



MARCELO DOS SANTOS TEIXEIRA

**POTENCIAL ENERGÉTICO DE CALOR ÚTIL EM BIOMASSA
DE EUCALIPTO**

GOIÂNIA
2018

MARCELO DOS SANTOS TEIXEIRA

**POTENCIAL ENERGÉTICO DE CALOR ÚTIL EM BIOMASSA
DE EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade Pitágoras, como requisito parcial
para a obtenção do título de graduado em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Carla Palma.

MARCELO DOS SANTOS TEIXEIRA

**POTENCIAL ENERGÉTICO DE CALOR ÚTIL EM BIOMASSA DE
EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade Pitágoras, como requisito parcial
para a obtenção do título de graduado em
Engenharia Mecânica.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Bruno Vieira

Prof(a). Walkiria Vale

Prof(a). Carla Palma

Goiânia, 13 de dezembro de 2018

Dedico este trabalho...

A minha esposa Thatyane, meus filhos Eduardo,
Alice e Maria Eduarda e a minha amada mãe
Maria Antônia

AGRADECIMENTOS

A Jaepel Papeis e Embalagens S/A que me proporcionou interesse pelo tema

A meu amigo Marcelino, pelo incentivo ao tema, e conselhos.

A minha esposa e família pelo apoio e compreensão.

À Carla Palma minha tutora, pelo apoio e orientações, ao qual esse trabalho não seria possível.

Ao meu amigo e Engenheiro Djalma França, pelo incentivo.

Ao professor Mauricio, pelos ensinamentos ao longo desta trajetória.

A minha irmã Tatiane seu marido e meu amigo Marcio pelo apoio.

TEIXEIRA, Marcelo dos Santos. **O POTENCIAL ENERGETICO DE CALOR UTIL EM BIOMASSA DE EUCALIPTOS**: 2018. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade Pitágoras, Goiânia, 2018.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal demonstrar o potencial de calor útil em biomassas de eucaliptos para suas diversas aplicações na matriz energética brasileira, com o presente estudo pode-se analisar o rendimento desta biomassa frente a outras matrizes energéticas do Brasil destinadas a produção de energia em forma de calor, contribuindo com a redução de custos empregadas na matriz energética brasileira, tendo ganhos ambientais e econômicos significativos, este estudo se dá pela necessidade global de maximizar suas fontes de energia, este estudo representa uma revisão da literatura especializada em biomassas de madeira, todas as informações do trabalho, a pesquisa foi realizada com publicações dos últimos 30 anos sobre o assunto fundamentando as informações do trabalho, demonstrando as principais variáveis, os tipos de potenciais energéticos, suas principais características e como é possível conhecer o potencial energético de calor útil que esta biomassa disponibiliza para o sistema em suas diversas aplicações na matriz energética industrial brasileira

Palavras-chave: Poder calorífico; Umidade da madeira; Densidade da madeira; Estrutura física da madeira.

TEIXEIRA, Marcelo dos Santos. **O POTENCIAL ENERGETICO DE CALOR UTIL EM BIOMASSA DE EUCALIPTOS**: 2018. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Mecânica – Faculdade Pitágoras, Goiânia, 2018.

ABSTRACT

This work had as main objective to demonstrate the potential of useful heat in biomass of eucalyptus for its diverse applications in the brazilian energy matrix, with the present study may analyze the yield of this biomass front the other arrays Brazil's energy intended for the production of energy in the form of heat, contributing to the reduction of costs used in the brazilian energy matrix, having significant economic and environmental gains, this study gives the global need to maximize sources of energy, this study represents a review of literature specializing in wood biomass, all information of the work, the survey was conducted with publications of the last 30 years on this issue stating the reasons for labour information , demonstrating the main variables, types of energy powers, its main features and how you can meet the energy potential of biomass offers this useful heat for the ...

Key-words: power heat capacity; Humidity of wood; Wood density; The physical structure of the wood.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAL	Calorias
G	Gramas
Kcal	Quilo caloria
Kg	Quilo Grama
PCI	Poder calorífico inferior
PCS	Poder calorífico superior
PCU	Poder calorífico útil
TU	Teor de umidade
U	Umidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. VARIÁVEIS NO POTENCIAL ENERGÉTICO EM BIOMASSAS DE EUCALIPTO.....	13
2.1 PRINCIPAIS VARIÁVEIS.....	13
2.1.1 Densidade da madeira.....	14
2.1.2 Umidade da madeira.....	15
3. POTENCIAIS ENERGÉTICOS EM BIOMASSAS DE EUCALIPTO	17
3.1 PODER CALORÍFICO.....	17
3.1.1 Poder calorífico superior.....	17
3.1.2 Poder calorífico inferior.....	18
3.1.3 Poder calorífico útil.....	18
4. CÁLCULO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE CALOR ÚTIL.....	20
4.1 PODER CALORÍFICO ÚTIL.....	20
4.1.1 Poder calorífico inferior.....	20
4.1.2 Poder calorífico superior.....	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A busca da humanidade por novas formas de energia obtendo-se preservação ambiental e crescimento econômico é constante, desde a descoberta do fogo pelo homem a utilização de biomassas para geração de calor e amplamente utilizada, com a criação das máquinas a vapor essa utilização foi amplamente difundida, mesmo sendo uma das formas mais antigas de energia as biomassas ainda hoje são amplamente utilizadas nas indústrias modernas para geração calor como forma de energia.

O conhecimento das características e variáveis no potencial energético de biomassas vem sendo estudado a anos, hoje as biomassas têm um grande impacto na matriz energética industrial brasileira, ocupando em 2016 o segundo lugar na matriz energética nacional (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017).

Com o presente estudo de revisão bibliográfica faz-se compreender como analisar as variáveis no potencial energético em biomassas, como conhecer o potencial energético de calor útil deste combustível, e as principais características físicas e mecânicas a serem analisadas neste combustível.

O estudo do potencial energético de calor útil, ou poder calorífico útil (PCU) em biomassas de eucalipto se dá pela necessidade global de maximizar suas fontes de energia para a indústria. Conhecer como apontar o potencial energético de calor útil em kcal/kg de biomassa, que é a energia em forma de calor disponibilizada para suas diversas aplicações na indústria é de grande importância para a sociedade, pode-se ter ganhos significativos no consumo final desta biomassa, em forma de combustível.

O conhecimento do potencial energético de calor útil por cada kg de biomassa, é de grande relevância para a sociedade, que busca por novas formas de preservações ambientais, crescimento econômico e redução de custos.

Com o presente trabalho pode-se analisar o rendimento desta biomassa em kcal/kg frente a outras matrizes energéticas do Brasil destinadas a produção de energia em forma de calor, contribuindo com a redução de custo na matriz energética empregada na indústria brasileira.

A dependência da humanidade por combustíveis é cada vez maior, existem vários estudos sobre biomassas. No presente estudo analisa-se os tipos diferentes de energia contidas em biomassas de eucaliptos em kcal/kg, o poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI), e o poder calorífico útil (PCU), que é a energia

em forma de calor disponibilizada por essa biomassa para suas diversas aplicações na indústria.

Como é possível conhecer o potencial energético de calor útil em biomassa de eucaliptos?

Nesta circunstância este trabalho tem como objetivo primário demonstrar o potencial energético de calor útil em quilo calorias por quilograma (kcal/kg) de biomassas de eucaliptos disponibilizada para a indústria em suas diversas aplicações.

E como objetivos específicos:

- Mostrar a principal variável no potencial energético de calor em biomassas de eucaliptos.
- Entender as diferenças entre os potenciais energéticos de calor em biomassas de eucaliptos, poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) e poder calorífico útil (PCU).
- Demonstrar através de revisão bibliográfica como conhecer o potencial energético de calor útil (PCU) em kcal/kg de biomassa de eucaliptos disponibilizado para suas diversas aplicações na indústria.

Este estudo representará uma revisão da literatura especializada em biomassas de madeira, fundamentando todas as informações do trabalho. A revisão bibliográfica é a pesquisa de dados publicadas em livros, revistas, artigos avulsos e imprensa escrita, colocando o autor em contato direto com as informações sobre o assunto pesquisado, (MARCONI; LAKATOS,1992).

A pesquisa será realizada com algumas publicações dos últimos 30 anos sobre o assunto abordado, serão feitas pesquisas em livros, teses de mestrado e doutorado, normas técnicas e comunicados técnicos.

Será utilizado livros, teses de mestrado e doutorado e comunicados técnicos de autores renomados no assunto abordado, como: Martha Andreia Brand, José Otavio Brito, Antônio Paulo Mendes Galvão, Ivaldo Pontes Jonkowsky, Edison Alves Lima, Rosimeire Cavalcante Santos, João Carlos Mareschi dentre outros.

2. VARIÁVEIS DO POTENCIAL ENERGÉTICO EM BIOMASSAS DE EUCALIPTO

2.1 PRINCIPAIS VARIÁVEIS

De acordo com Santos (2010) o eucalipto é nativo da Austrália e tem em torno de 70 gêneros e 3000 espécies, foi inserido no Brasil em 1868 no Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, sendo que até o século 21 não era plantada em grande escala, somente utilizado para arborização e quebra vento.

De acordo com Silveira (2004), em 1903 no estado de São Paulo a produção de eucaliptos em grande escala teve seu início. O alto índice de plantio de eucaliptos em reflorestamentos no Brasil correu devido a seu crescimento rápido e sua adaptação ao clima (SILVEIRA et al., 2004).

De acordo com Muller (2005), para aumentar a eficiência do eucalipto utilizado como biomassa de madeira para geração de energia em forma de calor, e torná-lo competitivo em relação a outras fontes de energia, suas propriedades energéticas devem ser monitoradas. Este monitoramento é feito pela análise, acompanhamento e controle de suas variáveis.

O estudo da umidade e da densidade básica é essencial para o uso de biomassas de eucaliptos industrialmente, sendo essas suas principais propriedades físicas (GALVÃO; JONKOWSKY, 1985).

A densidade básica é uma das características mais importantes a serem analisadas para escolha da espécie de biomassa de madeira para produção de energia (SANTOS, et al., 2010).

Em biomassas de lenha parte do calor gerado é consumido para evaporação da água contida em seu interior em forma de umidade, ocorrendo perda de potencial energético, para um melhor aproveitamento do potencial energético a umidade é uma variável muito importante a ser analisada (SANTOS et al., 2013).

Em biomassas de eucalipto a água em forma de umidade contida em seu interior vai sendo lentamente evaporada após o corte da árvore, até o seu equilíbrio com a umidade relativa do ar. A temperatura e a umidade relativa do ar são fatores essenciais para determinar a umidade em que se tem o ponto de equilíbrio entre a umidade da biomassa e a umidade relativa do ar (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

Com a aplicação da madeira industrialmente o conhecimento de suas propriedades físicas passou a ser indispensável na sua manipulação (GALVÃO; JONKOWSKY,1985).

2.1.1 Densidade da madeira

A densidade básica é uma das características mais importantes a serem analisadas para escolha da espécie de biomassa de madeira para produção de energia, é encontrada através da relação da massa totalmente seca da madeira, e o volume saturado, e sua unidade de medida é gramas por centímetro cúbico (g/cm³) ou quilo gramas por metro cúbico (kg/m³), (SANTOS et al., 2010)

Ao se tratar de madeira não há uma analogia entre densidade básica e poder calórico, porém quando se trata de volume a ser queimado para geração de energia em forma de calor é importante essa análise (CUNHA et al., 1989). A densidade básica pode ser estudada conforme a equação 1, (ABNT NBR 7190/1997).

$$\rho = \frac{m}{V_s}$$

Onde:

ρ = Densidade básica (kg/m³)

m = Massa (kg)

V_s = Volume saturado (m³)

A massa específica ou simplesmente densidade encontrada a dado teor de umidade é titulada como massa específica aparente da madeira, o conhecimento da densidade é um parâmetro importante quanto a sua classificação da qualidade e propriedades físicas e mecânicas da madeira, (MARESHI,2005).

De acordo com Santos (2005), de forma usual madeiras que apresentam maior densidade indicam uma estrutura química mais estável, esta característica está diretamente ligada à maturidade da madeira.

De acordo com Mareschi (2005) ao analisar a densidade despreza-se o teor de extrativos e de elementos estranhos a madeira, a densidade é diretamente refletida

pela quantidade de material lenhoso por unidade de volume, ou de maneira inversa, do volume de espaço vazio contidos na madeira.

De acordo com Mareschi (2005) a variação no peso da madeira de acordo com a sua umidade (U) é proporcional, e pode ser estudada de acordo com a equação 2.

$$P_u = P_o + (1 + U)$$

Onde:

P_u = Peso da madeira $U\%$ de umidade

P_o = Peso da madeira com 0% de umidade

U = Teor de umidade da madeira em $\%/100$

2.1.2 Umidade da madeira

Em madeiras recém cortadas sua massa específica está diretamente relacionada a água contida nos espaços celulares e intercelulares que é denominada: água de livre ou água de capilaridade, a água contida em suas paredes celulares é denominada: água de impregnação e a água envolve sua constituição é denominada: água de adsorção química.

A estrutura física da biomassa deve ser estudada, pois, pode afetar sua permeabilidade interferindo no fluxo da água líquida contida em seu interior. A quantidade de água higroscópica ou capilar a ser removida durante a secagem é determinada pela massa específica, que pode afetar a difusão através do material lenhoso (JONKIWSKY et al., 2000).

O Teor de Umidade em madeiras coincide com as propriedades físicas e mecânicas e com seu poder calorífico (MARESHI, 2005). O teor de umidade da madeira (TU) coincide com a ligação sobre a massa de água contida em sua estrutura e a massa seca da madeira. Podendo ser estudada conforme a equação 3, (ABNT NBR 7190/1997).

$$TU = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

Onde:

TU = Teor de umidade (%).

M_1 = Massa inicial da madeira (em gramas).

M_2 = Massa da madeira seca (em gramas).

Os padrões de madeira seca podem alterar de padrões de 20 a 30% de umidade, para secagem ao ar livre, (ZELINKA et al., 2010). De acordo com Quéno (2009) o teor de umidade tem grande importância no rendimento calorífico da biomassa, verificando que são necessários 600 Kcal para evaporar 1 Kg de água contida na biomassa.

3. POTENCIAIS ENERGETICOS EM BIOMASSAS DE EUCALIPTOS

3.1 PODER CALORÍFICO

De acordo com Jara (1989), a definição de poder calorífico pode ser feita pelo total de energia liberada por uma unidade de massa de madeira na combustão. A análise de variáveis, umidade e do poder calorífico podem ser feitas para avaliação da biomassa como combustíveis (BRAND,2010). O potencial energético em biomassas é dado pelo seu poder calorífico (BRITO,1993).

De acordo com Santos (2010), o poder calorífico está diretamente relacionado ao total de energia liberada pela combustão das biomassas em Kcal/ Kg, as biomassas apresentam um teor de hidrogênio, no processo de combustão existe a liberação de água na forma gasosa, a qual se houver condensação será liberada energia de condensação.

De acordo com Brito (1993), em madeiras o valor de hidrogênio é relativamente constante (em torno de 6%), a análise do poder calorífico superior (PCS) e do poder calorífico inferior (PCI), em biomassas são dadas pelo diferencial no teor de hidrogênio.

Existem três tipos de poder calorífico a se saber em madeiras de modo geral, o poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) e o poder calorífico útil (PCU), (SANTOS,2010).

3.1.1 Poder calorífico superior

O poder calorífico superior (PCS), conceitua que a energia criada para que a água evaporada pela combustão da madeira esteja em forma líquida (volume imutável) (LIMA,2010).

De acordo com Santos (2010) o poder calorífico superior (PCS) é a energia quando se considera o calor latente liberado pela condensação do vapor d'água no processo de combustão.

De acordo com Brito (1993), subtraindo-se do PCS a quantidade de energia necessária para liberar o hidrogênio da biomassa (que é em torno de 6%), encontrando-se o poder calorífico inferior (PCI).

Comumente usa-se o PCS para obtenção do poder calorífico em biomassa (BRITO,1993). O poder calorífico superior (PCS) está em uma variação de 4400 a 4800 Kcal/Kg em biomassas de eucaliptos (PEREIRA, et al.,2009).

De acordo com Santos (2010), a relação entre o poder calorífico superior (PCS) e o poder calorífico inferior (PCI) está correlacionada a quantidade de hidrogênio presente na madeira, com isso sendo influenciado diretamente pelo teor de umidade da madeira.

3.1.2 Poder calorífico inferior

A água em forma de umidade contida em biomassas reduz o poder calorífico em função da energia consumida para evapora-la, se o teor de umidade for elevado controle do processo de combustão se torna difícil, (SANTOS,2010).

O poder calorífico inferior (PCI), conceitua que a energia gasta para que água evaporada pela combustão da madeira esteja em forma gasosa (LIMA, 2010).

De acordo com Brito (1993) o PCI deve ser utilizado preferencialmente em uso prático. O PCI é o resultado da subtração do PCS e a quantidade de energia necessária para liberar o hidrogênio da madeira valor relativamente constante (em torno de 6%). Podendo ser analisado conforme a equação 4.

$$PCI = PCS - 324$$

Onde:

PCI = Poder calorífico inferior (kcal/kg)

PCS = Poder calorífico superior (kcal/kg)

De acordo com Lima (2008) no decorrer do processo de combustão da biomassa, parte da energia liberada é consumida para evaporar a água contida em seu interior em forma de umidade.

3.1.3 Poder calorífico útil

De acordo com Brito (1993), no decorrer da queima da lenha uma parcela da energia potencial de calor é usada para evaporar a água nela contida em forma de

umidade, considerando seu teor de umidade não nulo. Esta parcela de energia não é cedida para o sistema de produção, deve-se subtrair essa parcela de energia, do total recebido pelo sistema de produção, sobrando o poder calorífico líquido (PCL), ou o poder calorífico útil (PCU) (LIMA et al., 2008).

4. CALCULO DO POTENCIAL ENERGETICO DE CALOR ÚTIL

4.1 Poder calorífico útil

O poder calorífico apresenta o conhecimento de geração de energia de um combustível no decorrer de sua combustão. Sua unidade de medida é expressa em ou (Kcal/Kg) calorias por gramas (cal/g) (QUÉNO,2009).

De acordo com Lima (2010), o poder calorífico útil (PCU), demonstra uma correspondência entre a energia e a massa em quilo caloria por quilograma (Kcal/Kg).

O total de energia dispersa devido a umidade contida na biomassa varia em função do seu teor de umidade (TU) e o poder calorífico inferior (PCI), (BRITO,1993).

De acordo com Brito (1993) o poder calorífico líquido (PCL) ou poder calorífico útil de acordo com (LIMA,2010), podem ser estudados com a equação 5 (BRITO,1993).

$$PCU = PCI \times \left(\frac{100 - U}{100} \right) - 6 \times U$$

Onde:

PCU = Poder calorífico útil (kcal/kg)

PCI = Poder calorífico inferior (kcal/kg)

U = Teor de umidade (% , kg/kg na base úmida)

O Poder calorífico útil (PCU) é a total de calor útil por unidade de biomassa, descontando a quantidade de energia em forma de calor utilizada para evaporar a água de formação e a umidade do combustível (BRITO, 1993).

4.1.1 Poder calorífico inferior

De acordo com Brito (1993), subtraindo-se do PSC a quantidade de energia necessária para liberar o hidrogênio da biomassa, encontrando-se o PCI, conforme equação 4.

$$PCI = PCS - 324$$

Onde:

PCI = Poder calorífico inferior (kcal/kg)

PCS = Poder calorífico superior (kcal/kg)

O poder calorífico inferior (PCI) é definido de acordo com o calor gerado pela queima de uma unidade, de sólido ou líquido, quando a combustão ocorrer a uma pressão de 0,1 Mpa de tal modo que toda a água contida no combustível e proveniente da queima esteja em forma de vapor depois da combustão (ASTM,2007).

4.1.2 Poder calorífico superior

O poder calorífico superior geralmente é analisado com uma bomba calorimétrica (QUÉNO,2009). De acordo com Quéno (2009) a equação utilizada para o cálculo é conforme equação 6.

$$PCS = \frac{C \times \Delta T - (C1 - C2)}{m}$$

Onde:

PCS = Poder calorífico superior (cal/g ou kcal/kg).

C = Constante do calorimétrico igual a 2461,98 (obtido através de inúmeros testes para calibração).

ΔT = Diferença de leitura dos termômetros antes e após a queima (variação de temperatura).

$C1$ = Correlação em calorias para cada centímetro de fio queimado igual a 2,3 calorias por centímetro (cal/cm), (dados de laboratório indicam que geralmente todo fio é queimado gerando cerca de 20 calorias).

$C2$ = Correlação em calorias para titulação em ácido nítrico, em mililitros (ml), (dados de laboratório indicam 3 ml para carvão e 2 ml para madeira)

m = Massa (kg)

O poder calorífico superior (PCS) é definido de acordo com o calor gerado pela queima de uma unidade, de sólido ou líquido, quando a combustão ocorrer em uma bomba calorimétrica em condições específicas de tal modo que toda água contida no combustível e proveniente da queima esteja em estado líquido depois da combustão (ASTM, 2007)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente trabalho de revisão bibliográfica atingiu seus objetivos, possibilita o estudo das principais variáveis no potencial energético em biomassas de eucaliptos, pode-se estudar de forma simples com fundamentações teóricas e formulações matemáticas a densidade e a umidade em biomassas, e o impacto dessas variáveis no potencial energético nesta matriz energética brasileira.

O presente estudo de revisão bibliográfica demonstra de forma clara e simples como entender os potenciais energéticos em biomassas de eucaliptos, e os tipos de energia contidas nesta biomassa assim como suas particularidades, proporcionando ao leitor entender o que é o poder calorífico, assim como as diferenças entre o poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI) e o poder calorífico útil (PCU), que são as energias contidas nesta biomassa, sendo possível estudar a influência das variáveis no seu potencial energético.

Com o presente trabalho é possível demonstrar através de revisão bibliográfica de forma simples e objetiva o potencial energético de calor útil (PCU) desta biomassa, proporcionando o estudo da eficiência desta matriz energética frente a outras empregadas na indústria nacional, todas as informações com embasamento teórico e formulações matemáticas de autores renomados no assunto, sendo possível ainda estudar a influência da umidade, massa específica, PCS e do PCI no potencial energético de calor útil (PCU) desta matriz energética.

Em relação a trabalhos futuros pode-se fazer uma análise de rendimento desta matriz energética fazendo o controle de suas variáveis, possibilitando redução de consumo com ganhos ambientais e econômicos significativos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7196. **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997, 107p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D5468-02 (2007): Standard test method for gross calorific and ash value of waste materials**. West Conshohocken, 2007. 8p.

BRAND, Martha Andreia. **Energia de Biomassa Florestal**. Rio de Janeiro: **Interciencia**, 2010. 114 p.

BRITO, Jose Otavio. **Expansão da produção florestal em unidades energéticas**. Congresso Pan-americano, 1. Curitiba, 1993. Congresso Florestal Brasileiro, 7. São Paulo, v. 3, p. 280 – 282, 1993.

BRITO, Jose Otavio. **O uso energético da madeira**. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 185 – 193, jan./mar.2007.

CUNHA M.P.S.C. et al. **Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras**. 3º encontro Brasileiro de madeiras e estruturas de madeira, São Carlos, v. 2, p 93-121, 1989.

GALVÃO, Antônio Paulo Mendes, JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. **Secagem racional de madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 112p.

GLASS, Samuel V., ZELIKA, Samuel L. **Moisture Relations and Physical of Wood**. **Forest Service**. Forest Products Laboratory, Wood Handbook, Wood as an engineering material. U.S. Madison. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, p. 1-19, 2010.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. **Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada**. ESLAQ/USP, circular técnica do IPEF, n. 191, p.3, jan 2000.

JARA E.R.P. **O poder calorífico de algumas espécies que ocorrem no Brasil**. IPT Comunicação Técnica, São Paulo, v. 1979, p. 1-6, 1

LIMA, Edson Alves de. **Alternativa para estimar o preço da madeira para energia**. Embrapa Florestas comunicado técnico. Colombo PR, v. 260, p.2-4, 2010.

MARCONE, Maria de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. Metodologia do trabalho científico, São Paulo: Editora Atlas, 1992. 214 p.

MARESCHI, João Carlos. **MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UFPR CENTRO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA** Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal Fevereiro/ 2.005 4ª edição – novembro / 2.012 Atualização: setembro de 2014 - Curitiba, PR –

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. **Biomassa e a segunda fonte de energia em 2016**. Brasília, mar. 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia-em-2016>. Acesso em: 29 mai. 2018.

PEREIRA, Barbara Candido et al. **Effects of spacing in the proprieties of the wood and charcoal of eucalyptus clones from energetic forests**. In: **CONGRESSO MUNDIAL FLORESTAL**, 1. 2009, Buenos Aires. Anais... Buenos Aires: Forests in Development a Vital Balance, 2009. p. 126-135.

QUÉNO, Laurent Roger Marie. **Viabilidade econômica da produção de biomassa de eucalipto e capim elefante**. 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 64p.

SANTOS, Rosimeire Cavalcante dos. **Parâmetros da qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucaliptos**. 2010. 173 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, L.

SILVEIRA, Ronaldo Luiz Vaz de Arruda. **Evaluation of the nutritional status of Eucalypts: visual and foliar diagnosis and their interpretation**. In: GONÇALVES,

J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 85-111

