticas de consumo responsável, consciente, ético ou sustentável (PORTILHO et al., 2011).

Scurlock et. al. (2000) consideram que o bambu pode ser visto como um futuro promissor às culturas energéticas uma vez que possui alta taxa de crescimento, além de uma série de importantes características do combustível como baixo teor de cinzas, índice alcalino e taxa de aquecimento.

Há um peso importante na contribuição com renovação e empregabilidade em plantações de *Dendrocalamus giganteus*, no entendimento de mão de obra, tempo e espaço (BONILLA et al., 2010).

### 3.3.3 Potencial Econômico

O Brasil possui grande importância no cenário de suprimento alimentar no mundo e, além disso, possui demanda crescente a contribuir com a geração de energia renovável, e por isso precisa de mais investimento nos campos

científicos e tecnológicos em torno da agricultura. Os pequenos agricultores brasileiros precisam de acesso às informações, conhecimentos e inovações tecnológicas, além de apoio para que possam contribuir de forma ampliada nas crescentes demandas, pois o Brasil pode contribuir com a sustentabilidade da nova bioindústria (LOPES e CONTINI, 2012).

O potencial de aproveitamento das diversas fontes de biomassa é ainda ampliado pelo estudo das biorrefinarias como alternativa às refinarias convencionais, pela substituição do petróleo por biomassa (FAVARO e MIRANDA, 2013).

É ressaltado que o total de biomassa gerada pelos bambus é em média de 145 t/ha quando se considera a parte subterrânea e a parte aérea da planta, tanto por paquimorfos quanto por leptomorfos, sendo que a diferença existente entre as espécies é na distribuição da biomassa gerada (GRECO et al., 2011).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS

As amostras de bambu foram provenientes de um plantio da Empresa Projeto Bambu, localizado no distrito de Volta Grande, no município de Rio Negrinho, Santa Catarina, com coordenadas aproximadas latitude: 26°28'39.0"S, longitude: 49°35'01.0"W e altitude: 950m (Figura 3).

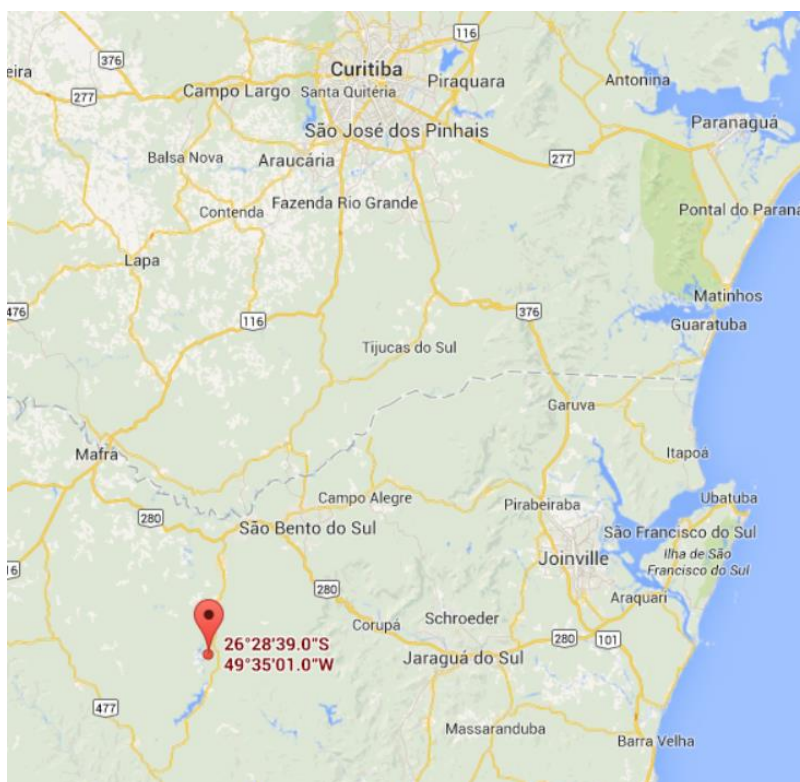


Figura 3 - CROQUI DE LOCALIZAÇÃO DOS PLANTIOS DOS BAMBUS  
Fonte: Google Maps.

O clima do município de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfb– clima subtropical sem estação seca, com temperatura média de até 22 °C, com médias mensais variando entre 12,3 °C no mês de julho e 20,4 °C nos meses de janeiro e fevereiro (ALVARES, 2013).

O solo predominante é do tipo cambissolo hálico Tb A moderado, com textura argilosa: alta saturação por alumínio trocável, argila de baixa atividade (Tb), horizonte A do tipo moderado com textura argilosa. O horizonte A tem espessura de 15 a 25 cm de bruno-amarelo escuro. A porcentagem de argila

na camada superficial é 41%, sendo 46% na subsuperficial. Os teores de silte são elevados apresentando média de 42% na camada superficial e 35% na subsuperficial. A areia é menos significativa com aproximadamente 17% na superficial e 12% na subsuperficial (EMBRAPA, 2004).

As espécies de bambu coletados (Figura 4) foram: o Madake (*Phyllostachys bambusoides*), o Hatiku (*Phyllostachys nigra cv henonis*), e o Mossô (*Phyllostachys pubescens*). Foram retiradas cinco hastes de cada espécie, sendo elas compostas por três colmos, com idade média de três anos. Cada colmo foi dividido em três partes iguais, sendo cada parte para um tipo de análise diferente: determinação da massa específica, das propriedades químicas e do poder calorífico. Perfazendo assim 15 ensaios de cada análise para cada uma das três espécies estudadas. Os ensaios foram realizados no laboratório de Energia e Biomassa do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, da Universidade Federal do Paraná.

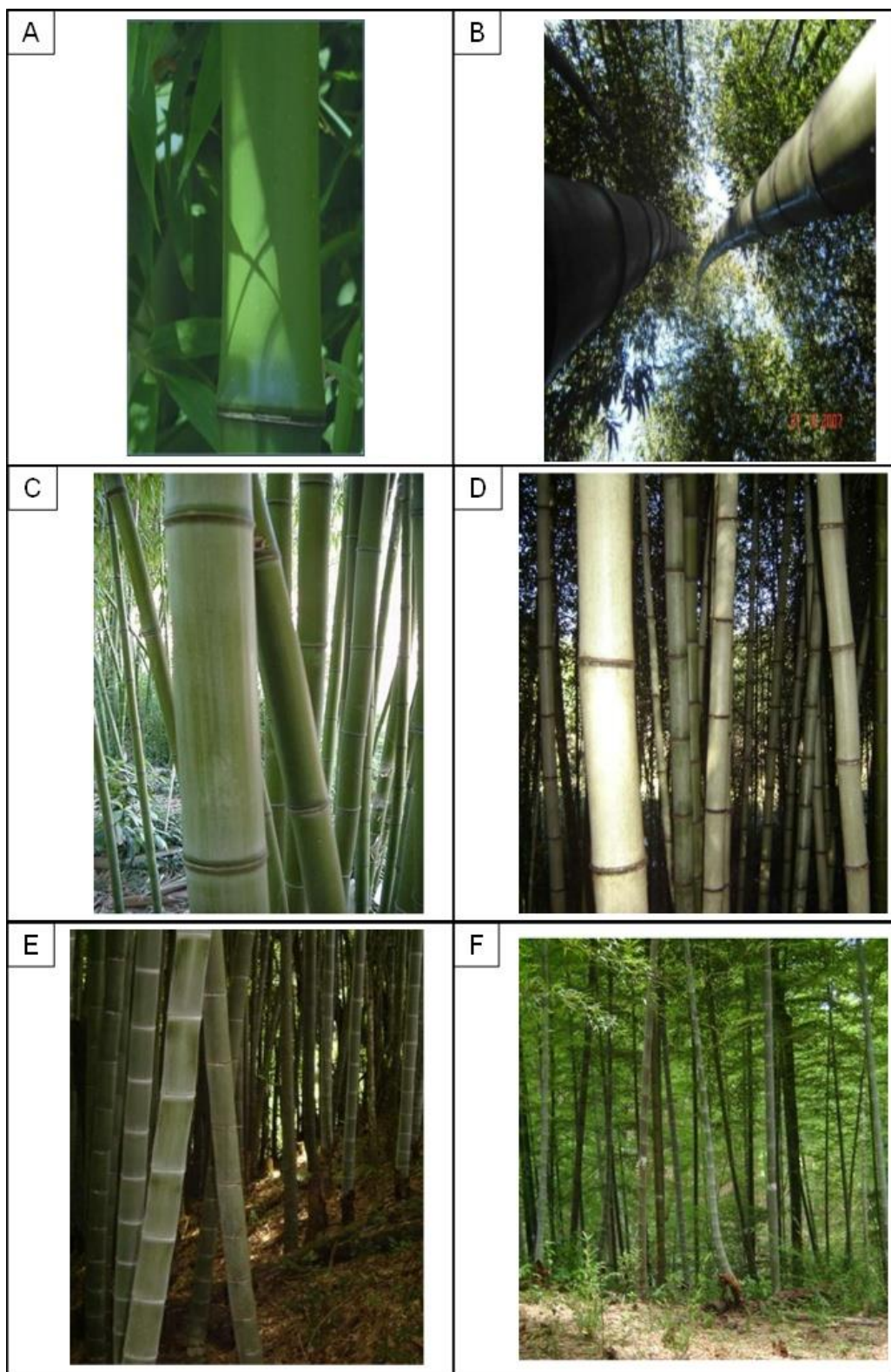


Figura 4 - Espécies de Bambu coletados para análise, A e B Madake; C e D Hatiku; E e F Mossô.  
Fonte: O Autor

## 4.2 MÉTODOS

O fluxograma dos procedimentos foi sintetizado na Figura 5. .

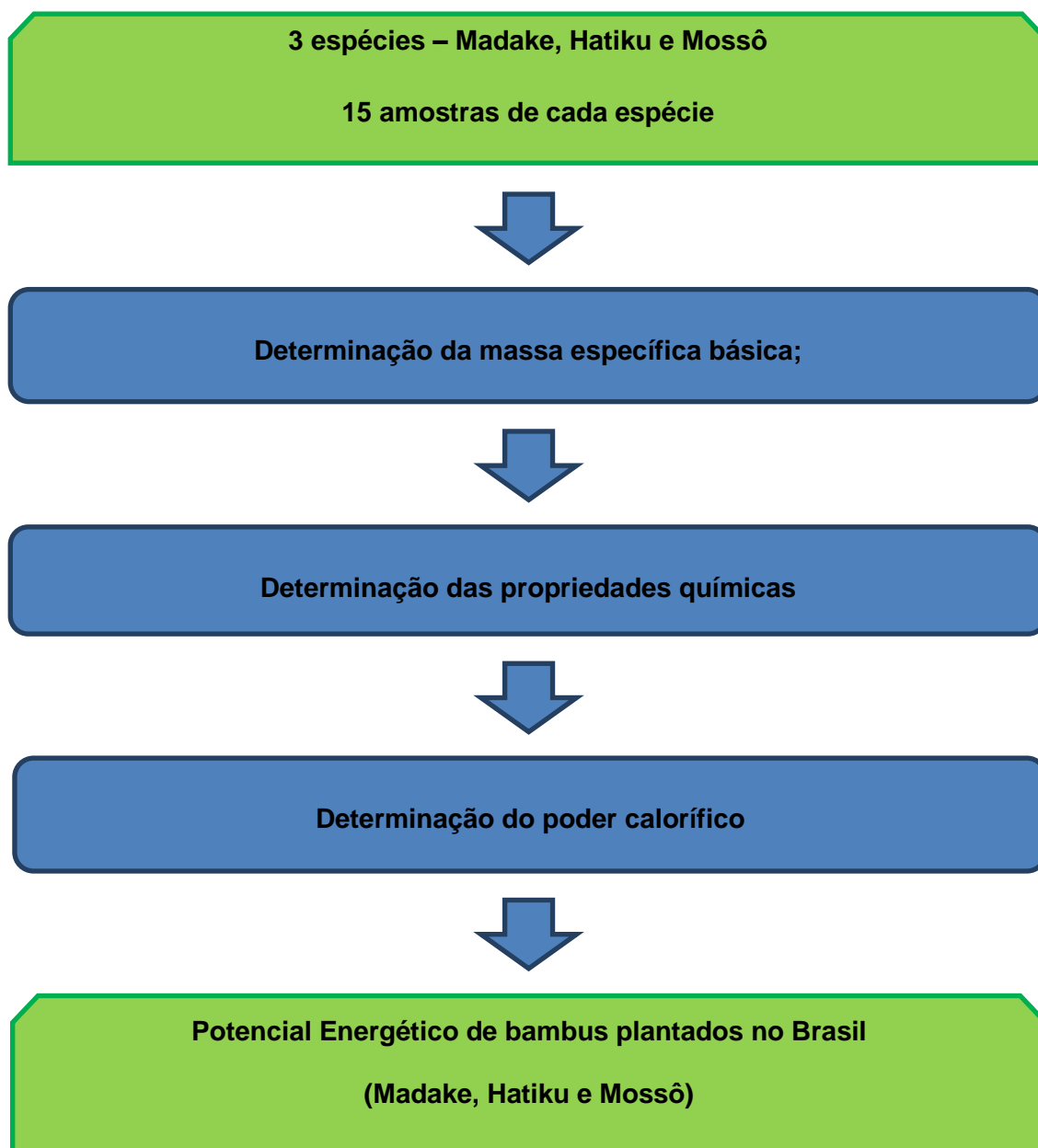


Figura 5 - Fluxograma da metodologia adotada no trabalho

Fonte: O Autor

#### 4.2.1 Determinação da massa específica básica

Para a determinação da massa específica básica utilizou-se a norma ASTM D 143-94 (*Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber – Method B, volume by water immersion*), as amostras foram seccionadas da seguinte maneira: 20 mm de largura, 40 mm de altura e a espessura de acordo com a parede do colmo do bambu. As amostras foram lixadas a fim de remover a casca externa e a parte interna a fim de obter superfícies homogêneas e aparentemente semelhantes.

#### 4.2.2 Determinação das propriedades químicas

As partes do colmo selecionadas para as análises químicas foram primeiramente transformadas em cavacos, posteriormente em serragem e classificadas. O preparo das amostras seguiu a norma TAPPI T264 (TAPPI, 2007). O teor de lignina foi determinado utilizando-se a norma TAPPI T222 (TAPPI, 2002); o teor de extrativos totais a norma TAPPI T204 (TAPPI, 1997) e o teor de cinzas foi determinado de acordo com a NBR 8112 (ABNT, 1983).

#### 4.2.3 Determinação do poder calorífico

Para determinação do poder calorífico superior, utilizou-se a norma ABNT NBR 8633 (ABNT, 1984). Para os ensaios utilizou-se uma bomba marca Ika Werke modelo C 5000 (Figura 6) com seu princípio de funcionamento adiabático, isoperibólico ou dinâmico. Os valores foram expressos em kcal/kg e as análises realizadas em duplicata (APÊNDICE1). As amostras utilizadas nos ensaios do poder calorífico superior foram preparadas desde a trituração para obtenção de cavacos, passando pela moagem para transformação em serragem e a tamisação para seleção de partículas. As partículas de madeira moídas classificadas abaixo de 60 mesh foram secas em estufa a  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  até massa constante.



Figura 6 - Bomba adiabática Ika Werke modelo C 5000  
Fonte: IKA

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

A massa específica média básica (Tabela 1) das espécies Madake, Hatiku e Mossô foi 0,78 g/cm<sup>3</sup>, 0,86 g/cm<sup>3</sup> e 0,79g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Em relação à densidade e Módulo de Ruptura (MOR), não houve diferença estatística entre as espécies. Para o Módulo de Elasticidade (MOE), a espécie Madake apresenta maior valor e o Mossô menor.

Desta forma, não houve variação entre a massa específica média nas diferentes amostras estudadas. Variações de produtividade podem também ser decorrentes de diversos fatores, como por exemplo, manejo, formas de cultivo, e as influências climáticas (GRECO et al. 2011).

Tabela 1 – Valores médios e coeficiente de variação (CV) da densidade (g/cm<sup>3</sup>), módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) de três espécies de bambu.

| <b>Bambu</b> | <b>Densidade<br/>(g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>CV (%)</b> | <b>MOR<br/>(MPa)</b> | <b>CV (%)</b> | <b>MOE<br/>(MPa)</b> | <b>CV (%)</b> |
|--------------|---|---------------|----------------------|---------------|----------------------|---------------|
| Madake       | 0,78 a                                  | 0,05          | 175,03 a             | 6,23          | 14055 a              | 8,61          |
| Hatiku       | 0,86 a                                  | 0,04          | 173,02 a             | 5,88          | 12016 ab             | 10,42         |
| Mossô        | 0,79 a                                  | 0,04          | 154,14 a             | 11,43         | 10692 b              | 10,84         |

Letras iguais na mesma coluna não existe diferença estatística pelo Teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

Fonte: o Autor.

Faz-se importante relatar que quanto maior a massa específica de uma determinada espécie melhor é o seu potencial energético e sua logística, uma vez que reduz espaços em transportes e aumenta a eficiência energética (MARTIN, 1997). Neste sentido a espécie que apresentou os melhores resultados de massa específica em todas as condições testadas foi o Hatiku, com média de 0,85 g/cm<sup>3</sup>.

Em estudos de Berndsen et al. (2009) o bambu da espécie Mossô apresentou massa específica de 0,67 g/cm<sup>3</sup> para um bambu com idade aproximada de três anos. Neste estudo, a variação média da espécie apresentou massa específica de 0,79 g/cm<sup>3</sup>. A Tabela 2 apresenta uma comparação da média de massa específica básica encontrada neste estudo em comparação a outras espécies florestais.

TABELA 2 – Comparação da massa específica de diferentes espécies florestais, com as espécies de bambu estudadas.

| Espécie                               | Resultado<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Referência                |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| <i>Phyllostachys bambusoides</i>      | 0,78                              | Autor                     |
| <i>Phyllostachys nigra cv henonis</i> | 0,86                              | Autor                     |
| <i>Phyllostachys pubescens</i>        | 0,79                              | Autor                     |
| <i>Phyllostachys pubescens</i>        | 0,67                              | BERNSEN et al., 2009      |
| <i>Pinus elliottii</i>                | 0,41                              | SANTINI et al., 2000      |
| <i>Pinus taeda</i>                    | 0,41                              | SANTINI et al., 2000      |
| <i>Araucaria angustifolia</i>         | 0,40                              | SANTINI et al., 2000      |
| <i>Mimosa scabrella</i>               | 0,55                              | LISBÃO JR., 1981          |
| <i>Eucalyptus viminalis</i>           | 0,45                              | LISBÃO JR., 1981          |
| <i>Mimosa scabrella</i>               | 0,54                              | PEREIRA e LAVORANTI, 1986 |
| <i>Eucalyptus pellita</i>             | 0,56                              | OLIVEIRA et al., 2010     |

Fonte: adaptado pelo Autor

Os resultados médios de massa específica básica, encontrados para as três espécies estudadas foram superiores aos resultados das espécies de rápido crescimento (pinus, eucalipto e bracatinga). A *Mimosa scabrella* (Bracatinga) é uma espécie de relevância para fins energéticos no Brasil, devido ao seu potencial energético e ao rápido crescimento.

Pereira e Lavoranti (1986) estudaram a Bracatinga de três diferentes cidades, encontrando resultado de massa específica médio de 0,54 g/cm<sup>3</sup>, muito próximo ao encontrado por Lisbão Jr. (1981) que obteve uma massa específica básica de 0,55 g/cm<sup>3</sup>, representando os melhores valores de massa específica, junto com o *Eucalyptus pellita*, estudado por Oliveira et al. (2010), que apresentou resultado de 0,56 g/cm<sup>3</sup>.

Já o *Eucalyptus viminalis* também estudado por Lisbão JR. (1981) apresentou resultado de massa específica básica de 0,45 g/cm<sup>3</sup>, muito mais próximo dos resultados encontrados por Santini et al. (2000) para o *Pinus elliottii* e para o *Pinus taeda* de aproximadamente 0,41g/cm<sup>3</sup> e para a *Araucaria angustifolia* de 0,40 g/cm<sup>3</sup>.

Considerando diversas espécies de madeira tropical relacionadas por Quirino et al. (2005) com os resultados de diversos autores, a massa específica encontrada para as amostras de bambu utilizadas nesse trabalho se equivale à densidade de algumas espécies que possuem um alto tempo de crescimento e baixa domesticação (espécies tropicais), diferindo significativamente das

espécies mais domesticadas e com menor tempo de crescimento, como o pinus, eucalipto e bracatinga.

Ao relacionar a massa específica básica com o poder calorífico pode-se indicar uma vantagem para os bambus, pois a quantidade de tecido lenhoso influencia no calor gerado na combustão, então massas específicas maiores indicam maior poder calorífico por unidade volumétrica (BRITO e BARRICHELO, 1982).

Esses valores de massa específica básica demonstram também uma vantagem logística para as três espécies de bambu estudadas, considerando que a massa específica influencia nos custos logísticos para lenha ou biomassa, onde densidades muito baixas acabam elevando o valor de transporte, pois são necessários grandes volumes para que se atinjam grandes pesos (MARTIN, 1997).

Neste estudo, as análises de massa específica básica mostraram-se superiores quando em comparação a diversos outros trabalhos. É possível, desta forma, pensar que as espécies de bambu tem sim um potencial energético significativo a ser considerado mostrando-se como fonte promissora no cenário energético.

## 5.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS

Os valores encontrados para as propriedades químicas (Tabela3) demonstram variação percentual entre as três espécies analisadas em relação às propriedades que influenciam diretamente no processo de queima como a holocelulose e a lignina que apresentaram valores percentuais médios de 56,12%, 52,18%, 44,96%; 21,26%, 23,83% e 23,53%, respectivamente.

Tabela 3 – Composição química média dos bambus

| <b>Composição química (%)</b> | <b>Madake</b> | <b>Hatiku</b> | <b>Mossô</b> |
|-------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| Teor de voláteis              | 76,18 b       | 78,62 a       | 77,06 c      |
| Carbono Fixo                  | 22,21 b       | 20,57 a       | 21,61 c      |
| Teor de Cinzas                | 1,61 b        | 0,81 a        | 1,32 c       |
| Teor de Lignina               | 21,26         | 23,83         | 23,53        |
| Teor de Holocelulose          | 56,12         | 52,18         | 44,96        |

Letras iguais na mesma coluna não existe diferença estatística pelo Teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

Fonte: O Autor

Os valores das propriedades químicas analisadas estão próximos aos relatados na literatura (LI, 2004). O teor de lignina para as espécies estudadas variou entre 21 e 23%, valores muito próximos aos encontrados para o *Phyllostachys nigra* (HIGUCHI, 1987; LI, 2004). Comparando estes valores com outras espécies florestais (Tabela 4), ressalta-se o teor de lignina, apesar de inferior para o *Pinus elliottii* e *Eucalyptus saligna*, tem percentuais bastante elevados na comparação com *Bambusa vulgaris*, que apesar de não ser nativo brasileiro, pois tem sua origem na China, é amplamente utilizado no Brasil.

Tabela 4 – Teor de lignina em diferentes espécies

| Espécie                               | Lignina (%) | Referência                            |
|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| <i>Phyllostachys bambusoides</i>      | 21,3        | Autor                                 |
| <i>Phyllostachys nigra cv henonis</i> | 23,9        | Autor                                 |
| <i>Phyllostachys pubescens</i>        | 23,5        | Autor                                 |
| <i>Phyllostachys heterocycla</i>      | 26,1        | Higuchi, (1955) citado por Li, (2004) |
| <i>Phyllostachys nigra</i>            | 23,8        | Higuchi, (1955) citado por Li, (2004) |
| <i>Phyllostachys reticulata</i>       | 25,3        | Higuchi, (1955) citado por Li, (2004) |
| <i>Bambusa vulgaris</i>               | 14,5        | Beraldo e Azzini, (2004)              |
| <i>Eucalyptus saligna</i>             | 25,5        | Beraldo e Azzini, (2004)              |
| <i>Pinus elliottii</i>                | 26,0        | Beraldo e Azzini, (2004)              |
| <i>Mimosa scabrella</i>               | 23,7        | Pereira e Lavoranti, (1986)           |

Fonte: adaptado pelo Autor

O resultado médio do teor de lignina de 23,7% para a *Mimosa scabrella* (Bracatinga) é muito próximo aos resultados obtidos para os bambus analisados (PEREIRA e LAVORANTI, 1986). Também se compara esse teor de lignina com os das espécies estudadas por Higuchi (1955) citado por Li (2004).

O teor de holocelulose variou de 45% a 56% nas amostras analisadas, compara-se com os três materiais estudados por Beraldo e Azzini (2004) cujo teor de celulose variou de 49% a 55% e com os resultados de Higuchi (1955) citado por Li (2004), que apresenta valores de celulose para *Phyllostachys heterocycla* de 49,1%, *Phyllostachys nigra* 42,3% e *Phyllostachys reticulata* de 25,3%.

Para o teor de cinzas encontrado nas três espécies estudadas o Madake apresentou valor de 1,61%, o Hatiku 0,81% e o Mossô 1,32%. Quando

comparados com outras espécies (Tabela5) os resultados obtidos para o Madake, Hatiku e Mossô demonstraram que as espécies possuem menor teor de cinzas quando comparado com as espécies *Phyllostachys nigra*, *Phyllostachys reticulata*, *Bambusa vulgaris*, *Mimosa scabrella* (PEREIRA e LAVORANTI, 1986), casca de palmito, fibra de coco, fibra de dendê e palmito.

JENKINS et al. (1998) aponta em seus estudos que quando do uso para fins energéticos, as cinzas que apresentarem menor índice percentual reduzem problemas como, por exemplo, limpeza de equipamentos, aspectos operacionais entre outros, o que pode neste contexto, apontar vantagem no baixo teor de cinzas encontrado nas espécies aqui estudadas.

Tabela 5 – Teor de cinzas em diferentes espécies.

| Espécie                               | Cinzas (%) | Referência                        |
|---------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| <i>Phyllostachys bambusoides</i>      | 1,6        | Autor                             |
| <i>Phyllostachys nigra cv henonis</i> | 0,8        | Autor                             |
| <i>Phyllostachys pubescens</i>        | 1,3        | Autor                             |
| <i>Phyllostachys heterocycla</i>      | 1,3        | Higuchi, 1955 citado por Li, 2004 |
| <i>Phyllostachys nigra</i>            | 2,0        | Higuchi, 1955 citado por Li, 2004 |
| <i>Phyllostachys reticulata</i>       | 1,9        | Higuchi, 1955 citado por Li, 2004 |
| <i>Dendrocalamus giganteus</i>        | 1,1        | Marinho et al. 2012               |
| <i>Bambusa vulgaris</i>               | 1,8        | Beraldo e Azzini, 2004            |
| <i>Eucalyptus saligna</i>             | 0,3        | Beraldo e Azzini, 2004            |
| <i>Pinus elliottii</i>                | 0,3        | Beraldo e Azzini, 2004            |
| <i>Mimosa scabrella</i>               | 1,9        | Pereira e Lavoranti, 1986         |
| <i>Mimosa scabrella</i>               | 0,5        | Lisbão Jr., 1981                  |
| Casca de palmito                      | 5,9        | Feitosa Netto et al., 2006        |
| Fibra de coco                         | 4,7        | Feitosa Netto et al., 2006        |
| Fibra de dendê                        | 4,2        | Feitosa Netto et al., 2006        |
| Palmito                               | 6,1        | Feitosa Netto et al., 2006        |

Fonte: adaptado pelo Autor

Feitosa Netto et al. (2006) realizou ensaio com 43 espécies de biomassas da Amazônia, obtendo resultados que variaram de um percentual de cinzas quase nulo, até aproximados 14%, destacando-se a casca de palmito com 5,86%, fibra de coco com 4,73%, fibra de dendê 4,20% e palmito com 6,12%. Essas espécies são comentadas, uma vez que são coprodutos de outros processos produtivos, e por isso devem ter destinação correta, que usualmente é a geração de energia.

A importância do teor de cinzas também é ressaltada por Brand et al. (2009), que explica que o preço da biomassa na empresa Tractebel Energia S/A possui cálculo baseado no teor de cinzas e no poder calorífico líquido (PCL), além dos custos logísticos, e identifica que o teor de referência de cinzas para as diversas biomassas varia de 1% a 8%.

Os resultados demonstram que os materiais estudados possuem características positivas para geração de energia, as propriedades químicas avaliadas, apresentam características equivalentes a outros materiais. Com a vantagem de possuir um alto teor de lignina, num curto prazo de crescimento (GRECO et al., 2011; NAKAJIMA et al., 2011; OKAHISA et al., 2011).

### 5.3 PODER CALORÍFICO

O teor de umidade encontrado para as três espécies teve variação, de acordo com a Tabela 6, e é verificado para possibilitar os cálculos de poder calorífico, identificando os resultados do potencial energético dos materiais.

TABELA 6- Valores médios para teores de umidade dos materiais, conforme recebidos no laboratório.

| Espécies | Base seca |               |        | Base úmida |               |        |
|----------|-----------|---------------|--------|------------|---------------|--------|
|          | Média (%) | Desvio Padrão | CV (%) | Média (%)  | Desvio Padrão | CV (%) |
| Madake   | 56,69     | 3,75          | 6,61   | 36,16      | 1,52          | 4,20   |
| Hatiku   | 41,63     | 1,43          | 3,43   | 29,39      | 0,71          | 2,41   |
| Mossô    | 50,83     | 2,24          | 4,40   | 33,69      | 0,98          | 2,91   |

Fonte: o Autor

Os resultados encontrados para análise de poder calorífico (Tabela 7) comprovam que as três espécies têm um bom potencial energético, e que apesar da variação de uma espécie para a outra, se considerados os desvios padrão, elas podem apresentar resultados muito parecidos no uso em escala industrial.

Tabela 7- Valores médios para poder calorífico superior, inferior (na base seca)

| Espécies | Poder calorífico superior (PCS) |                   |                | Poder calorífico inferior (PCI) |                   |                |
|----------|---------------------------------|-------------------|----------------|---------------------------------|-------------------|----------------|
|          | Média (kcal/kg)                 | Desvio padrão (%) | Coef. Var. (%) | Média (kcal/kg)                 | Desvio padrão (%) | Coef. Var. (%) |
| Madake   | 4588,1 a                        | 50,84             | 1,11           | 4281,1 a                        | 124,08            | 2,91           |
| Hatiku   | 4569,9 a                        | 43,16             | 0,94           | 4266,0 a                        | 77,62             | 1,81           |
| Mossô    | 4575,5 a                        | 45,92             | 1,00           | 4241,2 a                        | 97,52             | 2,30           |

Letras iguais na mesma coluna não existe diferença estatística pelo Teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

Fonte: O autor

A Tabela 8 apresenta os resultados de Poder calorífico de diferentes espécies, sendo que com os resultados obtidos, é possível analisar que as três espécies se enquadram como medianas em poder calorífico superior, apresentando resultado maior do que as espécies de *Eucalyptus* spp. e *Eucalyptus*. e menor do que os resultados encontrados para o *Pinus elliottii*, *Eucalyptus grandis* e *Mimosa scabrella*.

Tabela 8 – Poder calorífico Superior de diferentes espécies.

| Materiais                             | Poder calorífico superior Média (kcal/kg) | Referência                               |
|---------------------------------------|---|--|
| Palha de milho                        | 3.570                                     | Quirino et al. (2005)                    |
| Bagaço de cana-de-açúcar              | 3.700                                     | Quirino (2005)                           |
| Casca de arroz                        | 3.730                                     | Quirino (2005)                           |
| <i>Eucalyptus</i> spp                 | 4.217                                     | Jara (1989)                              |
| <i>Bambusa emeienses</i>              | 4.368                                     | Engler et. Al (1989)                     |
| <i>Eucalyptus</i> sp                  | 4.525                                     | Quirino (2005)                           |
| <i>Phyllostachys nigra cv henonis</i> | 4.570                                     | Autor                                    |
| <i>Phyllostachys pubescens</i>        | 4.576                                     | Autor                                    |
| <i>Phyllostachys bambusoides</i>      | 4.588                                     | Autor                                    |
| <i>Phyllostachys pubescens</i>        | 4.610                                     | Liu et al. (2012) ; Nagano et al. (2009) |
| <i>Pinus elliottii</i>                | 4.786                                     | Jara (1989)                              |
| <i>Eucalyptus grandis</i>             | 4.790                                     | Jara (1989)                              |
| <i>Mimosa scabrella</i>               | 4.890                                     | Farinhaque (1981)                        |

Fonte: adaptado pelo Autor

Com relação a outras espécies de bambu estudadas, o poder calorífico superior encontrado teve valores aproximados, principalmente na comparação com o próprio Mossô, que foi estudado por Nagano et al. (2009) e Liu et al. (2012) com valor aproximado de 4.610 kcal/kg.

Os resultados encontrados para o poder calorífico das três espécies analisadas indicam que esses materiais possuem potencial para a substituição às demais espécies vegetais, que são mais comumente utilizadas, no que diz respeito exclusivamente a esta propriedade. No entanto, o potencial energético não está somente atrelado ao poder calorífico, devendo inclusive o plantio ser adequado, para propiciar uma menor variação de todas as propriedades que podem influenciar no potencial energético.

Das três espécies em estudo, o Madake foi o que apresentou a melhor propriedade de poder calorífico superior, porém quando aplicados os coeficientes de variação e o teste de Tukey, nota-se que as três espécies não possuem diferenças significativas. Ressalta-se que para o bambu, o poder calorífico também está atrelado a uma condição de rápida lignificação e alta quantidade de biomassa gerada.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

As espécies analisadas apresentam potencial para a utilização como matéria prima para a produção de energia, sendo indicados para a composição da matriz de biomassa brasileira.

A massa específica básica encontrada foi superior a diversas outras espécies florestais, demonstrando potencial para melhores condições nos custos logísticos.

Os resultados das propriedades químicas também são positivos em seus diversos itens, sendo a lignina equivalente a outras espécies e o teor de cinzas inferior aos índices aceitáveis pela indústria.

O poder calorífico apresentado confirma os demais resultados obtidos, validando as três espécies estudadas como potenciais matérias primas para a produção de energia.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Avaliação das propriedades anatômicas destas espécies, para verificar variações da massa específica ao longo do colmo em diferentes idades, quando da utilização apenas dos resíduos de outros processos produtivos com o bambu.

A avaliação da produtividade por área, uma vez que o tempo de maturidade para corte é apresentado pela literatura como sendo muito menor do que para as demais espécies utilizadas para produção de energia.

Com os estudos de produtividade, pode ser estudada aplicação prática de plantio em pequena escala, e em consórcio com outras culturas, na agricultura familiar.

Maiores estudos também devem ser aplicados para dimensionar o potencial de toda a cadeia produtiva do bambu na agricultura familiar, pois deve-se entender melhor o valor agregado e demanda dos coprodutos do bambu, facilitando o acesso à biomassa residual para a obtenção de energia.

Especial atenção deve ser dada aos custos de manutenção de equipamentos em razão do teor de cinzas na biomassa, para o melhor entendimento dos impactos negativos que podem ser gerados por essa característica.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **Agricultura familiar e desenvolvimento territorial**. Reforma Agrária – Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária. São Paulo, 1998.
- ADAMSON, W. C., et al. **Bamboo Production Research at 12**. Savannah, Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1978.
- AHMAD, M. **Analysis of calcutta bamboo for structural composite Materials**. Dissertação, wood science and forest products. Malaysia, 2000.
- ALTAFIN, I. G. **Sustentabilidade, políticas públicas e agricultura familiar: uma apreciação sobre a trajetória brasileira**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento sustentável). CDS/UNB. Brasília, 2003.
- ALVARES, C. A., et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- American Society for Testing and Materials. **ASTM D 143-94. Standard test methods for small clear specimens of timber**. Philadelphia: ASTM, 1995. 31p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8112: Carvão vegetal - Análise imediata**. Rio de Janeiro, 1983.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 8633: Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico - método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1984.
- AZZINI, A. et al. **Variações dos teores de fibras celulósicas e amido no colmo de bambu**. Bragantina, 1987.
- BARBOSA, F. M., et al. **Produção de Carvão de Bambu: uma Alternativa Viável e Ambientalmente Sustentável**. Conferência Internacional Ciclo de Vida. São Paulo, 2007.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: Características e aplicações**. Guaíba: Livraria Editora Agropecuária, 2004.
- BERNSEN, R. S. et al. **Propriedades físicas do bambu-Mossô (*Phyllostachys Pubescens Masel ex H. de Lehai*) em diferentes idades e posições do colmo**. Curitiba: Floresta, 2009.
- BONILLA, S. H., et al. **Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labour, time and space**. Journal of Cleaner Production. São Paulo, 2010.

BORGES, M. A. S. **Direito fundamental do acesso à energia na era da globalização**. Curitiba: Unibrasil, 2010.

BRAND, M. A. et al. **Parâmetros de controle e preço da biomassa florestal para a geração de energia**. Lages: Revista Pesquisa e desenvolvimento da Aneel, 2009.

BRAND, M. A. et al. **Produção de biomassa para geração de energia em povoamentos de *Pinus taeda* L. com diferentes idades**. Revista Árvore. Viçosa, 2014

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Aspectos Técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis**. São Paulo: 2º Seminário de Abastecimento Energético Industrial com Recursos Florestais, 1982.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia**. São Paulo, Instituto de Pesquisas e estudos Florestais, 1979.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: Interscience, 1963.

CHUNG, Z.F. **The Production and utilization of bamboo forest in China**. Hangzhou: CBRC-China National Bamboo Research Center, 2003.

CORDEIRO, G. C. et al. **Influência da substituição parcial de cimento por cinza ultrafina da casca de arroz com elevado teor de carbono nas propriedades do concreto**. Porto alegre, Ambiente Construído, 2009.

COSTA, T. M. S. **Estudo de viabilidade econômica para produção de carvão vegetal a partir de bambu da espécie *Bambusa Vulgaris***. USP. São Paulo, 2003.

DOSSA, D. et al. **Produção e rentabilidade de pinus em empresas florestais**. Colombo, Embrapa, 2001.

EL BASSAM, N. **Energy Plant Species: their use and impact on environment and development**. London, James and James, 1998.

EMBRAPA. **Solos do estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 745p.

ENGLER, B. et al. **Suitability of Bamboo as an Energy Resource: Analysis of Bamboo Combustion Values Dependent on the Culm's Age**. International journal of Forest Engineering. Londres, 2013.

FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*), e aspectos gerais de combustão**. FUPEF. Curitiba, 1981.

FARRELY, D. **The book of Bamboo**. San Francisco: Sierra Club Books, 1938.

FAVARO, S. P.; MIRANDA, S. H. B. **Aproveitamento de Espécies Nativas e seus Coprodutos no contexto de Biorrefinaria**. EMBRAPA. Brasília, 2013.

FEITOSA NETTO, G. B. et al. **Caracterização energética de biomassas amazônicas**. Campinas: Encontro de energia no meio rural, 2006.

FILGUEIRAS, T.; GONÇALVES, A. P. S. **A checklist of the basal grasses and bamboos in Brazil (Poaceae)**. Louisiana: The Journal of the American Bamboo Society, 2004.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. S. **Tupi-Guarani: Fonte de Informações sobre bambus nativos do Brasil**. Guarapuava: Heringeriana, 2007.

FOLETTTO, E. L. et al. **Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz**. Química Nova, 2005.

FREIRE, W.J.; BERALDO, A.L. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas, UNICAMP, 2003.

FUJII, T. **Cell-wall structure of the culm of Azumanezasa (*Pleioblastus chino* Max.)**. Japão, Mokuzai Gakkaishi, 1985.

GHAVAMI, K. **Bambu as reinforcement in structural concrete elements**. Rio de Janeiro: Cement & Concrete Composites, 2004.

GIELIS, J. **Future possibilities for bamboo in European agriculture**. Rijkevorsel, 2002.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/26%C2%B028'39.0%22S+49%C2%B035'01.0%22W/@-26.4775,-49.5836111,13z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0x0> Acessado em 03/03/2014.

GRECO, T. M. et al. **Bambu – Cultivo e Manejo**. Florianópolis: Insular, 2011.

HIDALGO, O. **Bamboo. The gift of the gods**. Bogotá, 2003.

HIGUCHI, T. **Chemistry and Biochemistry of Bamboo**. Bamboo Journal, 1987.

HONG, C. et al. **Comparative Growth, Biomass Production and Fuel Properties Among Different Perennial Plants, Bamboo and Miscanthus**. Dong Hu: Springer, 2011

IBGE. **Agricultura Familiar: primeiros resultados. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Censo Agropecuário de 2006. Rio de Janeiro, 2009.

IKA. **Pacote C 5000 control 1/10**. Disponível em: [http://www.ika.com/owa/ika/catalog.product\\_detail?iProduct=8803000](http://www.ika.com/owa/ika/catalog.product_detail?iProduct=8803000)  
Acessado em 24/05/2014.

ISAGI, Y. et al. **Biomass and net production in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand**. Ecological Research, 1993.

JAHN, G. Microcurso M-20- **El Humilde Bambú- “Acero Vegetal”**. Segundo Congreso Virtual de Arquitectura. Caracas, 2001.

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

JATOBÁ, S.U. S. et al. **Ecologismo, Ambientalismo, e Ecologia Política: Diferentes visões da sustentabilidade e do território**. Brasília: Sociedade e Estado, 2008.

JENKINS, B. M. et al. **Combustion properties of Biomass**. Fuel Processing Technology, 1998.

JIANG, Z. et al. **The pyrolysis characteristics of moso bamboo**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Beijing, 2012.

JUDZIEWICZ et al. **American Bamboos**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1999.

LAN, B. et al. **A study in the energy structure of *Phyllostachis pubescens* stand**. Fujian, Journal of Fujian College of forestry, 1999.

KLOCK, H. et al. **Química da Madeira** (3ª ed. revisada). Curitiba, UFPR, 2005.

LI, A. **Physical, chemical and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing**. Dissertação (Mestrado em ciências da escolar de recursos naturais renováveis). Louisiana, 2004.

LIMA, D. D. et al. **Análise comparativa da estabilidade dimensional de 02 espécies de bambu ocorrentes na Amazônia ocidental**. Rio Branco, XX mostra de iniciação científica e X Mostra de pesquisa em Pós-Graduação, 2011.

LIU, Z. et al. **A comparative study of thermal properties of *sinocalamusaffinis* and moso bamboo**. Budapest, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012.

LISBÃO JR., L. **Bracatinga como fonte energética**. Curitiba: Embrapa - Unidade regional de pesquisa florestal centro-sul (URPFCS), 1981.

LONDOÑO, X. **Evaluation of bamboo resources in Latin America**. Cali: International Network for Bamboo and Rattan, 1998.

LOPES, N. A.; CONTINI, E. **Agricultura, sustentabilidade e tecnologia**. Embrapa. Brasília, 2012.

MARINHO, N. P. **Análise química do bambu-gigante (*Dendrocalamus giganteus* Wall. ex Munro) em diferentes idades**. Santa Maria, Ciência Florestal, 2012).

MARTIN, N. B. et al. **Sistema “CUSTAGRI”: sistema integrado de custos agropecuários**. São Paulo: IEA/SAA, 1997.

MARTINS, R.; GUERREIRO, L. **Resposta Técnica**. Serviço Brasileiro de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: SBRT, 2006. Disponível em <<http://www.sbrt.ibict.br/>> Acesso em: 09/03/2014)

MATTOS, L. C. **Formulação de hipóteses na busca da sustentabilidade dos sistemas agrícolas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 2005.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional**. 2013. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BE N/2\\_-\\_BEN\\_-\\_Ano\\_Base/1\\_-\\_BEN\\_Portugues\\_-\\_Inglxs\\_-\\_Completo.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BE N/2_-_BEN_-_Ano_Base/1_-_BEN_Portugues_-_Inglxs_-_Completo.pdf)> Acesso em: 13/03/2014.

MOREIRA, A. C. O. **Caracterização de *Bambusa vulgaris* Schard. ex J. C. Wendl. var. *vulgaris*, e dos resíduos de caldeira no processo de conversão térmica de energia**. Brasília, dissertação (Mestrado em ciências florestais), 2012.

NAGANO, M. et al. **Utilization of bamboo forest for a district energy resource: an example of *Phyllostachys pubescens***. Japan, Social Society for Social Management, 2009.

NAKAJIMA, M. et al. **Studies on bamboo for sustainable and advanced utilization**. Nagoya: Energy, 2011.

National Mission on Bamboo applications (NMBA). **Bamboo-based Charcoal production**. New Delhi: IS 03 09/05, 2005.

NUMATA, M. **Conservational implications of bamboo flowering and death in Japan**. Chiba: Biological Conservation, 1970.

OKAHISA, Y. et al. **Effects of delignification in the production of plant-based cellulose nanofibers for optically transparent nanocomposites**. Tsurukabuto: Composites Science and technology, 2011.

OLIVEIRA, A. C. et al. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell.** Piracicaba: Scientia Forestalis, 2010.

PAULA, M. M. et al. **Mercados institucionais na agricultura familiar dificuldades e desafios**. Revista de política agrícola. Brasília, 2014.

PEREIRA, J. C. D.; LAVORANTI, O. J. **Comparação da Qualidade da madeira de três procedências de *Mimosa Scabrella Benth* para fins energéticos.** Colombo: Boletim de Pesquisa Florestal, 1986.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO. A. L. **Bambu de corpo e alma.** Bauru, Canal 6, 2008.

PIMENTEL, M. A. **O bambu e os desafios do Brasil.** 1997. Disponível em: <<http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/O%20Bambu%20e%20os%20Desafios%20do%20Brasil%20-%20Pimentel.PDF>> Acesso em: 09/03/2014.

PORTILHO, F. et al. **A alimentação no contexto contemporâneo: consumo, ação política e sustentabilidade.** Rio de Janeiro: UFRRJ, 2011.

PRESZNHUK, R. A. O. **Estudo de viabilidade do filtro de carvão de bambu como pós tratamento em estação de tratamento de esgoto por zona de raízes: tecnologia ambiental e socialmente adequada.** Curitiba: Dissertação (Mestrado em Tecnologia), CEFET-PR, 2004.

QIU, G.X. et al. **Bamboo in sub-tropical eastern China.** In: **Primary Productivity of Grass Ecosystems of the Tropics and Subtropics.** London, Chapman and Hall, 1992.

QUIRINO, W. F. et al. **Poder calorífico da madeira e de materiais ligno celulósicos.** Brasília, DF: Revista da Madeira, 2005.

SANTINI, E. J. et al. **Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas florestais plantadas.** Santa Maria: Ciência Florestal, 2000.

SCURLOCK, J. M. O. et. Al. **Bamboo: an overlooked biomass resource.** Oak Ridge: Biomass and Bioenergy, 2000.

SILVA, M. J. P. C. **O bambu e a sustentabilidade.** Universidade Cândido Mendes. Rio de Janeiro, 2012.

SPOLIDORO, P. V. **Características dendrométricas e propriedades físicas dos colmos de *Bambusa vulgaris* e *Bambusa tuldoides*.** Rio de Janeiro: Monografia (Graduação em Engenharia florestal), UFRRJ, 2008.

TAMOLANG, F. N., et al. **Properties and Utilization of Philippine Erect Bamboos.** Singapore, IDRC – Ottawa, 1980.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). **T 204CM: Solvent extractives of wood and pulp.** Georgia, 1997.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). **T 222 OM: Acid-insoluble lignin in wood and pulp.** Peachtree Corners, 2002.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). **T 264 CM: Preparation of wood for chemical analysis**. Peachtree Corners, 2007.

TORRES, C. M. M. E., et al. **Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono**. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, 2014.

VOGTLÄNDER, et al. **The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use**. Delft: Journal of cleaner production, 2010.

YOUNG, A. **Agroforestry for Soil Management**. 2. ed. ICRAF. Nairobi, 1997.

YUMING, Y.; CHAOMAO H. **China's bamboo culture, resources, cultivation, utilization**. China: Rede internacional de bambu e ratan, 2010.

**APÊNDICES**

|  |    |
|--|----|
| APÊNDICE 1 – HATIKU - RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO..... | 54 |
| APÊNDICE2 – MADAKE- RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO.....   | 55 |
| APÊNDICE3 – MOSSÔ - RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO.....   | 56 |

## APÊNDICE 1 – HATIKU - RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO

| Amostra   | PCS (kcal/kg) | m (g)  | média | desvio | coef. Variação | H2O    | H           | H%   | média | desvio | coef. Variação | PCI  | média | desvio | coef. Variação |
|-----------|---------------|--------|-------|--------|----------------|--------|-------------|------|-------|--------|----------------|------|-------|--------|----------------|
| Hatiku 1A | 4633          | 0,4286 | 4610  | 33     | 0,71           | 0,1793 | 0,019922222 | 4,65 | 5,60  | 1,347  | 24,04          | 4382 | 4308  | 105    | 2,443          |
|           | 4587          | 0,4302 |       |        |                | 0,2537 | 0,028188889 | 6,55 |       |        |                | 4233 |       |        |                |
| Hatiku 1B | 4537          | 0,3930 | 4556  | 27     | 0,59           | 0,1902 | 0,021133333 | 5,38 | 4,91  | 0,658  | 13,40          | 4247 | 4291  | 62     | 1,455          |
|           | 4575          | 0,3988 |       |        |                | 0,1596 | 0,017733333 | 4,45 |       |        |                | 4335 |       |        |                |
| Hatiku 1C | 4588          | 0,4177 | 4603  | 21     | 0,46           | 0,2167 | 0,024077778 | 5,76 | 5,29  | 0,667  | 12,60          | 4277 | 4317  | 57     | 1,325          |
|           | 4618          | 0,4390 |       |        |                | 0,1905 | 0,021166667 | 4,82 |       |        |                | 4358 |       |        |                |
| Hatiku 2A | 4564          | 0,3982 | 4565  | 1      | 0,02           | 0,1748 | 0,019422222 | 4,88 | 5,81  | 1,314  | 22,62          | 4301 | 4251  | 70     | 1,652          |
|           | 4565          | 0,3979 |       |        |                | 0,2412 | 0,0268      | 6,74 |       |        |                | 4201 |       |        |                |
| Hatiku 2B | 4592          | 0,3213 | 4601  | 12     | 0,26           | 0,0776 | 0,008622222 | 2,68 | 3,95  | 1,793  | 45,37          | 4447 | 4387  | 85     | 1,933          |
|           | 4609          | 0,3879 |       |        |                | 0,1822 | 0,020244444 | 5,22 |       |        |                | 4327 |       |        |                |
| Hatiku 2C | 4660          | 0,3972 | 4637  | 33     | 0,72           | 0,3243 | 0,036033333 | 9,07 | 9,19  | 0,170  | 1,85           | 4170 | 4140  | 42     | 1,024          |
|           | 4613          | 0,3737 |       |        |                | 0,3132 | 0,0348      | 9,31 |       |        |                | 4110 |       |        |                |
| Hatiku 3A | 4582          | 0,3903 | 4574  | 12     | 0,26           | 0,2153 | 0,023922222 | 6,13 | 5,63  | 0,703  | 12,49          | 4251 | 4269  | 26     | 0,608          |
|           | 4565          | 0,3802 |       |        |                | 0,1757 | 0,019522222 | 5,13 |       |        |                | 4288 |       |        |                |
| Hatiku 3B | 4613          | 0,3729 | 4612  | 1      | 0,03           | 0,1876 | 0,020844444 | 5,59 | 5,46  | 0,178  | 3,26           | 4311 | 4317  | 8      | 0,190          |
|           | 4611          | 0,3782 |       |        |                | 0,1817 | 0,020188889 | 5,34 |       |        |                | 4323 |       |        |                |
| Hatiku 3C | 4554          | 0,3973 | 4546  | 11     | 0,25           | 0,1749 | 0,019433333 | 4,89 | 4,74  | 0,218  | 4,59           | 4290 | 4290  | 0      | 0,010          |
|           | 4538          | 0,3910 |       |        |                | 0,1613 | 0,017922222 | 4,58 |       |        |                | 4290 |       |        |                |
| Hatiku 4A | 4566          | 0,3238 | 4580  | 20     | 0,43           | 0,149  | 0,016555556 | 5,11 | 5,99  | 1,241  | 20,71          | 4290 | 4257  | 47     | 1,109          |
|           | 4594          | 0,3189 |       |        |                | 0,1971 | 0,0219      | 6,87 |       |        |                | 4223 |       |        |                |
| Hatiku 4B | 4579          | 0,4168 | 4591  | 17     | 0,37           | 0,1643 | 0,018255556 | 4,38 | 6,06  | 2,380  | 39,26          | 4342 | 4264  | 112    | 2,616          |
|           | 4603          | 0,4520 |       |        |                | 0,3151 | 0,035011111 | 7,75 |       |        |                | 4185 |       |        |                |
| Hatiku 4C | 4492          | 0,3980 | 4484  | 11     | 0,25           | 0,1866 | 0,020733333 | 5,21 | 5,66  | 0,636  | 11,23          | 4211 | 4178  | 46     | 1,092          |
|           | 4476          | 0,3818 |       |        |                | 0,2099 | 0,023322222 | 6,11 |       |        |                | 4146 |       |        |                |
| Hatiku 5A | 4616          | 0,3890 | 4624  | 11     | 0,23           | 0,181  | 0,020111111 | 5,17 | 4,87  | 0,422  | 8,67           | 4337 | 4360  | 33     | 0,766          |
|           | 4631          | 0,3917 |       |        |                | 0,1612 | 0,017911111 | 4,57 |       |        |                | 4384 |       |        |                |
| Hatiku 5B | 4683          | 0,3887 | 4647  | 51     | 1,10           | 0,1977 | 0,021966667 | 5,65 | 5,64  | 0,019  | 0,34           | 4378 | 4343  | 50     | 1,149          |
|           | 4611          | 0,3878 |       |        |                | 0,1963 | 0,021811111 | 5,62 |       |        |                | 4307 |       |        |                |
| Hatiku 5C | 4601          | 0,3891 | 4608  | 9      | 0,20           | 0,2549 | 0,028322222 | 7,28 | 6,32  | 1,353  | 21,40          | 4208 | 4266  | 82     | 1,928          |
|           | 4614          | 0,3773 |       |        |                | 0,1822 | 0,020244444 | 5,37 |       |        |                | 4324 |       |        |                |

## APÊNDICE 2 – MADAKE- RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO

| Amostra   | PCS (kcal/kg) | m (g)  | média | desvio | coef. Variação | H2O    | H           | H%    | média | desvio | coef. Variação | PCI  | média | desvio | coef. Variação |
|-----------|---------------|--------|-------|--------|----------------|--------|-------------|-------|-------|--------|----------------|------|-------|--------|----------------|
| Madake 1A | 4629          | 0,3973 | 4630  | 1      | 0,02           | 0,2039 | 0,022655556 | 5,70  | 5,75  | 0,065  | 1,13           | 4321 | 4319  | 3      | 0,065          |
|           | 4630          | 0,3933 |       |        |                | 0,2051 | 0,022788889 | 5,79  |       |        |                | 4317 |       |        |                |
| Madake 1B | 4652          | 0,3933 | 4636  | 23     | 0,49           | 0,1718 | 0,019088889 | 4,85  | 4,84  | 0,021  | 0,44           | 4390 | 4375  | 21     | 0,491          |
|           | 4620          | 0,3923 |       |        |                | 0,1703 | 0,018922222 | 4,82  |       |        |                | 4360 |       |        |                |
| Madake 1C | 4547          | 0,4242 | 4559  | 16     | 0,36           | 0,211  | 0,023444444 | 5,53  | 5,45  | 0,110  | 2,01           | 4249 | 4264  | 22     | 0,520          |
|           | 4570          | 0,4228 |       |        |                | 0,2044 | 0,022711111 | 5,37  |       |        |                | 4280 |       |        |                |
| Madake 2A | 4571          | 0,4560 | 4556  | 22     | 0,48           | 0,2282 | 0,025355556 | 5,56  | 5,38  | 0,250  | 4,65           | 4271 | 4265  | 8      | 0,197          |
|           | 4540          | 0,4294 |       |        |                | 0,2012 | 0,022355556 | 5,21  |       |        |                | 4259 |       |        |                |
| Madake 2B | 4565          | 0,3281 | 4540  | 36     | 0,79           | 0,1413 | 0,0157      | 4,79  | 5,09  | 0,436  | 8,56           | 4307 | 4264  | 60     | 1,398          |
|           | 4514          | 0,3217 |       |        |                | 0,1564 | 0,017377778 | 5,40  |       |        |                | 4222 |       |        |                |
| Madake 2C | 4566          | 0,3232 | 4549  | 25     | 0,54           | 0,1192 | 0,013244444 | 4,10  | 4,23  | 0,190  | 4,48           | 4345 | 4320  | 35     | 0,810          |
|           | 4531          | 0,3260 |       |        |                | 0,1281 | 0,014233333 | 4,37  |       |        |                | 4295 |       |        |                |
| Madake 3A | 4644          | 0,3978 | 4632  | 17     | 0,37           | 0,1962 | 0,0218      | 5,48  | 5,06  | 0,590  | 11,66          | 4348 | 4359  | 15     | 0,342          |
|           | 4620          | 0,3999 |       |        |                | 0,1672 | 0,018577778 | 4,65  |       |        |                | 4369 |       |        |                |
| Madake 3B | 4478          | 0,3994 | 4487  | 12     | 0,27           | 0,2032 | 0,022577778 | 5,65  | 6,07  | 0,595  | 9,79           | 4173 | 4159  | 20     | 0,483          |
|           | 4495          | 0,3932 |       |        |                | 0,2298 | 0,025533333 | 6,49  |       |        |                | 4144 |       |        |                |
| Madake 3C | 4517          | 0,3326 | 4545  | 39     | 0,86           | 0,1083 | 0,012033333 | 3,62  | 3,33  | 0,405  | 12,16          | 4322 | 4365  | 61     | 1,392          |
|           | 4572          | 0,3189 |       |        |                | 0,0874 | 0,009711111 | 3,05  |       |        |                | 4408 |       |        |                |
| Madake 4A | 4532          | 0,3221 | 4541  | 13     | 0,28           | 0,3309 | 0,036766667 | 11,41 | 11,42 | 0,006  | 0,05           | 3916 | 3924  | 12     | 0,316          |
|           | 4550          | 0,3277 |       |        |                | 0,3369 | 0,037433333 | 11,42 |       |        |                | 3933 |       |        |                |
| Madake 4B | 4653          | 0,3308 | 4632  | 30     | 0,64           | 0,123  | 0,013666667 | 4,13  | 4,58  | 0,628  | 13,73          | 4430 | 4385  | 64     | 1,451          |
|           | 4611          | 0,3723 |       |        |                | 0,1682 | 0,018688889 | 5,02  |       |        |                | 4340 |       |        |                |
| Madake 4C | 4565          | 0,3339 | 4562  | 4      | 0,09           | 0,1448 | 0,016088889 | 4,82  | 4,92  | 0,148  | 3,00           | 4305 | 4296  | 12     | 0,284          |
|           | 4559          | 0,3092 |       |        |                | 0,1399 | 0,015544444 | 5,03  |       |        |                | 4288 |       |        |                |
| Madake 5A | 4565          | 0,3303 | 4580  | 21     | 0,46           | 0,1566 | 0,0174      | 5,27  | 5,23  | 0,055  | 1,05           | 4281 | 4298  | 24     | 0,562          |
|           | 4595          | 0,3303 |       |        |                | 0,1543 | 0,017144444 | 5,19  |       |        |                | 4315 |       |        |                |
| Madake 5B | 4604          | 0,3217 | 4526  | 110    | 2,44           | 0,2078 | 0,023088889 | 7,18  | 7,66  | 0,676  | 8,83           | 4216 | 4113  | 147    | 3,570          |
|           | 4448          | 0,3787 |       |        |                | 0,2772 | 0,0308      | 8,13  |       |        |                | 4009 |       |        |                |
| Madake 5C | 4552          | 0,3979 | 4555  | 4      | 0,09           | 0,1732 | 0,019244444 | 4,84  | 5,54  | 0,994  | 17,95          | 4291 | 4256  | 49     | 1,162          |
|           | 4558          | 0,3971 |       |        |                | 0,2231 | 0,024788889 | 6,24  |       |        |                | 4221 |       |        |                |

## APÊNDICE3 – MOSSÔ - RESULTADOS DAS ANÁLISES DE PODER CALORÍFICO

| Amostra  | PCS (kcal/kg) | m (g)  | média | desvio | coef. Variação | H2O    | H           | H%    | média | desvio | coef. Variação | PCI  | média | desvio | coef. Variação |
|----------|---------------|--------|-------|--------|----------------|--------|-------------|-------|-------|--------|----------------|------|-------|--------|----------------|
| Mosso 1A | 4532          | 0,3707 | 4522  | 14     | 0,31           | 0,1978 | 0,021977778 | 5,93  | 6,28  | 0,494  | 7,86           | 4212 | 4183  | 41     | 0,975          |
|          | 4512          | 0,3283 |       |        |                | 0,1958 | 0,021755556 | 6,63  |       |        |                | 4154 |       |        |                |
| Mosso 1B | 4532          | 0,3882 | 4511  | 30     | 0,66           | 0,2395 | 0,026611111 | 6,86  | 6,76  | 0,131  | 1,94           | 4162 | 4146  | 23     | 0,545          |
|          | 4490          | 0,3930 |       |        |                | 0,2359 | 0,026211111 | 6,67  |       |        |                | 4130 |       |        |                |
| Mosso 1C | 4618          | 0,3888 | 4605  | 18     | 0,40           | 0,2047 | 0,022744444 | 5,85  | 6,68  | 1,169  | 17,52          | 4302 | 4244  | 82     | 1,921          |
|          | 4592          | 0,3727 |       |        |                | 0,2517 | 0,027966667 | 7,50  |       |        |                | 4187 |       |        |                |
| Mosso 2A | 4644          | 0,3883 | 4634  | 15     | 0,32           | 0,2361 | 0,026233333 | 6,76  | 7,20  | 0,633  | 8,78           | 4279 | 4245  | 49     | 1,155          |
|          | 4623          | 0,3879 |       |        |                | 0,2671 | 0,029677778 | 7,65  |       |        |                | 4210 |       |        |                |
| Mosso 2B | 4559          | 0,3273 | 4595  | 51     | 1,11           | 0,1403 | 0,015588889 | 4,76  | 4,83  | 0,093  | 1,92           | 4302 | 4334  | 46     | 1,059          |
|          | 4631          | 0,3837 |       |        |                | 0,169  | 0,018777778 | 4,89  |       |        |                | 4367 |       |        |                |
| Mosso 2C | 4590          | 0,3813 | 4590  | 1      | 0,02           | 0,1844 | 0,020488889 | 5,37  | 5,40  | 0,038  | 0,71           | 4300 | 4298  | 3      | 0,065          |
|          | 4589          | 0,3732 |       |        |                | 0,1823 | 0,020255556 | 5,43  |       |        |                | 4296 |       |        |                |
| Mosso 3A | 4623          | 0,3977 | 4611  | 18     | 0,38           | 0,1991 | 0,022122222 | 5,56  | 5,20  | 0,507  | 9,74           | 4323 | 4329  | 10     | 0,224          |
|          | 4598          | 0,3772 |       |        |                | 0,1645 | 0,018277778 | 4,85  |       |        |                | 4336 |       |        |                |
| Mosso 3B | 4559          | 0,3832 | 4560  | 1      | 0,02           | 0,2923 | 0,032477778 | 8,48  | 8,14  | 0,481  | 5,91           | 4101 | 4120  | 27     | 0,647          |
|          | 4560          | 0,3891 |       |        |                | 0,273  | 0,030333333 | 7,80  |       |        |                | 4139 |       |        |                |
| Mosso 3C | 4525          | 0,3797 | 4525  | 0      | 0,00           | 0,1887 | 0,020966667 | 5,52  | 6,19  | 0,945  | 15,26          | 4227 | 4191  | 51     | 1,217          |
|          | 4525          | 0,3937 |       |        |                | 0,243  | 0,027       | 6,86  |       |        |                | 4155 |       |        |                |
| Mosso 4A | 4552          | 0,3803 | 4547  | 7      | 0,16           | 0,2413 | 0,026811111 | 7,05  | 6,56  | 0,694  | 10,58          | 4171 | 4193  | 30     | 0,725          |
|          | 4542          | 0,3832 |       |        |                | 0,2093 | 0,023255556 | 6,07  |       |        |                | 4214 |       |        |                |
| Mosso 4B | 4628          | 0,3838 | 4635  | 9      | 0,20           | 0,1916 | 0,021288889 | 5,55  | 5,57  | 0,032  | 0,57           | 4328 | 4334  | 7      | 0,173          |
|          | 4641          | 0,3833 |       |        |                | 0,1929 | 0,021433333 | 5,59  |       |        |                | 4339 |       |        |                |
| Mosso 4C | 4638          | 0,3873 | 4646  | 11     | 0,24           | 0,197  | 0,021888889 | 5,65  | 5,24  | 0,580  | 11,06          | 4333 | 4363  | 43     | 0,977          |
|          | 4654          | 0,3831 |       |        |                | 0,1666 | 0,018511111 | 4,83  |       |        |                | 4393 |       |        |                |
| Mosso 5A | 4586          | 0,3929 | 4579  | 11     | 0,23           | 0,1501 | 0,016677778 | 4,24  | 4,25  | 0,014  | 0,32           | 4357 | 4349  | 11     | 0,261          |
|          | 4571          | 0,3997 |       |        |                | 0,1534 | 0,017044444 | 4,26  |       |        |                | 4341 |       |        |                |
| Mosso 5B | 4554          | 0,3808 | 4544  | 14     | 0,31           | 0,2309 | 0,025655556 | 6,74  | 8,68  | 2,744  | 31,62          | 4190 | 4075  | 162    | 3,982          |
|          | 4534          | 0,3803 |       |        |                | 0,3634 | 0,040377778 | 10,62 |       |        |                | 3961 |       |        |                |
| Mosso 5C | 4532          | 0,3793 | 4532  | 0      | 0,00           | 0,2011 | 0,022344444 | 5,89  | 5,89  | 0,004  | 0,06           | 4214 | 4214  | 0      | 0,005          |
|          | 4532          | 0,3887 |       |        |                | 0,2059 | 0,022877778 | 5,89  |       |        |                | 4214 |       |        |                |