



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENERGIA DA BIOMASSA



Silvana Pereira da Silva

PERFIL DAS MADEIREIRAS NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS E
CARACTERIZAÇÃO DENDROENERGÉTICA DOS RESÍDUOS GERADOS NO
PROCESSAMENTO MECÂNICO

RIO LARGO

2016

SILVANA PEREIRA DA SILVA

PERFIL DAS MADEIREIRAS NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS E
CARACTERIZAÇÃO DENDROENERGÉTICA DOS RESÍDUOS GERADOS NO
PROCESSAMENTO MECÂNICO

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Energia da Biomassa.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento

RIO LARGO

2016

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

S586p Silva, Silvana Pereira da.
Perfil das madeiras no município de Palmeiras dos Índios e caracterização dendroenergética dos resíduos gerados no processamento mecânico / Silvana Pereira da Silva, Rio Largo – 2016.
68 f. : il.

Orientador: Hugo Henrique Costa Nascimento.
Dissertação (Mestrado em Energia da Biomassa) – Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós-Graduação em Energia da Biomassa, Rio Largo, 2016.

Bibliografia: f. 47-59.
Anexos: f. 60-68.

1. Resíduo madeiro. 2. Caracterização energética. 4. Serrarias - Palmeira dos Índios (AL). I. Título.

CDU: 620.95

SILVANA PEREIRA DA SILVA

PERFIL DAS MADEIREIRAS NO MUNICÍPIO DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS E
CARACTERIZAÇÃO DENDROENERGÉTICA DOS RESÍDUOS GERADOS NO
PROCESSAMENTO MECÂNICO

Dissertação submetida ao corpo docente do
programa de Pós-Graduação em Energia da
Biomassa da Universidade Federal de Alagoas
e aprovada em 01 de dezembro de 2016.

Profº Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento, CECA/UFAL (Orientador)

Banca Examinadora:

Prof Dr. Rafael Ricardo Vasconcelos da Silva, CECA/UFAL

Profa Dra. Vânia Aparecida de Sá, CECA/UFAL

Msc. André Felipe Câmara Amaral

A todos, pelo auxilio fornecido durante a construção desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela família que me foi concedida; A minha mãe Vânia, à minha vó Euridice, agradeço pelo amor e apoio em todas as horas;

Ao meu noivo Leandro pela paciência, dedicação e ajuda;

À Universidade Federal de Alagoas – Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realizar um curso de Pós-Graduação;

Durante esses dois anos, eu só tenho a agradecer a todas as pessoas que cruzaram o meu caminho. Pelos momentos difíceis, que por vezes pensei em desistir, e pelos momentos bons, que me proporcionaram ânimo e motivação;

Agradeço, principalmente, a meu orientador, Prof. Dr. Hugo Henrique, por toda a ajuda, apoio, paciência e compreensão, pessoa fundamental para a realização desse trabalho e para a minha formação acadêmica;

Aos bons professores do curso de Pós-Graduação em Energia da Biomassa, por todos os ensinamentos transmitidos;

Aos colegas de curso em especial Analice Ferreira, aos colegas da graduação de Engenharia Florestal em especial Renata Guilherme, Mayara Marinho e Matheus Cruz e amigos do Laboratório da Embrapa, especialmente André Felipe, pela contribuição na elaboração desse trabalho;

Não é simples transformar sentimentos em palavras, mas quero que saibam que serei eternamente agradecida a cada um de vocês.

RESUMO

O trabalho foi conduzido em duas etapas. Na primeira etapa foi realizado o diagnóstico das principais serrarias do município de Palmeira dos Índios. A segunda fase consistiu na caracterização dendroenergética dos resíduos gerados nas serrarias. As propriedades avaliadas foram: composição química elementar, umidade, densidade a granel, teor de cinzas, poder calorífico superior, poder calorífico inferior e densidade energética dos resíduos madeireiros de cinco espécies encontradas nos estabelecimentos: Amarelo cetim (*Euxylophora paraensis* Huber), Angico do Pará (*Anadenanthera colubrina* Vell.), Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e o Louro (*Laurus nobilis* L.). Quanto à análise elementar o teor de carbono dos resíduos do Amarelo cetim, Angico do Pará e o Louro, 47,57%, 47,60% e 47,63% foram os que apresentaram maior quantidade. O Jatobá e o Angico do Pará 0,32% e 0,33% foram às espécies que apresentaram menor teor de nitrogênio. Os resíduos que apresentaram maior teor de hidrogênio foram o Louro (6,11%) e o Amarelo cetim (6,05%). O Louro apresentou o menor teor de umidade de 9,75%. Já o Amarelo cetim foi a espécie que apresentou menor teor de cinzas de 0,34% e maior densidade a granel de 0,34 g.cm⁻³. O Angico do Pará apresentou maiores valores para poder calorífico superior e poder calorífico inferior, sendo de 4885 kcal.kg⁻¹ e 4568 kcal.kg⁻¹, respectivamente. O Amarelo cetim e o Angico do Pará apresentaram maior densidade energética 1655,4 kcal.m⁻³ e 1563,8 kcal.m⁻³, respectivamente. Os resultados demonstraram que as duas espécies mais consumidas nas serrarias da região foram o Angico do Pará e o Jatobá, gerando assim resíduos do tipo, maravalha e aparas. Esses resíduos têm como destino duas principais áreas: a primeira, em aviários, servindo de cama para aves, e a segunda, para geração de energia através da queima. Os resíduos gerados pelas serrarias apresentaram boa qualidade para produção de energia através da queima, com destaque para o Angico do Pará e o Amarelo cetim.

Palavras-chave: Resíduo madeireiro. Caracterização energética. Serrarias.

ABSTRACT

The work was conducted in two stages. In the first phase was conducted Diagnostics of major sawmills in the town of Palmeira dos Índios. The second phase consisted of the dendroenergetic characterization of waste generated in the sawmills. The properties were evaluated: elementary chemical composition, moisture, bulk density, ash content, calorific value higher, lower calorific value and energy density of wood residues of five species: Amarelo cetim (*Euxylophora paraensis* Huber), Angico do Pará (*Anadenanthera colubrina*, Pará (vell.), Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) and Louro (*Laurus nobilis* L.). As for elemental analysis the carbon content of the waste of Amarelo Cetim, Angico do Pará and the Louro, 47.57%, 47.60% and 47.63% were the ones who presented a higher amount. The Jatobá and Angico do Pará 0.32% and 0.33% were the species that showed lower nitrogen content. The waste that had higher hydrogen content were the Louro (6.11%) and Amarelo cetim (6.05%). The Louro presented the lowest moisture content of 9.75%. Already the Yellow satin was the species that showed lower ash content of 0.34% and higher bulk density of 0.34 g.cm⁻³. The Angico do Pará presented greater values for higher calorific value and lower calorific value, and 4568 kcal.kg⁻¹ and 4885 kcal.kg⁻¹, respectively. The amarelo cetim and Angico do Pará presented a higher energy density 1655.4 kcal.m⁻³ and 1563.8 kcal.m⁻³, respectively. The results showed that the two species most used in sawmills in the region were the Angico do Pará and the Jatobá, thus creating the waste type, shavings and chips. These residues have as two main areas: first, in aviaries, serving as a bed for birds, and the second, for the generation of energy by burning. The waste generated by saw mills showed good quality for production of energy by burning the Angico do Pará and the Amarelo cetim.

Keywords: Wood residue. Energy characterization. Sawmills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista do satélite de Palmeira dos Índios, AL.....	25
Figura 2: Etapas da metodologia.....	26
Figura 3: Distribuição das respostas relacionadas aos estabelecimentos. Em A, Cadastro na prefeitura da serraria; B, Consumo de energia mensal (kW); C, Situação; D, Produtividade (m ³); E, Origem dos clientes	30
Figura 4: Avaliação da matéria-prima e do processamento mecânico: quanto ao material. Em A, Origem da madeira; B, Espécies de madeiras serradas; C, Origem das toras; D, Serra(s)/equipamento (s); E, Controle de velocidade; F, Percentual de umidade da madeira serrada; G, O diâmetro médio das toras processadas nas serrarias; H, A tora de madeira a ser processada pela serraria; I, Tratamento químico após o processamento da madeira.....	31
Figura 5: Distribuição das respostas relacionadas quanto a madeira processada. Em A, Certificação da madeira; B, Depositada; C, Tempo de armazenamento na serraria; D, Principal destino; E, Transporte utilizado.....	34
Figura 6: Distribuição das respostas relacionadas Quanto ao Resíduo. Em A, Percentual de resíduo gerado no processo; B, Resíduo mais ocorrente; C, Equipamentos utilizados no tratamento de resíduos; D, Destino dos resíduos; E, Uso do resíduo.....	35
Figura 7: Teor de carbono, nitrogênio e de hidrogênio de cinco espécies.....	37
Figura 8: Teor de Umidade da Maravalha e da Serragem de cinco espécies.....	39
Figura 9: Densidade à Granel de cinco espécies.....	40
Figura 10: Teor de Cinzas de cinco espécies.....	41
Figura 11: Poder Calorífico Superior e Inferior de cinco espécies.....	43
Figura 12: Densidade Energética de cinco espécies.....	44
Figura 13: A - Agitador eletromagnético de peneiras; B - Balança de precisão; C - Conjunto de peneiras com granulometria de 60 e 40 <i>mesh</i>	63
Figura 14: Estufa.....	63
Figura 15: Equipamento utilizado para análise imediata de amostras de resíduos – A - Mufla; B e C - dessecador utilizado para resfriamento.....	64
Figura 16: Equipamento utilizado para determinação do poder calorífico superior (C 2000). Bomba calorimétrica.....	64
Figura 17: Analisador elementar.....	64

Figura 18: Resíduos madeireiros: A – Maravalha; B – Serragem grossa; C – Serragem fina.....	65
Figura 19: Jaqueira (<i>Artocarpus heterophyllus</i>): A – Árvore adulta; B – Frutos; C – Folhas; D - Madeira.....	65
Figura 20: Angico Vermelho (<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan): A – Árvore adulta; B – Inflorescências; C – frutos; D – Madeira.....	66
Figura 21: Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>): A – Árvore adulta; B – Inflorescência; C – Frutos e sementes; D – Madeira.....	66
Figura 22: Louro (<i>Laurus nobilis</i>): A - Árvore adulta; B - Inflorescência; C - Óleo; D - Tronco; E - Frutos e Folhas.....	67
Figura 23: Amarelo Cetim (<i>Euxylophora paraensis</i> Huber): A - Árvore adulta; B - Fruto; C - Tronco; D - Folhas; E - Madeira.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificação das serrarias e espécies encontradas.....	26
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Grau Celsius

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

B - Boro

C - Carbono

ca.g⁻¹ - Caloria por grama

CO₂ - Gás carbônico

Cu - Cobre

DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

g – Grama

g.cm⁻³ – Grama por centímetro cúbico

H – Hidrogênio

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

kcal.kg⁻¹ - Quilocaloria por quilograma

kg - Quilograma

kWh - Quilowatt-hora

kWh.m⁻³ - Quilowatt-hora por metro cúbico

m³ – Metro cúbico

m³.ano⁻¹ – Metros cúbicos por ano

Mg - Magnésio

MME - Ministério de Minas e Energia

N - Nitrogênio

O - Oxigênio

PCI - Poder Calorífico Inferior

PCS - Poder Calorífico Superior

SC - Santa Catarina

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Biomassa Florestal para Produção de Energia	15
3.2 Estrutura da Biomassa	17
3.3 Propriedades Energéticas da Biomassa Vegetal	17
3.4 Densidade Energética	18
3.5 Propriedades Físicas da Biomassa	18
3.5.1 Densidade	18
3.5.3 Teor de Umidade (TU).....	19
3.5.4 Teor de Cinzas	19
3.6 Resíduos	20
3.6.1 Resíduos Florestais.....	20
3.6.2 Resíduos Florestais no Estado de Alagoas.....	21
3.6.3 Serraria.....	22
3.7 Espécies Estudadas	22
3.7.1 Jaqueira.....	23
3.7.2 Angico Vermelho	23
3.7.3 Jatobá.....	23
3.7.4 Louro	24
3.7.5 Amarelo cetim	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.2.1 Coleta e preparo do material	26

4.2.4 Componentes químicos elementares	27
4.2.5 Poder Calorífico.....	28
4.2.6 Densidade Energética	28
4.2.7 Análises dos dados	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.3 Teor de Umidade.....	38
5.4 Densidade a Granel	40
5.5 Teor de Cinzas	41
5.6 Poder Calorífico.....	42
5.7 Densidade Energética	44
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXO A	59
ANEXO B	63

1. INTRODUÇÃO

A busca por energias mais limpas é um dos grandes desafios da sociedade moderna. Crescentemente em todo planeta vários ramos da sociedade e entidades de pesquisa buscam modelos de substituição de combustíveis fósseis por energias renováveis, reduzindo os efeitos ao ambiente, provocados pelo uso do petróleo e do carvão mineral.

Nota-se que a biomassa atualmente é uma das fontes de energia renovável, com possibilidade de ser usada nos diferentes ramos mercantil, pois é apto para sustentar o serviço de transportes, além de apresentar versatilidade de resolver com eficácia as esferas que precisam de energia elétrica (CORTEZ, LORA, AYARZA. | CORTEZ, LORA, GOMES, 2008).

Por várias décadas países acreditavam que a dependência energética proveniente de biomassa constituiria um atraso, visto que a mesma era empregada de modo excepcionalmente rudimentar. Contudo, a evolução da percepção sobre o meio ambiente e o desejo de acolhimento de políticas sobre o desenvolvimento sustentável procederam com que esse cenário se tornar-se defasado.

Outro panorama a valorizar é que o aproveitamento da biomassa, originária de formas sustentáveis, bem como combustível possui o benefício de colaborar naturalmente para o clima do planeta, como por exemplo são alcançados através do método fotossintético e por meio dos resíduos agrícolas, florestais etc. (COELHO; VELAZQUEZ; APOLINARIO, 2007).

Dessa forma o desperdício no setor madeireiro produz uma enorme quantidade de resíduos, demonstrando um pequeno rendimento, que expostos ao meio ambiente de maneira inadequada podem ocasionar uma ameaça ao mesmo. Assim, vemos a combustão da madeira e a carbonização, como uma das soluções para diminuir os resíduos de indústrias madeireiras, no entanto o método, apesar de diminuir os resíduos, causa efeitos ao meio ambiente por meio da liberação de gases e derivados, deste modo, o uso desses resíduos em produtos vem a ser a resposta menos agressiva ao ambiente (FONTES, 1994).

Outras formas de aproveitamento dos resíduos é a produção de briquetes, pellets, painéis de madeira, pequenos objetos de madeira, etc.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a produção de resíduos das serrarias do Município de Palmeira dos Índios em termos de quantidade e qualidade energética.

2.2 Específicos

- Identificar a origem e o uso da matéria prima madeireira para a produção de madeira serrada, descrever o processamento, técnicas e tecnologias empregadas.
- Analisar a composição química elementar dos resíduos madeireiros.
- Avaliar o teor de cinzas, a umidade e a densidade a granel dos resíduos madeireiros.
- Determinar o Poder calorífico superior, inferior e a densidade energética dos resíduos madeireiros

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Biomassa Florestal para Produção de Energia

Devido ao seu destaque como fonte renovável e por apresentar um ciclo de CO₂ (gás carbônico) neutro, a biomassa tem sido reconhecida nos últimos anos como um recurso energético alternativo aos combustíveis fósseis (RENDEIRO, 2008).

Com a crescente demanda diante da redução na distribuição dos combustíveis fósseis, além das vantagens ambientais frente às alterações climáticas alarmantes do planeta, a biomassa apresenta-se como um dos poucos recursos capazes de suprir a atual crise energética do planeta (RODRIGUES, 2009).

Atualmente a biomassa é considerada uma das mais importantes alternativas para a transformação da matriz energética tanto no mercado interno como no internacional. Ela é uma fonte riquíssima de produção de energia elétrica e de biocombustível como o etanol e o biodiesel, no qual o uso desses produtos é crescente em substituição dos derivados de petróleo como a gasolina e o óleo diesel. Portanto, a biomassa resulta em um dos recursos com mais alto potencial de crescimento para produção de energia nos próximos anos (WALKER, 2009).

A palavra biomassa significa matéria vegetal produzida de maneira natural, ou seja, produzida pela natureza sem interferência do ser humano, resultado da fotossíntese e seus variados produtos e subprodutos derivados como, por exemplo, de culturas, resíduos agrícolas, florestas, dejetos animais e matéria orgânica, presentes nos rejeitos urbanos e industriais (WALKER, 2009; MME, 2007).

De acordo com Brito e Barrichelo (1979), o território brasileiro apresenta grandes condições para utilizar a madeira para fins energéticos precisando, para este fim, de pesquisas concretas para a introdução de um composto sustentável e racional de florestas energéticas.

Para o Ministério de Minas e Energia (MME, 2007) o Brasil apresenta vantagens para ocupar uma posição de destaque mundialmente no uso e produção de biomassa como alternativa energética, devido suas condições naturais e sua localização geográfica, além da grande quantidade de solo agricultável com características adequadas de condições climáticas e solo, da possibilidade de vários cultivos durante o ano, e a estimativa de inserção de novas áreas onde ocorreram

impactos ambientais. Além do mais, durante todo o ano o território brasileiro recebe uma grande quantidade de radiação solar, o recurso energético fundamental para produção de biomassa.

No Brasil existem diferentes tipos de biomassa que podem ser usadas como combustível, dentre eles sobressai os cavacos, a lenha, a serragem e o bagaço de cana, o qual é muito usado devido à enorme produção de álcool e açúcar brasileira. A biomassa é mais usada comumente para gerar energia térmica por meio da queima direta. Ela também pode ser usada na gaseificação, ou seja, a biomassa é convertida para gerar combustível (GENOVESE et al., 2006).

Segundo Ciampi (1992) atualmente entre as alternativas encontradas para utilização da biomassa com finalidade energética, sobressai o uso de resíduos urbanos, agrícolas e florestais. Os resíduos podem ser classificados em: resíduos agroindustriais, que são resíduos industriais, agropecuários, florestais e agrícolas; resíduos domésticos, comerciais, das atividades municipais e resíduos especiais— são resíduos radioativos, perigosos e hospitalares.

Segundo Cortez et al., (2008) os resíduos derivados de indústrias florestais é uma relevante fonte para produzir energia da biomassa. Esses resíduos são formados por todo o aparato que é esquecido no decurso do recolhimento da lenha, tanto em serragem e cavacos gerados na indústria no procedimento da madeira, como em bosques naturais como em reflorestamento, e florestas.

A renovação da biomassa se dá através do ciclo do carbono. A combustão da biomassa e de seus produtos e subprodutos induzem a liberação de CO_2 no ambiente. Por meio do processo fotossintético, os vegetais transformam o CO_2 em hidratos de carbono, liberando O. Dessa forma o uso da biomassa, desde que não ocorra de forma prejudicial, não modifica a constituição da atmosfera (LIPPEL, 2012).

As vantagens da utilização da biomassa na geração de energia são muitas como: a geração de empregos, é uma fonte renovável, têm custo baixo, é um recurso energético menos poluente do que outros, como o carvão mineral e o petróleo, além do reaproveitamento de resíduos (LIPPEL, 2012).

A biomassa se destaca pelas facilidades de transporte, conversão, armazenamento e pelo possível aumento de sua densidade energética. O uso da biomassa florestal como recurso energético oferece grandes vantagens, mas é

importante enfatizar que é preciso ter um alto controle sobre os locais desmatados (LIPPEL, 2012).

3.2 Estrutura da Biomassa

A Biomassa possui em sua composição química átomos de oxigênio (O), sendo, um hidrocarboneto, diferente dos combustíveis fósseis. Ela também requer menos oxigênio do ambiente devido à presença desse elemento em sua composição, dessa forma, ele é menos poluente e a quantidade de energia a ser liberada é menor, sendo o Poder Calorífico Superior reduzido (ECKER et al., 2013).

Os principais constituintes da biomassa vegetal são: lignina (25%), a hemicelulose (20 a 40%) e 40 a 50% de celulose (MARTINI, 2009).

3.3 Propriedades Energéticas da Biomassa Vegetal

Para caracterizar um combustível, vários testes estão disponíveis, mas para analisar um material novo os primeiros ensaios determinantes a serem realizados são: poder calorífico, análise imediata e análise elementar. Esses ensaios são fundamentais para comprovar a viabilidade energética e econômica de um combustível (CIAMPI, 1992). Além de sua densidade energética (RODRIGUES, 2009).

A análise elementar refere-se à determinação percentual do conteúdo mássico dos elementos constituintes da biomassa como o oxigênio (O), nitrogênio (N), carbono (C), hidrogênio (H), enxofre (S) e minerais. Ela constitui a base dos cálculos de combustão, pois o potencial energético de um combustível pode ser calculado a partir da porcentagem de cada um dos seus elementos (BRAND, 2010).

Os principais elementos químicos combustíveis são hidrogênio (H) e carbono (C) (PAULA et al., 2011a; PROTÁSIO et al., 2011a; DERMIBAS; DERMIBAS, 2009). No entanto são desejáveis para produção de energia que a madeira tenha baixos teores de cinzas e oxigênio e altos teores de carbono e hidrogênio (PAULA et al., 2011a; PROTÁSIO et al., 2011a; HUANG et al., 2009; DEMIRBAS; DERMIBAS, 2004). As propriedades que estão relacionadas diretamente ao potencial energético da madeira são o poder calorífico, e os teores de holocelulose, cinzas, lignina e os

componentes elementares (PAULA et al., 2011a; PROTÁSIO et al., 2011 a; PARIKH et al., 2007).

Um ótimo parâmetro para se avaliar a potencialidade energética de combustíveis da biomassa é o poder calorífico (PROTÁSIO et al., 2011; BRAND, 2010; FRIEDL et al., 2005; PARIKH et al., 2005).

Segundo Almeida (2010) o poder calorífico de um material é definido pela quantidade de energia liberada proveniente da combustão do material no ambiente. Dessa forma o calor produzido durante a queima de espécies típicas de florestas diferentes ou resíduos madeireiros pode variar de acordo com suas características anatômicas, físicas e químicas.

O Poder Calorífico pode ser dividido em superior e inferior:

Segundo Quirino et al., (2004) o Poder Calorífico Superior (PCS) é representado pelo valor de energia liberada por um material em sua queima completa, representado em quilocaloria/quilograma (kcal.kg^{-1}) ou calorias por grama (cal.g^{-1}). A energia presente no combustível será maior, quanto maior for este parâmetro (CARVALHO, 2010).

Medeiros e Cardoso (2010) identificam o Poder calorífico Inferior (PCI) como proporcional ao número de calorias essencial para produzir 1 kg de combustível por meio da combustão desse combustível, mais os gases de descarga e o ar em excesso, esfriados até o ponto de ebulição da água, impedindo sua liquefação.

3.4 Densidade Energética

É desejável alta densidade energética para uso energético dos combustíveis de biomassa, a densidade energética corresponde ao número de energia por unidade de volume de um combustível (GARCIA et al., 2012; PROTÁSIO et al., 2012).

3.5 Propriedades Físicas da Biomassa

3.5.1 Densidade

A densidade da lenha é um difícil aspecto consequente da adesão de inúmeros motivos. Onde está envolvida a combinação dos componentes anatômicos, a comparação entre o lenho primaveril e outonal, o tamanho das fibras, em especial a densidade da parede e a quantidade de parênquima e vasos (FOELKEL et al., 1971; BOWYER et al., 2003).

De acordo com Nogueira e Rendeiro (2008) citado por Vieira (2012) a densidade corresponde a divisão entre a massa específica da massa biológica (biomassa) pela massa específica da água (ρ_{H_2O}) no status tradicional (25°C e 100 kPa), ou seja, 1000 kg.m^{-3} .

3.5.3 Teor de Umidade (TU)

Souza (2010) afirma que o teor de umidade é a característica que apresenta grande poder de interferência sobre a combustão de elementos combustíveis. Esta propriedade aponta o volume de água real na lenha, variando de 65 a 70% em base úmida (QUIRINO et al., 2004) e menor que 25% do material para aproveitamento para queima e não diminuição do poder calorífico disponível na madeira (FARINHAQUE, 1981).

Quanto às espécies diferentes, clima e armazenamento, o teor de umidade pode apresentar variações atrapalhando o comando do método de queima, tornando-o desfavorável, pela quantidade de energia em transito essencial para vaporizá-la (BRITO; BARRICHELO, 1979).

3.5.4 Teor de Cinzas

Os produtos resultantes da queima das substâncias orgânicas e oxidações dos inorgânicos são definidos como teor de cinzas. Ou seja, a combustão da biomassa resulta em cinzas, esse processo ocorre em temperaturas altas, para evitar operações inadequadas (NOGUEIRA; RENDEIRO, 2008) apud por Vieira (2012).

Geralmente a combustão da madeira produz de 1-3% de cinzas, 20-24% de carbono fixo e 78-80% de materiais voláteis (AROLA, 1976). Na presença de altas proporções de cinzas interferirá na transferência de calor, podendo diminuir o poder calorífico e provocar a perda de energia (MOERS et al., 2011).

3.6 Resíduos

Ao longo das últimas décadas modificou-se no Brasil o modelo energético, primeiramente alimentado pela lenha, ocupando 41,06% da oferta interna bruta de energia atualmente encenada pelos recursos renováveis (eletricidade e biomassa). Diante do balanço de energia nacional a atuação dos resíduos é pequena, mas ao longo dos últimos anos, estes tiveram um crescimento significativo (VALE; GENTIL, 2008).

Quirino (2003) interpreta o termo resíduo como todo material ou substância destinada, por seu possuinte, ao esquecimento. É tudo o que sobra de uma técnica de criação, de modificação ou de aplicação.

3.6.1 Resíduos Florestais

Os objetos derivados da indústria florestal são os mais diversos, sendo classificados em: óleos e resinas; alimentos; cosméticos; fármacos; madeira e móveis; chapas e compensados; papel e celulose; carvão; lenha e energia (SBS, 2007).

Os resíduos das indústrias são classificados conforme suas características morfológicas como: pó-partículas menores que 0,5 mm; serragem-resíduos de madeira com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm, oriundo do uso de serras; maravalhas-partículas com menos de 2,5 mm; cavacos-resíduos com dimensões máximas de 50 x 20 mm, em geral derivada do uso de picadores; lenha-partículas de maiores dimensões, formadas por resíduo de topo de tora, aparas e costaneiras (FONTES, 1994).

Em uma indústria florestal formada por três unidades, uma serraria, uma indústria de painéis e compensado foi calculada os custos de energia térmica e elétrica e foi comprovada que o setor que mais gasta energia elétrica e térmica é a serraria (BRAND et al., 2002). Foi realizado um estudo de caso na Empresa BK Energia Itacoatiara no Estado do Amazonas que mostrou a relevância do proveito de sobras das indústrias madeireiras para produção de energia elétrica (SILVA, 2011). Segundo Dowaki e Mori (2005) as sobras geradas em serrarias, produzem energia térmica, quando queimadas, que pode ser convertida em energia elétrica substituindo dessa forma a energia comprada.

O proveito das sobras provenientes das serrarias aponta benefícios significativos como o possível aumento da capacidade produtiva pela expansão da oferta de energia; a diminuição dos impactos ambientais gerados pela queima e pelo descarte das sobras; a diminuição dos gastos de produção e a geração de postos de trabalho (ARAÚJO, 2003).

São produzidos 70.930 m³ do volume total de resíduos, sendo 17.733 m³ são serragem/maravalha; 24.826 m³ são pontas/aparas/peças com defeito; e 28.372 m³ são costaneiras/cascas. Cada resíduo representa o percentual do volume total aproximado: 25% serragem/maravalha; 35% pontas/aparas/peças com defeito e 40% costaneiras/cascas. O número total de resíduos não aproveitados chega a 21.335,5 m³ (30,1%), sendo estimado a partir da soma da percentagem da queima, do descarte e do valor acima citado, encontrando uma maior perda na serragem e maravalha, que atinge 11.330,7 m³ (63,9%) (ARAÚJO, 1991).

3.6.2 Resíduos Florestais no Estado de Alagoas

Alagoas faz parte dos estados com um número inferior a 50.000 hectares de florestas plantadas (ABRAF, 2012). O censo agropecuário realizado em 2006 pelo IBGE constatou aproximadamente 200.000 hectares de florestas naturais, destinadas a sistemas agroflorestais, preservação permanente ou reserva legal no estado de Alagoas e uma área de plantio de florestas plantada de apenas 3.218 hectares (SEMARH, 2015).

Em um estudo realizado pelo IPEA (2012) no Brasil em 2009 sobre a produção de produtos madeireiros de florestas nativas e plantadas, o estado de Alagoas produziu 6.820 m³ de lenha proveniente de Florestas plantadas e 81.218 m³ de lenha do extrativismo vegetal. Também foram produzidos no estado 496 m³ de madeira em toras para outros fins e 39.486 m³ para celulose e papel. Foram produzidas ainda 2.375 m³ em madeira em toras provenientes do extrativismo vegetal no território Alagoano em 2009 (SEMARH, 2015).

Em 2009 o estado de Alagoas produziu 18.184,33 m³.ano⁻¹ de resíduo de madeira processada mecanicamente, sendo 415,63 m³.ano⁻¹ oriundo do extrativismo vegetal e 17.769,70 m³.ano⁻¹ proveniente de Florestas plantadas (SEMARH, 2015).

Há uma grande diversidade na produção de resíduos e na alteração primária da tora em matéria-prima. A produção de resíduos é irremediável ao se desdobrar

um tronco de madeira, sendo que os fragmentos, volume e variedades de pedaços dependem de diversos motivos como a aplicação final das peças serradas e o diâmetro das toras (SEMARH, 2015).

Em Alagoas no ano 2009 a produção de resíduo da cadeia florestal foi de 27.542.85 m³.ano⁻¹, esse valor equivale à soma das etapas de colheita e processamento mecânico da madeira (SEMARH, 2015).

3.6.3 Serraria

Segundo Rocha (1999) Serraria é lugar no qual toras são estocadas e processadas em madeira serrada, posteriormente são armazenadas por um tempo determinado para secar. Em 1896 surgiu a primeira serra movida a eletricidade, dessa maneira, as serrarias puderam ser formadas distante dos rios, não dependendo das rodas d'águas e passaram a ser obras de porte grande (LATORRACA, 2004). Vital (2008) agrupa as serrarias conforme sua fabricação em: grandes acima de 100 m³ de toras.dia⁻¹, média com 50 a 100 m³ de toras/dia e pequenas com produção de até 50 m³ de toras.dia⁻¹.

Na serraria a primeira fase de modificação da matéria-prima consiste em toras que são objetos roliços os quais são transformados em produtos madeireiros, estes serão submetidos à utilização de procedimentos mecânicos que as modificam em pedaços de tamanho menor (GATTO, 2002). Os instrumentos e os mecanismos usados no desdobro essencial são serras de fita e carro porta toras; serras alternativas ou de quadro e serras circulares. O uso desses mecanismos pode produzir objetos como: cavacos, serragem, costaneiras, tabuas, pranchões, blocos e semiblocos (ROCHA, 2002).

Segundo Vital (2008) as serrarias geralmente apresentam e manuseiam instrumentos de mal estado, com capital pequeno e manuseio ineficaz, além de serem fabricas isoladas. A maior parte das serrarias torna-se ineficaz e não viável economicamente e produzem um grande valor de resíduos por causa do mau estado de conservação dos instrumentos de fabricação.

3.7 Espécies Estudadas

As cinco espécies utilizadas para o estudo foram: Amarelo cetim (*Euxylophora paraensis*), Angico do Pará (*Anadenanthera colubrina*), Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*), Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e o Louro (*Laurus nobilis*).

Essas espécies fazem parte do grupo de espécies mais comercializadas nas serrarias do município de Palmeira dos Índios.

3.7.1 Jaqueira

A Jaqueira é uma das mais importantes espécies, útil e possivelmente mais ampla do gênero *Artocarpus*. É um vegetal que possui múltiplos usos. Naturalmente notada pela presença de seus grandes frutos, apresentando um porte médio com uma altura de 8-25m. Originária da Índia Ocidental e Malásia e cultivada em diversos países como Brasil (ELEVITCH; MANNER, 2006).

A espécie *Artocarpus heterophyllus* pertence ao gênero *Artocarpus*, subfamília Moroideae, família Moraceae, ordem Urticales, classe Magnoliopsida, divisão Magnoliophyta (OLIVEIRA, 2009).

3.7.2 Angico Vermelho

De acordo com Gonçalves et al., (2008) o angico vermelho é uma das espécies florestais nativas do Brasil com grande potencial de exploração para o comércio. A *Anadenanthera colubrina* (vell.) Brenan recebe outros nomes botânicos de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan e *Piptadenia macrocarpa* Beny (RIZZINI, 1978; CARVALHO, 1994). De acordo com Carvalho (1994), é usado no reflorestamento e exploração de madeira.

Essa árvore pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae. (LORENZI, 2000; CARVALHO, 1994). De acordo com Braga (1976) o Angico pode ter até 32 metros de altura, possui caule um pouco tortuoso, casca grossa e avermelhada. As flores são alvas, suas vagens são grandes e achatadas.

3.7.3 Jatobá

O *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá) é uma leguminosa pertencente à subfamília Caesalpinioideae, natural da Amazônia e Mata Atlântica (RIZZINI et al., 1997;

LORENZI, 1998, 2002; CARVALHO, 2003). Possui tronco reto, meio cilíndrico, a casca apresenta coloração cinza prateada, quando adulta pode atingir 20 m de altura (30 m na Floresta Amazônica). Suas folhas são brancas (LORENZI, 1998, 2002).

Devido a seu lento crescimento ajuda à fixação de elementos crivados em seu fuste, fazendo com que a madeira seja usada na construção, variando desde linhas de sustentação domiciliar á objetos musicais (RIZZINI et al., 1997; LORENZI; MATOS, 2002; CARVALHO, 2003; COSTA, 2004).

3.7.4 Louro

A espécie *Laurus nobilis* L. conhecida como Louro (SILVA 2007a). Pertence à família Lauraceae (OZCAN et al., 2010), possui características medicinais e ornamentais, sendo também usado na culinária, cultivada em vários países de clima subtropical e moderado (DERWICH et al., 2009).

Essa planta apresenta uma longa duração sendo superior a 100 anos, dificilmente ultrapassa 10 metros de altura, é perenifólia (SILVA, 2007 a). Possui flores pequenas de coloração amarelas. O fruto é roxo, com sementes pequenas (LORENZZI et al., 2003; PATRAKAR et al., 2012). As folhas perseveram o ano todo, o caule possui casca cinza e lisa (FONT QUER, 1993).

3.7.5 Amarelo cetim

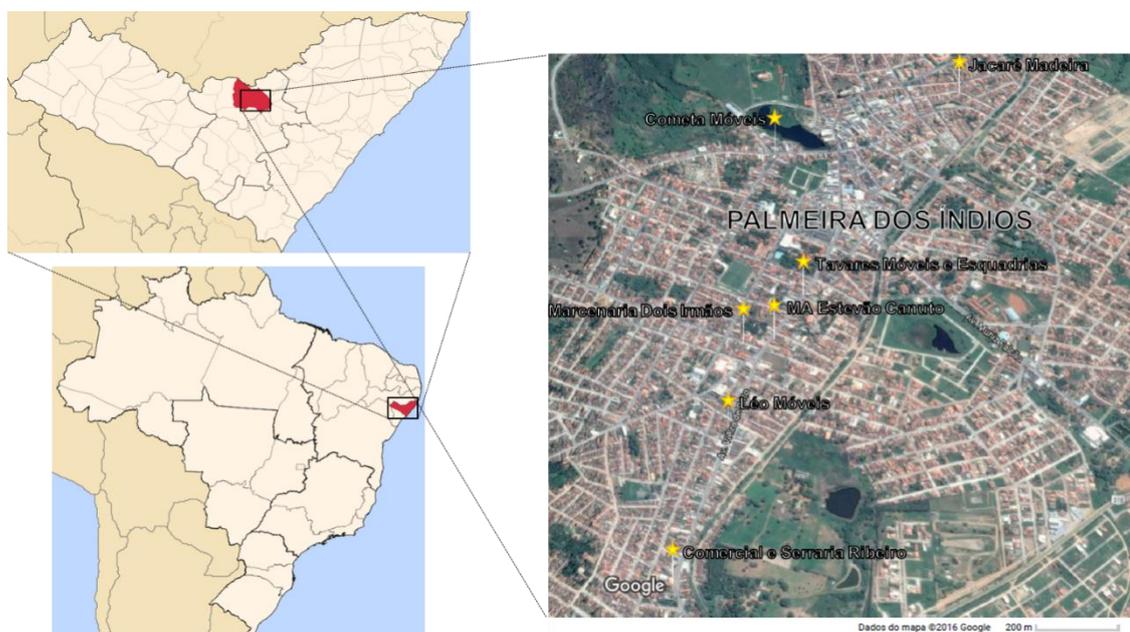
A espécie florestal *Euxylophora paraensis* Huber é considerada rara, pertence à família Rutaceae e apresenta um alto valor ecológico, econômico e silvicultural (ALMEIDA, 2003). É conhecida comumente como pau-amarelo e amarelo cetim (CAMARGO et al., 2001). Segundo Souza e Lorenzi (2008), nativa da região Amazônica. São arbustos ou árvores com presença de espinhos (GROPO, 2010).

De acordo com o IBAMA (2015) essa espécie apresenta diversos usos como na construção civil, embarcações (costado, quilha, convés), assoalhos, torneamento, construções marítimas e ponte. Ela também é empregada na produção de cabos de ferramentas, móveis e bengalas devido sua madeira ser de boa qualidade e pesada (LOUREIRO; SILVA, 1968).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa foi desenvolvida no município de Palmeira dos Índios, AL à 140 km da capital Maceió, em duas etapas, sendo a primeira: Diagnóstico das principais serrarias do município de Palmeira dos Índios; e a segunda: Caracterização dendroenergética dos resíduos gerados nas serrarias do município de Palmeira dos Índios.

Figura 1: Vista do satélite de Palmeira dos Índios, AL



Fonte: <http://www.cidade-brasil.com.br/vista-satelite-palmeira-dos-indios.html>

4.1 Diagnóstico das principais serrarias do município de Palmeira dos Índios

Para coleta das informações de campo, foram realizadas visitas técnicas nas serrarias, e aplicados questionários para o proprietário ou responsável pela empresa. Para a elaboração da análise de madeira serrada na cidade de Palmeira dos Índios, foram escolhidas madeireiras por delineamento experimental aleatório simples. Foi proposto o método de pesquisa que considera os principais fatores que interferem no processo de produção de madeira serrada.

Foi realizado o levantamento e a caracterização das serrarias, quanto à origem da matéria-prima, as principais espécies de madeira serrada, os tipos de equipamentos para o corte utilizado, os mecanismos de controle dos equipamentos, o percentual de umidade da madeira serrada, o comprimento e o diâmetro das toras

serradas, o tipo de resíduos gerados, classificação quanto ao local do descascamento da tora, percentual de resíduos gerados no processo de desdobro, processos de aproveitamentos dos resíduos, destino dos resíduos, principais usos das sobras (resíduos) na serraria foi coletado os dados relacionados à parte da madeira processada, entre eles: tipo de certificação dos produtos, as bitolas mais comuns produzidas, destino principal dos produtos, usos na construção civil, tempo que a madeira fica depositada na serraria, controle de qualidade e meios de transporte via rodovias.

Tabela 1: Especificação das serrarias e espécies encontradas

Serrarias	Espécies encontradas
Léo Móveis	Louro e Amarelo cetim
Marcenaria dos Irmãos	Jatobá, Angico do Pará e Eucalipto
Tavares Móveis e Esquadrias	Angico do Pará e Jatobá
Comercial e Serraria Ribeiro	Angelim - pedra, Angico do Pará e Jatobá
Jacaré Madeira	Angico do Pará, Jatobá e Maçaranduba
Cometa Móveis	Jaqueira
M A Estevão Canuto	Madeira mista

Fonte: Autor, 2016.

4.2 Caracterização dendroenergética dos resíduos gerados nas serrarias do município de Palmeira dos Índios

4.2.1 Coleta e preparo do material

Figura 2: Etapas da metodologia



Fonte: Autor, 2016.

Foi realizada a coleta dos resíduos em sete serrarias, serragem e/ou maravalha das espécies encontradas nos estabelecimentos comerciais e os mesmos foram encaminhados ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Centro de Ciências Agrárias (UFAL) e da Embrapa localizado no mesmo local, para análises.

Inicialmente, alguns destes resíduos foram triturados em moinho tipo Willy, somente os de maior granulometria inicial. Foram pesadas em uma balança analítica as biomassas de Angico do Pará, Jaqueira, Jatobá, Amarelo cetim e Louro para quantificar a granulometria. Estes resíduos foram classificados em conjunto de peneiras com granulometria de 40 *mesh* e 60 *mesh*, sendo utilizado o que ficou retido na de 60 *mesh*. Foram utilizados para o ensaio amostras de 3 mg, base massa seca em triplicata.

4.2.2 Propriedades físicas

A densidade a granel foi determinada pela norma da ABNT NBR 6922 (1981), a umidade pela ABNT NBR 8112 (1983) ABNT NBR 6922 (1981).

4.2.3 Teor de cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo as diretrizes na norma ABNT NBR 8112 (1986).

4.2.4 Componentes químicos elementares

A análise dos componentes químicos elementares é uma técnica analítica de alta precisão para determinação da quantidade, em porcentagem, de carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre e oxigênio determinados utilizando um analisador elementar Flash 2000. É baseado no método clássico de Pregl-Dumas e para a análise se faz necessária alta temperatura (900 °C) em um ambiente rico de oxigênio de alta pureza. Esta análise foi realizada seguindo as normas (E775, 777, 778 e 870) (CORTEZ; LORA; GOMES 2008 e NOGUEIRA; LORA, 2003 apud KLAUTAU 2008).

Para a análise elementar, as amostras foram moídas e peneiradas, sendo utilizada a fração retida pela peneira de 200 *mesh*. A quantificação dos teores de

carbono, hidrogênio e nitrogênio em relação à massa seca dos resíduos lignocelulósicos foram realizadas em um analisador da marca Thermo Flash 2000 seguindo as normas (E775, 777, 778 e 870) (CORTEZ; LORA; GOMES 2008 e NOGUEIRA; LORA, 2003 apud KLAUTAU 2008).

4.2.5 Poder Calorífico

Para a quantificação do poder calorífico superior (PCS) foi utilizado uma bomba calorimétrica digital da marca IKA C-200, sendo o ensaio com a norma ABNT NBR 8633 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984). Para a determinação do poder calorífico superior, as frações das amostras retidas na peneira de 60 *mesh* foram secadas em estufa a $102 \pm 3^{\circ}\text{C}$ até massa constante.

Para a determinação do poder calorífico superior, as amostras foram prensadas na forma de pastilhas com aproximadamente 1g cada uma. Levadas para bomba calorimétrica obtendo-se o Poder calorífico superior de acordo com a norma ABNT-NBR 8633 (1984).

A transformação dos valores do Poder calorífico superior para Poder calorífico inferior foi realizada utilizando-se a equação a seguir:

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 600 * 9 \text{ H}/100 \text{ (kcal.kg}^{-1}\text{)} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

PCI = Poder calorífico inferior (kcal.kg⁻¹)

PCS = Poder calorífico superior (kcal.kg⁻¹)

H = Hidrogênio

4.2.6 Densidade Energética

A densidade energética (quantidade de energia por unidade de volume de um combustível) foi obtida pelo produto do poder calorífico superior com a densidade a granel das biomassas, não necessitando uma metodologia específica. A densidade energética foi calculada de acordo com a equação a seguir:

$$\text{DE} = \text{D} * \text{PCS} \quad \text{(Equação 2)}$$

DE = densidade energética

D = densidade a granel

PCS = poder calorífico

4.2.7 Análises dos dados

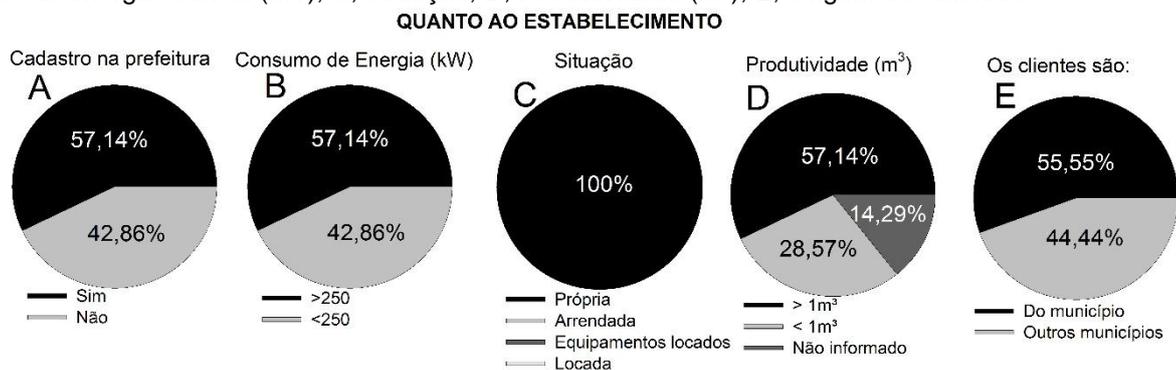
A análise de variância dos dados feita por meio do programa ASSISTAT Versão 7.7 *beta* (SILVA, 2015) - ANOVA, considerando-se os cinco tratamentos com três repetições, utilizando-se o DIC (Delineamento inteiramente casualizado) para verificação significativa ao nível de 95% e confirmação da variação através do Teste de média de Tukey (1977) a nível de 5% de probabilidade, os gráficos foram plotados com auxílio do programa SigmaPlot 11 (2008).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Primeira parte: Diagnóstico das principais serrarias do município de Palmeira dos Índios

A distribuição das respostas relacionadas aos estabelecimentos revelou que 57,14% das serrarias possuem cadastro na prefeitura (Figura 3, A), a maioria delas apresenta consumo de energia mensal >250 kW (57,14%) (Figura 3, B). Quanto à situação 100% das serrarias são próprias (3, C). Em relação à produtividade 57,14% dos estabelecimentos produzem mais que 1m³ (Figura 3, D), e que (55,55%) dos clientes são do próprio município ou imediações (3, E).

Figura 3: Respostas relacionadas aos Estabelecimentos. Em A, Cadastro na prefeitura da serraria; B, Consumo de energia mensal (kW); C, Situação; D, Produtividade (m³); E, Origem dos clientes



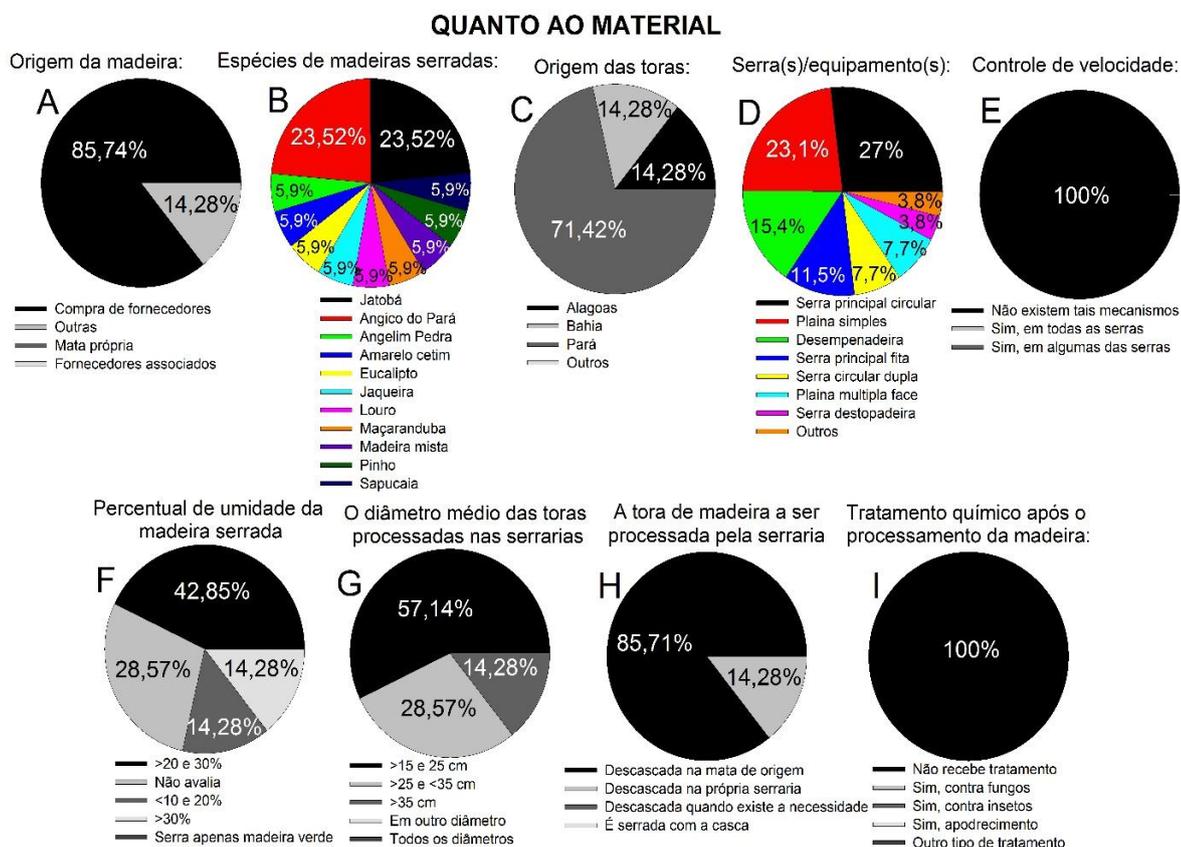
Fonte: Autor, 2016.

As serrarias pesquisadas podem ser classificadas como convencionais, já que não são utilizados métodos modernos de desdobro, sendo que o melhor aproveitamento da madeira fica dependendo da experiência do operador. Além disso, as técnicas existentes não são utilizadas e nem conhecidas por parte das empresas.

Os resultados mostram que grande parte das serrarias apresenta algum tipo de certificação, isso pode ser porque muitos empresários do ramo madeireiro estão repensando suas atitudes e produzindo materiais de forma a assegurar o cumprimento de premissas dentro do que se entende por ecologicamente correto. E os consumidores estão priorizando produtos que causam menos impacto ao meio ambiente. A maioria das empresas do município consome mensalmente menos que 250 kW por serem de pequeno porte, dessa forma sendo próprias e apresentando uma baixa produtividade.

Os resultados apresentados quanto à situação das serrarias estão de acordo com Silveira (2010) onde em seu trabalho todos os estabelecimentos são próprios. Quanto à origem da madeira, 85,74%, são compradas de fornecedores, as espécies mais processadas são o Angico do Pará, 23,5% e o Jatobá 23,5% (Figura 4, B). Quanto à procedência das toras, 71,4% das serrarias são abastecidas por lenha oriunda do estado do Pará (Figura 4, C).

Figura 4: Avaliação da matéria-prima e do processamento mecânico: quanto ao material. Em A, Origem da madeira; B, Espécies de madeiras; C, Origem das toras; D, Serra(s)/equipamento(s); E, Controle de velocidade; F, Percentual de umidade da madeira; G, O diâmetro médio das toras processadas; H, A tora de madeira a ser processada; I, Tratamento químico após o processamento da madeira



Fonte: Autor, 2016.

Conforme apresentado na Figura 4D, as serras mais utilizadas para corte da madeira são: a serra principal circular (27%) e a plaina simples (23,1%). Nenhum dos estabelecimentos apresentou mecanismos de controle de velocidade de corte nas serras empregadas no desdobro (Figura 4, E). O maior percentual de umidade da madeira apresentado foi de 20 e 30% (42,85%). Foram observados valores variáveis de dimensão da tora (diâmetro) das espécies, assim foi possível identificar

que 57,14% têm diâmetro > 15 < 25 cm (Figura 4, F), 85,71% dessas toras de madeira são descascada na mata de origem antes de chegar às serrarias, 100% da madeira após seu processamento não recebe nenhum tipo de tratamento químico contra insetos ou fungos (Figura 4, H).

A partir dos dados obtidos no estudo, observou-se que a maioria das serrarias analisadas trabalha com madeiras de espécies da Floresta Amazônica. Esses dados demonstram uma dinâmica igual à encontrada em vários estabelecimentos onde falta fiscalização, por isso usam espécies nativas como o jatobá, que é muito usado em pisos de madeira. Apesar da diversidade de espécies verificadas no presente estudo, os estabelecimentos trabalham mais com apenas duas espécies Jatobá e Angico do Pará.

Tal fato pode ser considerado preocupante sob a perspectiva de sustentabilidade ambiental, pois gera uma busca maior por poucas espécies nos Planos de Manejo Florestal Sustentáveis, podendo provocar uma redução de espécies ao longo do tempo e aumentar o risco de extinção local dessas espécies. Entretanto a introdução de espécies novas de madeiras no mercado pode ser considerando grande estímulo, visto que, apesar de existir uma grande diversidade de espécies amazônicas com potencial madeireiro, poucas são conhecidas pelos consumidores, que geralmente procura espécies mais tradicionais.

Quanto a origem da madeira, foi possível identificar que o estado do Pará aparece como sendo o fornecedor mais mencionado. Esses resultados corroboram os encontrados por Pereira et al., (2010) que atesta que em 2009, o Pará extraiu da Amazônia legal 91% do total de madeira em toras. As serrarias do presente estudo operam com máquinas idealizadas para madeira amazônica, de técnicas convencionais de serrarias. Outro ponto importante detectado e que compromete a utilização da madeira serrada na construção civil é o fato de não haver tratamento preservativo em todas as serrarias, proporcionando à madeira menor durabilidade e resistência aos insetos.

Quanto a umidade, a madeira chega à maioria das serrarias com um grande teor de umidade (42,85%), isso porque, depois de retiradas da mata, já são descascadas e levadas para serem transportadas para os consumidores, sem passar por nenhum método de secagem, tratando-se de um ponto negativo para o mercado local de madeira serrada elevando a quantidade de defeitos na madeira e diminuindo sua durabilidade.

De acordo com Araújo (2003) o Jatobá e o Amarelo cetim fazem parte das dez espécies mais utilizadas pelas serrarias do estado do Acre desde a década de 80 até 1999, observou-se uma serraria dotada com equipamento de serra-fita, e com baixo número de espécies de madeira utilizadas pelas serrarias.

Quanto ao controle de velocidade das máquinas, o diâmetro das toras e tratamento da madeira os resultados estão de acordo com Silveira (2010). Não há controle de velocidade das máquinas em nenhuma serraria, o diâmetro das toras são variáveis e apenas a serraria B não utiliza nenhum tratamento para madeira, diferindo quanto à espécie processada onde predomina *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp, quanto à origem das toras são originárias do Rio Grande do Sul.

Uma das razões que expõe o rendimento das instituições é o atraso tecnológico. É preciso motivar estudos no setor tecnológico e oferecer preparação técnica adequada para os trabalhadores, tanto no procedimento como na análise da madeira, para implantar procedimentos que aumentem o uso dos resíduos e dos produtos. Silva (2000) enfatiza que a melhoria do produto, da venda e admissão de modernas tecnologias são recusas apresentadas pelo ramo de madeiras prejudicando o aumento de custos aos artigos madeireiros. O oferecimento de artigos madeireiros mecanizados no comércio ainda é pouco. Para produzir capital aos artigos com benefícios sociais e econômicos são necessários o investimento no primeiro procedimento e na variação de artigos madeireiros industrializados diversificados.

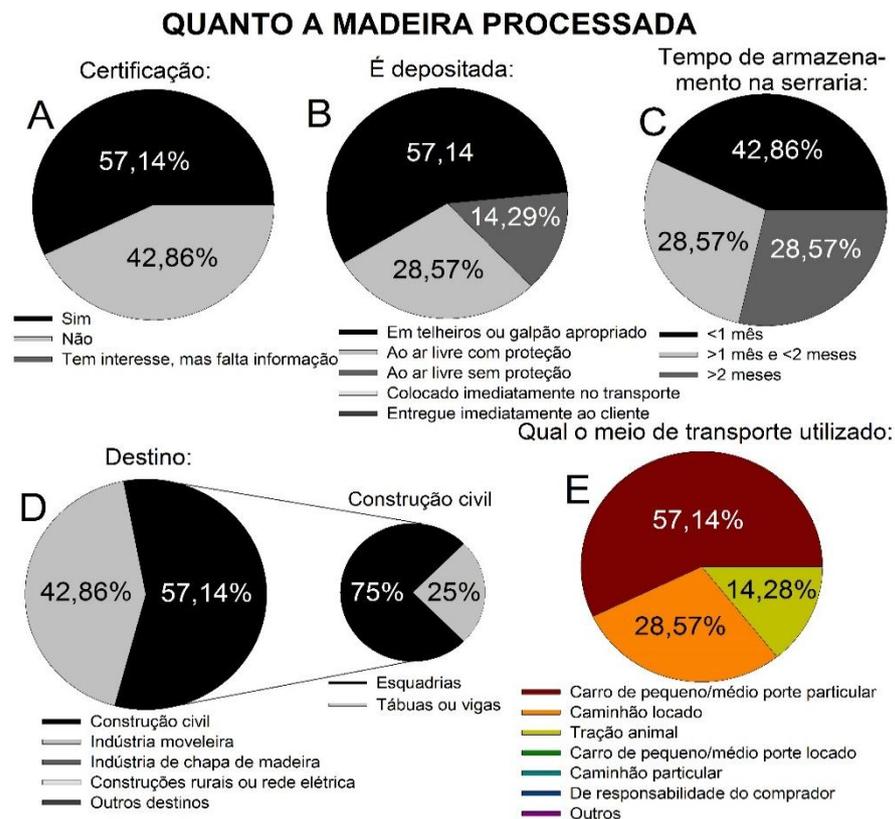
Para a questão da certificação, 57,1% da madeira processada e de seus produtos possuem documentação (Figura 5, A). Esta madeira é depositada em telheiros ou galpões apropriados 57,1% (Figura 5, B). A madeira fica na serraria após seu processamento < 1 mês 42,8% (Figura 5, C). O principal destino é a construção civil 57,1% onde 75% serão destinadas para esquadrias (Figura 5, D). O transporte mais utilizado é o carro de pequeno/médio porte particular 57,1% (Figura 5, E).

A principal destinação da madeira serrada é para construção civil, sendo utilizada principalmente para usos nobres como esquadrias e em seguida tábuas ou vigas.

O destino dado à madeira processada nas serrarias analisadas ratifica ao proposto pelo Instituto Pró-Natura (2002): cerca de 2500 estabelecimentos do

estado Amazônico geram por ano cerca de 9,7 milhões de m³ de produtos madeireiros, onde 63% são destinados à construção civil.

Figura 5: Distribuição das respostas relacionadas quanto a madeira processada. Em A, Certificação da madeira; B, Depositada; C, Tempo de armazenamento na serraria; D, Principal destino; E, Transporte utilizado



Fonte: Autor, 2016.

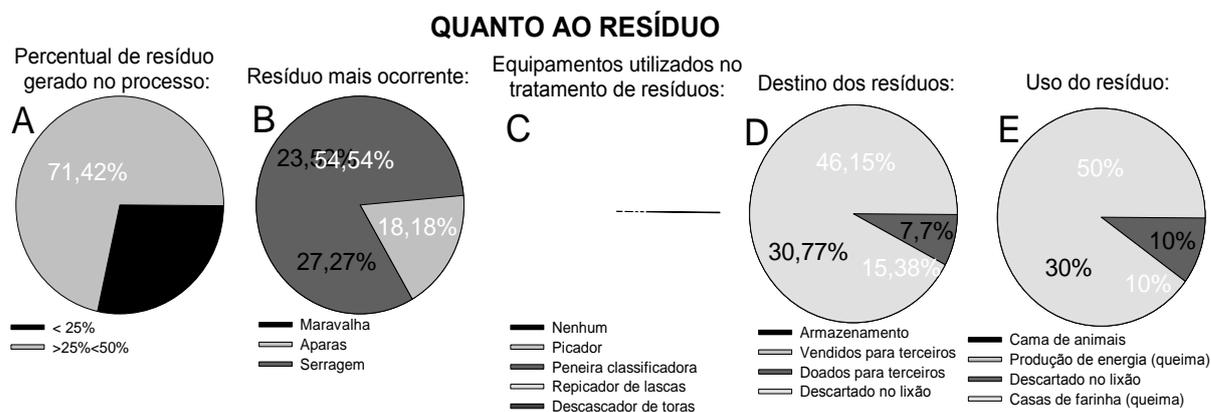
Quanto a certificação, o trabalho de Silveira (2010) difere dos resultados apresentados no qual 4 serrarias possuem certificação, tem relação ao principal destino da madeira serrada, a pesquisa corrobora com os resultados, sendo que 75% são destinados à construção civil.

Quanto ao depósito da madeira processada, mostram que a estocagem da lenha de uma serraria com poucas espécies de madeira ocorre no pátio ao ar livre (ARAÚJO, 2003).

O percentual de resíduos gerados no desdobro da madeira corresponde a 71,4% < 25% (Figura 6, A), os resíduos mais significativos gerados nas serrarias são maravalha 54,4% (Figura 6, B), 100% das serrarias não utilizam nenhum equipamento para tratamento desses resíduos (Figura 6, C). Para o armazenamento

desses resíduos, 46,1% utilizam sacos de nylon (Figura 6, D). Quanto ao uso dos resíduos, 50% são utilizados em cama de animais (Figura 6, E).

Figura 6: Distribuição das respostas relacionadas quanto ao resíduo. Em A, Percentual de resíduo gerado no processo; B, Resíduo mais ocorrente; C, Equipamentos utilizados no tratamento de resíduos; D, Destino dos resíduos; E, Uso do resíduo



Fonte: Autor, 2016.

A maior parte dos resíduos de madeira é destinada para propriedades rurais que os compram para utilização em aviários, sendo esta atividade muito freqüente na região de abrangência da pesquisa. Outra atividade que ocorre com freqüência é a utilização dos resíduos em olarias, onde a utilização se faz na forma de energia, ou seja, queima nos fornos. Apesar das serrarias darem diferentes destinações aos resíduos de madeira, verifica-se que a maioria armazena para uso próprio e outra parte são vendidos para serem utilizados por terceiros. Neste caso, a própria fonte consumidora recolhe os resíduos, realizando o transporte até o local de uso.

Quanto aos principais tipos de resíduos obtidos em serrarias destacam-se costaneiras, serragens e retilos (Silveira, 2010).

Finotti et al., (2006) afirmam que durante o processamento mecânico da madeira são produzidos uma considerável quantidade de resíduos sólidos. Devido a tipos de máquinas empregadas nos processos, às dimensões das toras e à forma de processo, ocorre uma variação em número percentual de resíduos, esse número chega entre 20 e 40% para resíduos derivados dos cortes de resserra e do desdobro de madeiras de reflorestamento.

O maior percentual de resíduos gerados é constituído de aparas (50,4%), costaneiras (33,9%) e serragem (15,7%) (DUTRA; NASCIMENTO; NUMAZAWA, 2005).

No município de Otacílio Costa-SC, foi realizado um estudo para quantificar o número de resíduos produzidos no comércio de madeiras, onde se destacaram o cavaco com casca, resíduos de lâminas, serragem e rolo-resto como resíduos produzidos em maior número pelas empresas do município. Oitenta por cento do número total de resíduos são oriundos das fábricas de transformação primária da madeira, onde as principais representantes são as serrarias e laminadoras (HILLIG et al., 2006).

Foi verificada a geração de resíduos de madeira de 578 m³ (lenha e casca), 647 m³ de costaneiras, 210 m³ de maravalha e 951 m³ de serragem por mês, medida a granel. 100% das serrarias produzem 33,3% outros resíduos, 46,6% produzem maravalha, 73,3% produzem costaneiras (HILLIG et al., 2006).

A maior parte dos resíduos destina-se aos aviários, para cama de forração, outra parte destina-se ao consumo energético, em fornos, e como lenha nas propriedades rurais. Os resíduos como serragem, costaneira e maravalha mantêm um percentual próximo a 40% destinado para energia, enquanto que 95% do total de cascas e cavacos são destinados à geração de energia. Em outros desígnios estão incluídas diversas destinações como serragem para criação de gado e adubação, e costaneiras para produção de caixarias (HILLIG et al., 2006).

Na região Nordeste muitas vezes não se tem informações sobre as formas de aproveitamento de resíduos madeireiros utilizando-os como péletes e/ou briquetes, o que confirma a adversidade do uso de resíduos que não é visto como uma fonte de renda para as serrarias e sim como um problema (WIECHETECK, 2009).

O aproveitamento da serragem e maravalha são de 34,9% e 39,3%, respectivamente, sendo, portanto muito pequeno. Já o aproveitamento das pontas/peças/aparas com defeitos é de 77,3%, já para cascas/costaneiras o aproveitamento chega a 84,6%, valor considerado aceitável (ARAÚJO, 2003).

5.2 Segunda parte: Caracterização dendroenergética dos resíduos gerados nas serrarias do município de Palmeira dos Índios

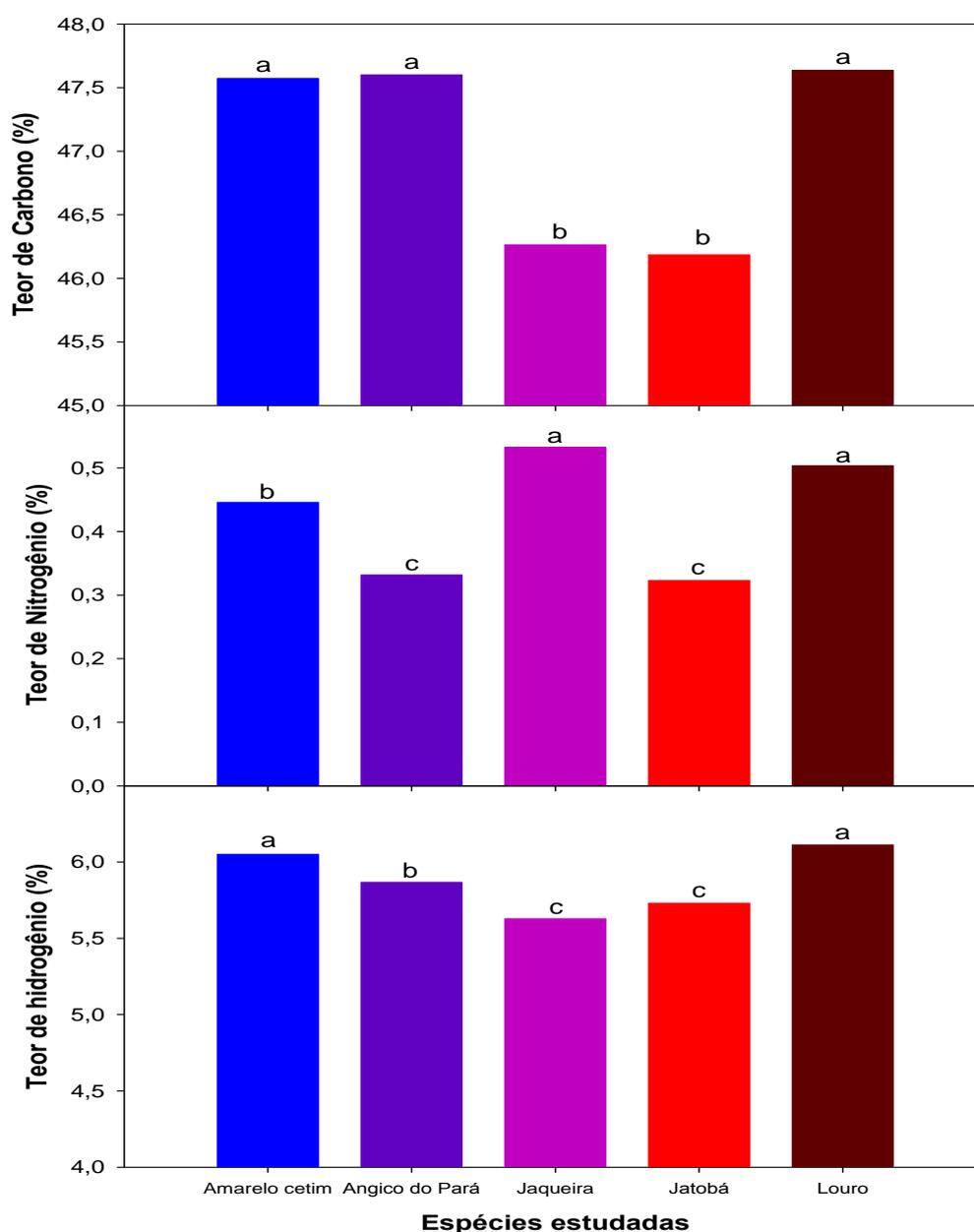
Os teores médios de carbono encontrado foram de 47,6% para o Amarelo cetim, de 47,60% para o Angico do Pará, de 47,63% para o Louro, de 46,2% para o

Jatobá e 46,26% para a jaqueira (Figura 7). Paz (2012) mostra resultados semelhantes para o Jatobá com valor de 47,70%.

Paula et al., (2011) apresenta resultados de 47,3% e 48,2% para maravalha e serragem, respectivamente, similares a pesquisa em questão.

Os teores médios de Nitrogênio encontrados foram de 0,532% para a Jaqueira, de 0,445% para o Amarelo cetim, de 0,331% para o Angico do Pará, de 0,503% para o Louro e de 0,323% para o Jatobá (Figura 7).

Figura 7: Valores médios do teor de carbono, nitrogênio e de hidrogênio de cinco espécies



Fonte: Autor, 2016.

Pela análise de variância houve diferença estatística entre as espécies, isso pode ser ocasionado tanto pela madeira quanto a casca. Tendo destaque nesse estudo para o Amarelo cetim, o Angico do Pará e o Louro, ambos com maior teor de C e H. O carbono e o hidrogênio compõem a lignina que produz calor, proporcionando um maior poder calorífico que os carboidratos, portanto é mais indicado que as espécies apresentem maiores teores desses elementos (BRAND, 2010).

Os resultados apresentados estão de acordo com Brand (2010) para o teor de nitrogênio de folhosas que varia de 0,2 à 0,5%.

Os teores médios de Hidrogênio encontrados foram de 5.6% para a Jaqueira, de 6.0% para o Amarelo cetim, de 5.8% para o Angico, de 6.1% para o Louro e 5.7% para o Jatobá (Figura 7). Paz (2012) não encontrou discrepância para o valor do hidrogênio do jatobá de 5,8%.

Os resultados apresentados estão semelhantes aos encontrados por Paula et al., (2011) para serragem e maravalha de madeira de 6,5-6,6%, e dentro dos parâmetros apresentados por Brand (2010) de 5,8-6,2% para folhosas.

5.3 Teor de Umidade

A figura 8 mostra a variação do teor de umidade para as diferentes espécies de madeira. A jaqueira apresentou 12,5%, o Angico do Pará 12,6%, o Jatobá 14,7%, o Amarelo cetim 10,7 e 9,7% para o Louro. Já o teor de umidade da maravalha apresentou resultados semelhantes: 10,6% para a Jaqueira, 12,6% para o Angico do Pará, 13,4% para o Jatobá, 10,7% para o Amarelo cetim e 9,7% para o Louro (Figura 8).

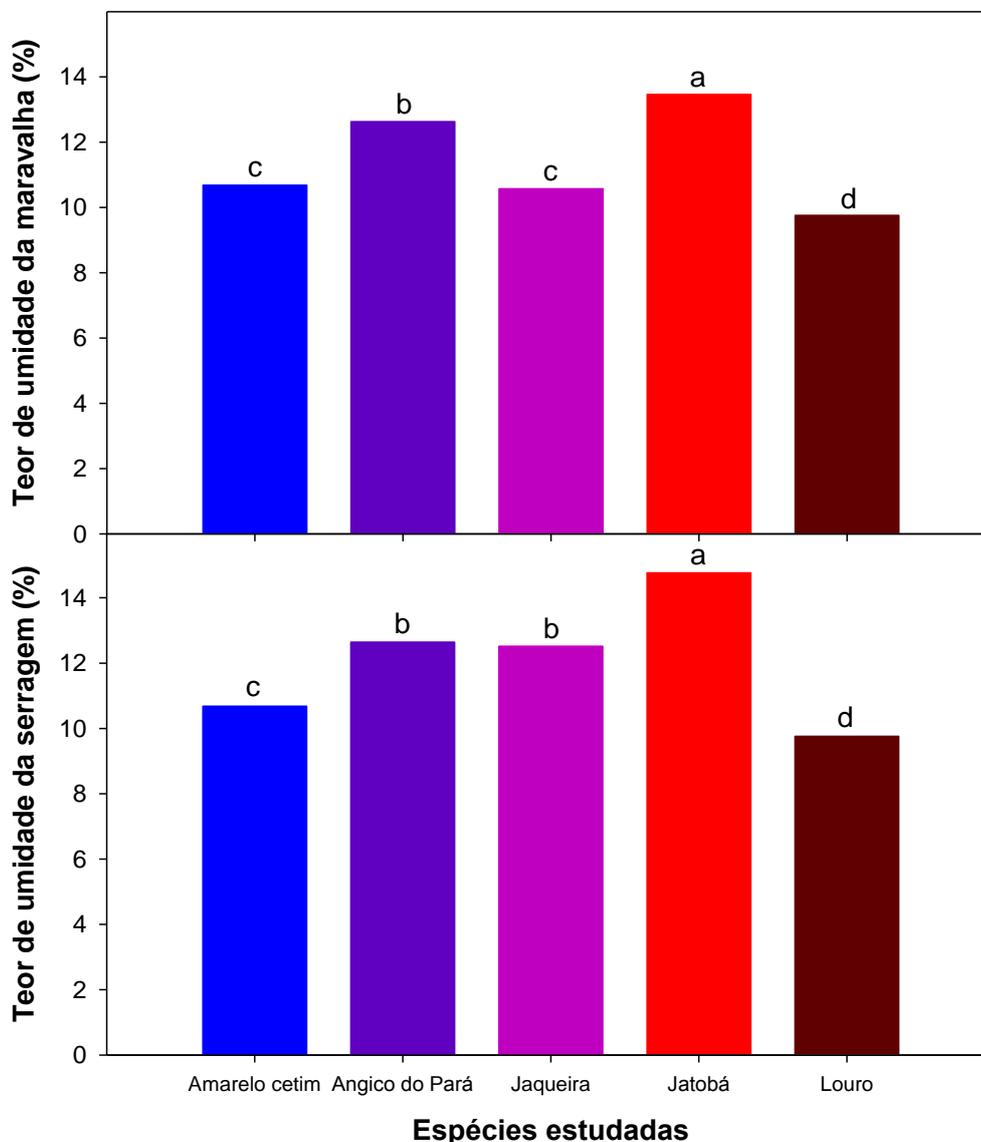
Os valores encontrados de teor de umidade para a Jaqueira foi de 10,18% (SILVA, 2015-2016). Pinheiro et al., (2005) encontrou valores semelhantes para a umidade do jatobá de 13%.

Os resultados encontrados para umidade estão dentro do padrão de 8% a 15% estabelecidos por Alves e Santos (2002) para a produção de briquetes e dentro do padrão de umidade de resíduos agroindustriais que é de 12% segundo Paula et al., (2011).

Um alto teor de umidade implica de forma negativa na qualidade da biomassa para geração de energia, interferindo no PC, os valores apresentados na pesquisa

são adequados para produção de energia através da queima, tendo destaque para o Louro com menor teor de umidade.

Figura 8: Umidade da Maravalha e da Serragem de cinco espécies



Fonte: Autor, 2016.

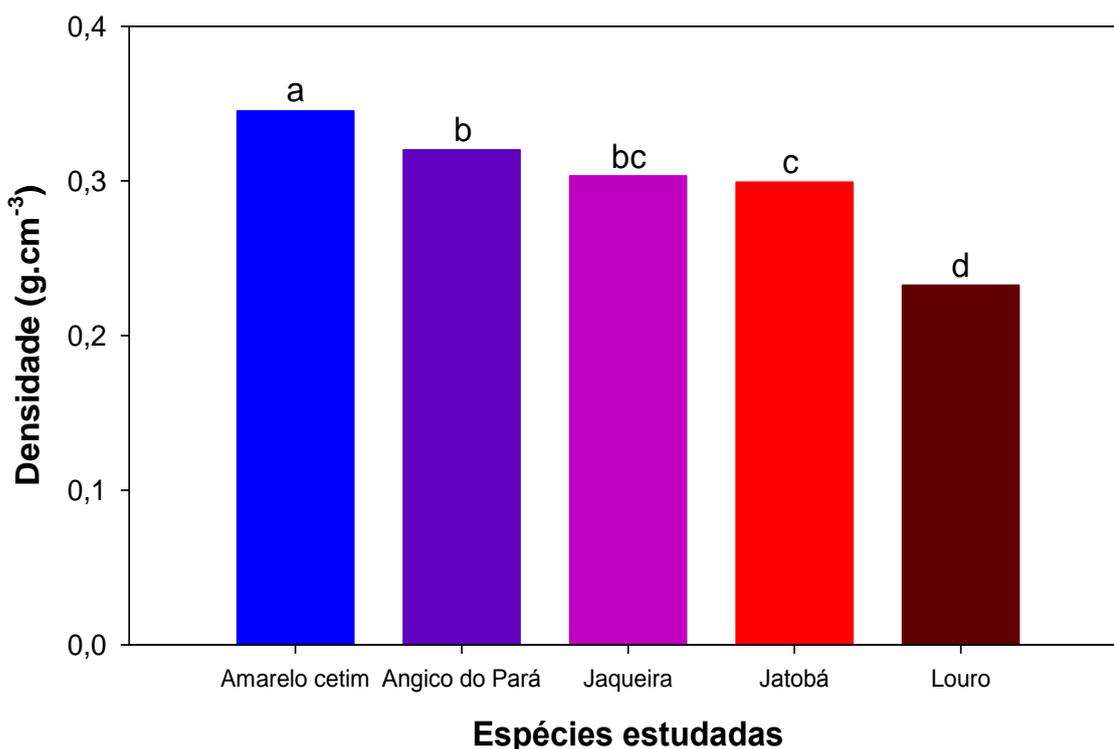
Um alto teor de umidade provoca uma diminuição na eficiência energética da biomassa, pois é necessário mais oxidante e combustível para evaporar a água e manter a temperatura da operação (HOFFMAN, 2010). Além de dificultar a queima, reduz o poder calorífico (BRAND; KLAUTAU, 2008). Brand (2008) relata que devido à adição do volume de produtos de combustão e de material particulado provoca também poluição ambiental.

Não são indicados valores superiores a 50%, pois não é liberada energia suficiente para a queima e para geração de calor. Dessa forma o teor de umidade é considerado um fator de suma importância na escolha do combustível (KLAUTAU, 2008). Através dos dados encontrados nenhum dos resíduos apresentou umidade que possa interferir no processo.

5.4 Densidade a Granel

A média da densidade a granel encontrada para o Amarelo cetim foi de 0,345 g/cm³, de 0,320 g/cm³ para o Angico do Pará, de 0,299 g/cm³ para o Jatobá, de 0,232 g/cm³ do Louro e de 0,303 g/cm³ para a Jaqueira (Figura 9).

Figura 9: Densidade a Granel das cinco espécies



Fonte: Autor, 2016.

A espécie que apresentou melhor desempenho foi o Amarelo cetim com densidade maior em relação as demais espécies, quanto maior for a densidade a granel, maior será a produção de energia.

Os valores de densidade encontrado no presente estudo confirmam os obtidos por Hillig et al., (2009), pois, o valor médio de densidade a granel encontrado

em seu estudo para serragem foi de $0,22 \text{ g.cm}^{-3}$. Ribeiro e Machado (2005) encontraram valores inferiores para maravalha, sendo de $0,13 \text{ g.cm}^{-3}$.

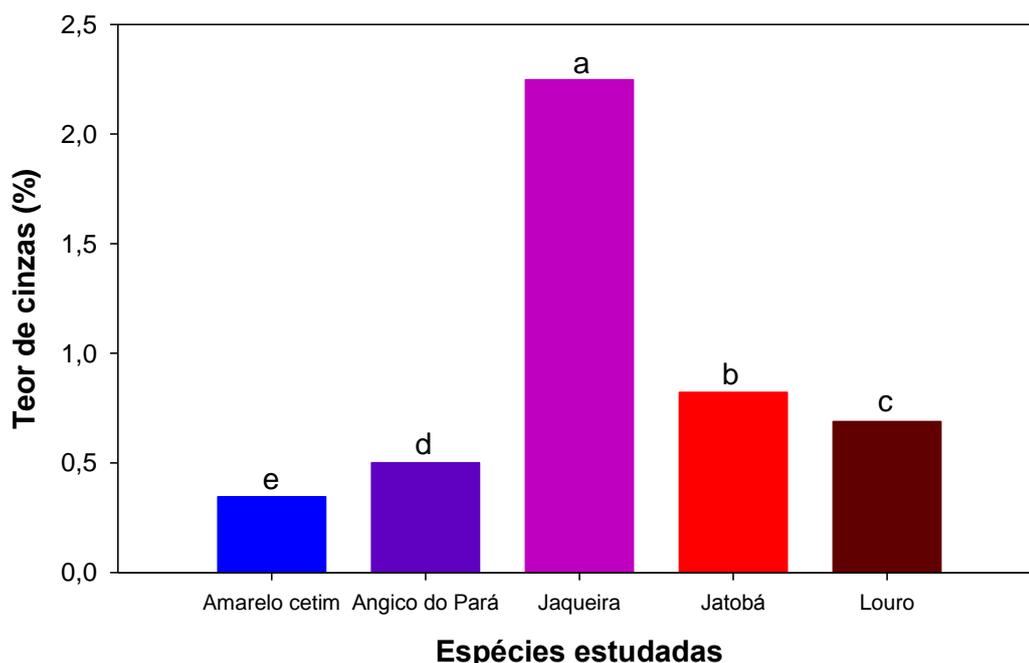
MATA (2012) encontrou em seu estudo resultados de $0,22 \text{ g.cm}^{-3}$ para cavacos de híbrido *Eucalyptus urophylla* com *Eucalyptus grandis*.

Os resultados confirmam a pesquisa de Sudam (1983) onde encontrou uma grande variação da densidade de resíduos madeireiros de $0,16$ a $1,3 \text{ g/cm}^3$.

5.5 Teor de Cinzas

Os valores encontrados para o teor de cinzas foram de $0,34\%$ para o Amarelo cetim, de $0,50\%$ para o Angico do Pará, de $0,68\%$ para o Louro, de $0,82\%$ para o Jatobá e de $2,24\%$ para a Jaqueira (Figura 10).

Figura 10: Teor de Cinzas de cinco espécies



Fonte: Autor, 2016.

O teor de cinzas varia muito em função do vegetal, idade, local de desenvolvimento e concentração da biomassa na espécie, o resíduo que apresentou melhor resultado foi o Amarelo cetim, a Jaqueira foi a espécie que apresentou maior teor de cinzas provavelmente devido à presença de vestígios de casca.

Os resultados apresentados são superiores aos encontrados por Paula et al., (2011) para serragem e maravalha de madeira de 0,18% e 0,13%. Esses resultados divergentes podem ser devido à variação das espécies encontradas.

Para Hoffmann (2010) tanto a umidade quanto o teor de cinzas influenciam o poder calorífico e provocam a diminuição de energia. O mesmo autor afirma que altos teores de cinzas levam a uma redução da eficiência do reator devido ao aumento do uso de oxigênio para derreter as cinzas e pela perda de calor com a saída do reator.

Como se percebeu na Figura 10, os resíduos não apresentaram em sua estrutura um alto teor de cinzas, pois segundo Vale et al., (2011), resultados superiores à 7% prejudicam o processo de queima.

5.6 Poder Calorífico

Os valores médios encontrados para Poder Calorífico Superior foram de 4885 kcal.kg⁻¹ para o Angico, 4795 kcal.kg⁻¹ para o Amarelo cetim, 4783 kcal.kg⁻¹ para o Louro, 4756 kcal.kg⁻¹ para a Jaqueira e 4694 kcal.kg⁻¹ para o Jatobá (Figura 11).

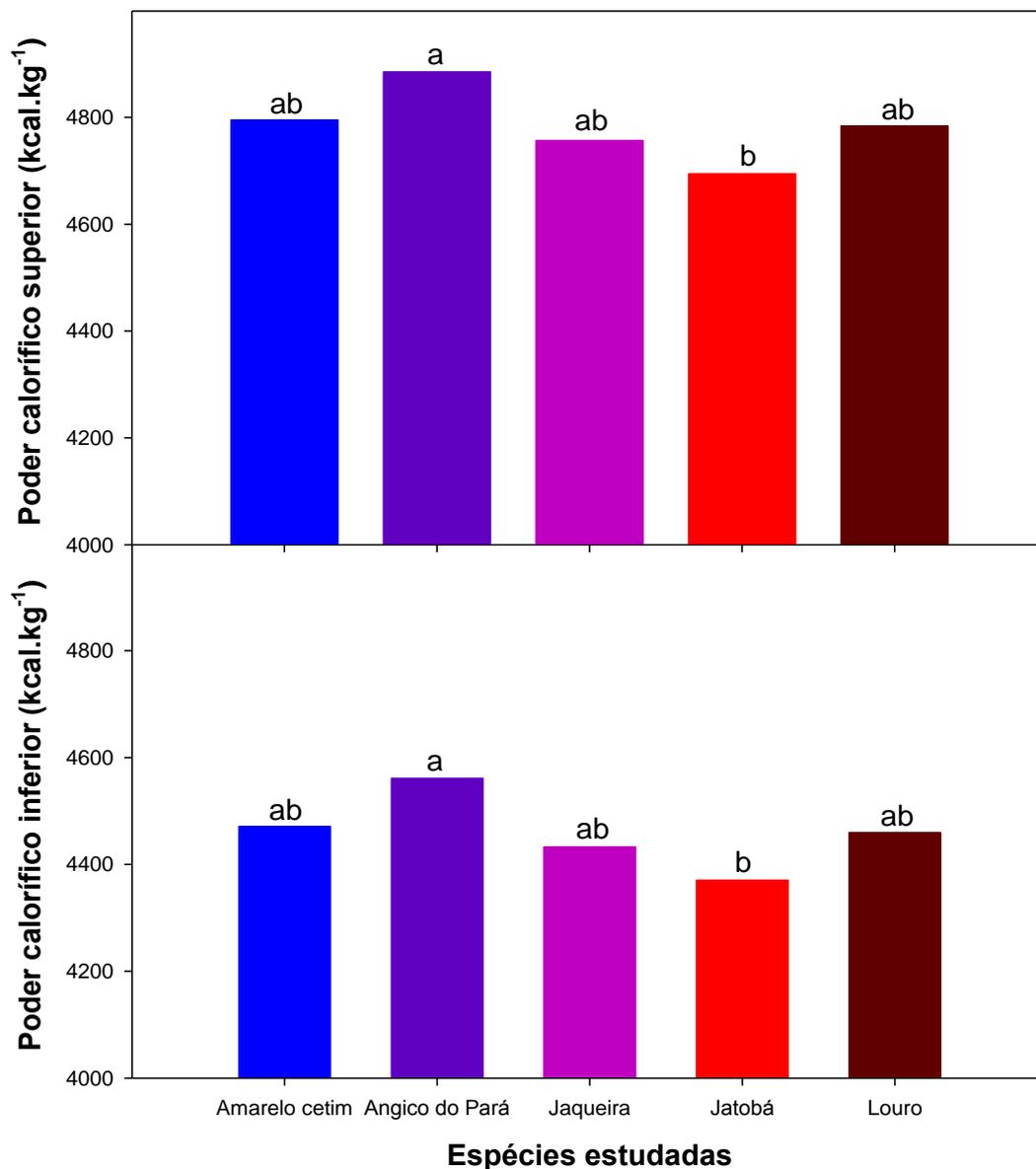
As espécies que apresentaram melhor PCS e PCI foram o Angico do Pará e o Amarelo cetim dentre as demais.

Os valores médios encontrados apresentam pouca diferença para o Poder calorífico superior do Angico de 4744 kcal.kg⁻¹, de 4851 kcal.kg⁻¹ da Jaqueira (VALADARES, 2013), de 4636 kcal.kg⁻¹ do Jatobá semelhante e de 4000 kcal.kg⁻¹ do Amarelo cetim.

Batista et al., (2006) encontraram resultados de PCS semelhantes aos deste estudo para o Jatobá e o Amarelo cetim, que foram de 4636,60 kcal.kg⁻¹ e 4611,30 kcal.kg⁻¹ respectivamente. Brito (1993) afirma que o poder calorífico superior varia entre 4000 kcal.kg e 4800 kcal.kg para madeira seca.

Vieira (2012) afirma que quanto maior for o poder calorífico superior, mais eficiente o processo será, ou seja, maior é a quantidade de energia disponível durante a transferência de calor.

Figura 11: Poder Calorífico Superior e Poder Calorífico Inferior de cinco espécies



Fonte: Autor, 2016.

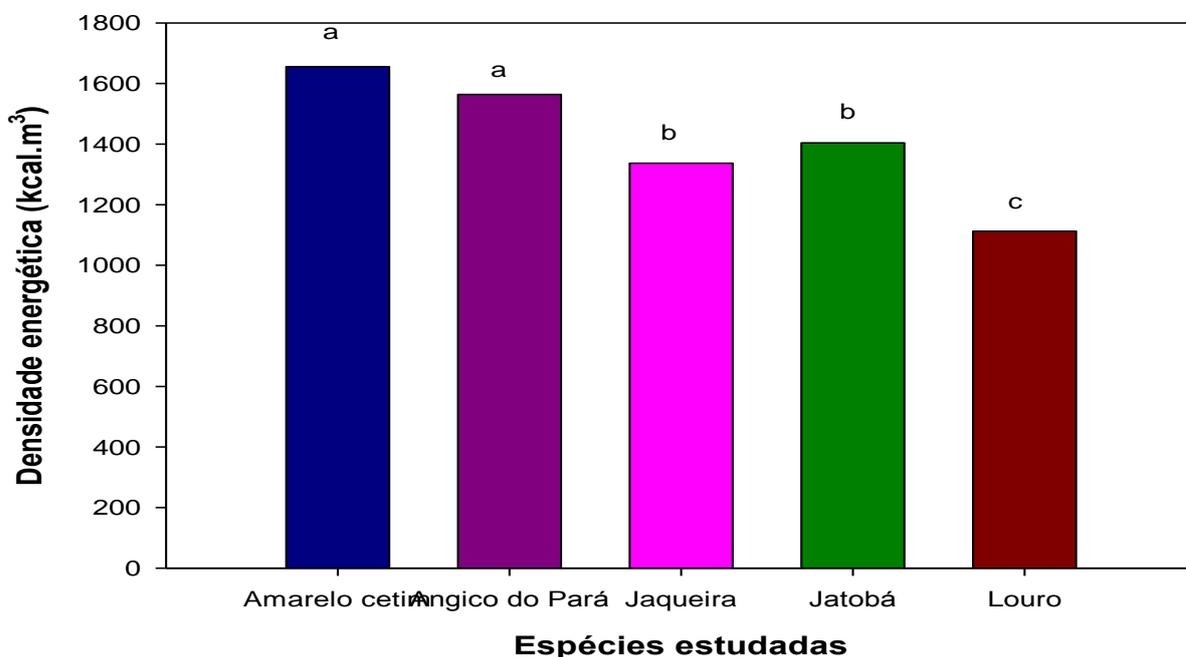
O Poder Calorífico Inferior encontrado foi de 4561 para o Angico do Pará, 4471 para o Amarelo cetim, de 4459 para o Louro, de 4432 para a Jaqueira e 4370 para o Jatobá. Pinheiro et al., (2005) encontraram resultados semelhantes de poder calorífico inferior 4200 kcal.kg⁻¹ para o jatobá. Moura et al., (2012) encontraram resultados para poder calorífico superior de cepilho e pó de serra, respectivamente de 4926 kcal.kg⁻¹ e 4747 kcal.kg⁻¹, e do poder calorífico inferior de 4602 e 4423 para cepilho e pó de serra, respectivamente.

5.7 Densidade Energética

Os valores médios encontrados para Densidade Energética foram de 1655,46 kcal.m³ para o Amarelo cetim, 1563,80 kcal.m³ para o Angico do Pará, 1337,02 kcal.m³ para a Jaqueira, 1404,24 para o Jatobá e 1112,23 kcal.m³ para o Louro (Figura 12).

As espécies que apresentaram maior densidade Energética foram o Amarelo cetim (1655, 46 kcal.m³) e o Angico do Pará (1563,80 kcal.m³).

Figura 12: Densidade Energética de cinco espécies



Fonte: Autor, 2016.

A média de densidade energética dos resíduos apresentados nesse estudo foram inferior ao valor de 2.065.170,54 Kcal/m³ encontrado por Nogueira, Bispo e Franco (2014) em relação a madeira do eucalipto. Vale frisar que a divergência se deu por conta das metodologias diferentes para determinação de densidade da biomassa.

6. CONCLUSÃO

As espécies mais consumidas pela indústria madeireira na região de Palmeira dos Índios foram o Angico do Pará e o Jatobá.

Parte dos resíduos é utilizada como cama de forração por aviários da região e outra parte é utilizada como fonte energética nos fornos e em casas rurais.

No que se refere ao aproveitamento dos resíduos madeireiros provenientes do processo, verificou-se que as serrarias avaliadas não fazem aproveitamento de forma inteligente de seus resíduos, de acordo com maior ou menor valor agregado dos mesmos.

Os resíduos gerados pelas serrarias têm qualificação para serem utilizados na produção de energia térmica, elétrica ou ambas, através de sua combustão direta ou incineração, pode também ser destinada à produção de briquetes, biogás ou gás de síntese e álcool de segunda geração.

A partir dos resultados obtidos das amostras analisadas, pode-se concluir que todas as espécies apresentam poder calorífico semelhantes, destacando-se entre elas o Angico do Pará e o Amarelo cetim, ambas são indicadas para a geração de energia através da queima direta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. et al. Alterations in energy properties of eucalyptus wood and bark subjected to torrefaction: The potential of mass loss as a synthetic indicator. **Bioresource Technology**. v. 101, Issue 24, 2010, p 9778–9784. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410012149>>. Acesso em: 26. ago. 2015.
- ALMEIDA, S. S.; AMARAL, O. O.; SILVA, A. S. L. **Inventário Florístico e Análise Fitossociológica dos Ambientes do Parque Ecológico de GUNMA**, Município de Santa Bárbara, PA. Relatório Técnico Final do Museu Paraense Emílio Goeldi, Maio-2003, p 117.
- ALVES J. F. T.; SANTOS, G. A. **Potencial de geração de biomassa para briquetagem e o perfil do mercado consumidor deste insumo na região do Cariri-CE**. Anais: II Congresso IBERO-AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS & I SEMINÁRIO EM TECNOLOGIA DA MADEIRAS E PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIRÁVEIS. Anais. FUPEF, Curitiba, 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **Standard method for chemical analyses of wood charcoal**. Philadelphia: 1977. p 1042.
- ARAUJO, H. J. B. **Diagnóstico das indústrias de serraria do Estado do Acre**. Rio Branco: FUNTAC, 1991. p 238.
- ARAUJO, H. J. B. **Aproveitamento de Resíduos das Indústrias de Serraria do Acre para Fins Energéticos**. Engenheiro Florestal, Embrapa, Rio Branco, Ac, 2003.
- AROLA, R. A. **Wood fuels – How do they stack up?** Forest Products Research Society, November 15-17, Atlanta, Georgia, p 12. 1976.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 6922: **carvão vegetal**: ensaios físicos de determinação da massa específica (densidade à granel). Rio de Janeiro; 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR - 8112: Análise imediata*: material volátil, cinzas, carbono fixo. São Paulo: ABNT; 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112. Carvão vegetal: **Análise Imediata**, Outubro 1986.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012**, ano base 2011. Brasília: 2012. 150 p. l. colorido; 21 cm. Disponível em: <www.abraf.com.br>. Acesso em: 10. jul. 2016.

BATISTA, G. F. N.; GERALDO, A. P. L.; WILLIAN, H. M. C.; FERNANDES, M. M. N.; RENDEIRO, G. **Caracterização Energética de Biomassas Amazônicas**. An. 6. Enc. Energ. Meio Rural. 2006.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science. An Introduction**. New York: Blackwell Publishing, p 554, 2003.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3. ed. Fortaleza: Tip Progresso, 1976.

BRAND, M. A. **Energia da Biomassa Florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

BRAND, M. A.; Muñiz, G. I. B.; Silva, D. A.; Klock, U. (2002), **Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais**. *Revista Floresta*, p 32, 247-259.

BRAND, M. A. **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 168p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Curso de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 2007. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/10397/Tese-vers%20o%20final%20->>. Acesso: 10. set. 2016.

BRITO, J. O. **Expressão da produção florestal em unidades energéticas**. In: 1º congresso florestal panamericano e 7º congresso florestal brasileiro. Curitiba/PR, 19-24 de setembro de 1993. v 3. p 280-282.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia**. IPEF, São Paulo, Circular Técnica, n.52, PBP/3.1.8, p 7. jun. 1979.

CAMARGOS, J. A. A.; CORADIN, V. T. R.; CZARNESKI, C. M.; OLIVEIRA, D.; MEGUERDITEHIAN, I. **Catálogo de Árvores do Brasil**. Brasília, DF: IBAMA, 2001. p 896.

CARVALHO J. R. M. **Desenvolvimento e análise energética do processo de obtenção do biodiesel de microalga por metanólise *in situ***. Dissertação (Mestrado) UFPR, Curitiba – PR, 2010. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/174.pdf>>. Acesso em: 27. Jul.2015.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p 1039.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1994. p 640.

CIAMPI, G. J. S. **Desenvolvimento de um Calorímetro para a Determinação do Conteúdo Energético de Combustíveis Sólidos**. 1992. p 84. Dissertação de Mestrado – Universidade de Campinas, Campinas.

COELHO, S. T.; VELÁZQUEZ, S. M. S. G.; APOLINARIO, S. M. Biomassa como fonte de energia: a perspectiva brasileira. **Revista Brasileira de Bioenergia**. São Paulo, ano 1, n. 2, p 35-38, out., 2007.

CORTEZ, L. A. B. (Org). Biomassa no Brasil e no Mundo. In:_____. **Biomassa Para Energia**. Campinas - SP: Editora Unicamp, 2008.

COSTA, P. M. F. **Efeitos da alta concentração de CO₂ sobre o crescimento e o estabelecimento de plântulas do jatobá de mata *Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (HEYNE)**. Campinas, SP. Tese de doutorado, Instituto de Biologia. UNICAMP. 2004.

DEMIRBAS, A.; DEMIRBAS, H. A. Estimating the calorific value of lignocellulosic fuels. **Journal Energy, Exploration & Exploitation**, Georgetown, v. 20, n. 1, p 105-111, 2004.

DEMIRBAS, T.; DEMIRBAS, C. Fuel properties of wood species. **Energy sources part A: recovery, utilization and environmental effects**, London, v. 31, n. 16, p 1464-1472, 2009.

DERWICH, E.; BENZIANE, Z.; BOUKIR, A. **Chemical Composition and Antibacterial Activity of Leaves Essential Oil of Laurus nobilis from Morocco**. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, v. 3, n. 4, p. 3818-3824, 2009.

DOWAKI, K.; MORI, S. **Biomass energy used in a sawmill**. Applied Energy, Singapore, n.80, p 327-339, 2005.

DUTRA, R. I. J. P.; NASCIMENTO, S. M.; NUMAZAWA, S. **Resíduos de Indústria Madeireira: Caracterização, Consequências sobre o Meio Ambiente e Opções de Uso**. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal. ed. 5, 2005 - ISSN 1678-3867.

ECKERT, C. T.; FRIGO, E. P.; BASTOS, R. K.; JUNIOR, A. M.; MARI, A. G.; CABRAL, A. C. **Biomassa residual vegetal**. Revista Brasileira de Energias Renováveis. v. 4, p 32-44. 2013.

ELEVITCH, C. R.; MANNER, H. I. **Artocarpus heterophyllus (jackfruit)**: Moraceae (mulberry family). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, p 1-17, 2006. Disponível em: <<http://www.nationaltree.org>>. Acesso em: 15. abr. 2016.

FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de Bracatinga (Mimosa scrabella, Benth) e aspectos gerais de combustão**. Curitiba: FUPEF, 1981. p 14. (Série Técnica).

FINOTTI, A. R.; SCHNEIDER, V. E.; WANDER, P. R.; HILLIG, É.; SILVA, M. D. A. **Uso energético de resíduos de madeira na cadeia produtiva de madeira/móveis e possibilidades de geração de créditos de carbono**. In: Pólo Moveleiro da Serra Gaúcha - Sistemas de gerenciamento ambiental na indústria moveleira. Schneider, V. E., Nehme, M. C., Ben. F. Orgs. Educ, 2006, p 191-230.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas**. IPEF, n. 2/3, p 65-74. 1971.

FONT QUER, P. **Plantas Medicinales: eldioscóríde renovado**. Zaragoza: Labor S.A., 1993. p 199 - 202.

FONTES, P. J. P. **Auto-Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos**. Curitiba, p 153. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1994.

FRIEDL, A; PAVOUVAS, E.; ROTTER, H.; VARMUZA, K. **Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition**. Analytica Chimica Acta, Amsterdam, NL, v 544, n.1-2, p 191-198, 2005.

GARCIA, F. M.; MANFIO, R. D.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e Tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Revista Floresta e Ambiente**. vol. 19. n. 4. Seropédica. Oct./Dec. 2012.

GATTO, D. A. **Avaliação quantitativa e qualitativa da utilização madeireira na região da quarta colônia de imigração italiana do rio grande do sul**. Santa Maria, 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Tecnologia de Produtos Florestais), Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

GENOVESE, A. L.; UDAETA, M. E. M.; GALVÃO, L. C. R. **Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo**, In: Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 2006, Campinas. Disponível em: <<http://paginas.agr.unicamp.br/energia/agre2006/pdf/54.pdf>>. Acesso em: 10 març. 2016.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. **Crescimento de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) sob diferentes doses de macronutrientes**. Revista Árvore, Viçosa, v. 32, n. 6, p 1029-1040, 2008.

GROPPO, M. Neotropical Rutaceae. In: MILLIKEN, W.; KLITGARD, B.; BARACAT, A. **Neotropikey – Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics**. 2010. Disponível em:

<<http://www.kew.org/science/tropamerica/neotropikey/families/Rutaceae.htm>>.

Acesso em: 5. jan. 2016.

HILLIG, E.; ELISABETE, V. S.; WEBER, C.; DIEGO, R. T. **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, 2006.

HILLIG, E.; SCHNEIDER, V. E.; PAVONI, E. T. (2009), **Geração de resíduos de madeira e derivados da indústria moveleira em função das variáveis de produção**. Produção, 19, p 13-22.

HOFFMAN, B. S. **O ciclo Combinado com Gaseificação Integrada e a Captura de CO₂: Uma Solução para mitigar as emissões de CO₂ em Termelétricas a carvão em larga escala no curto prazo**. Dissertação (mestrado em Planejamento Energético) PPGPE, UFRJ, Rio de Janeiro: 2010.

HUANG, C.; Han, L.; YANG, Z.; LIU, X. Ultimate analysis and heating value prediction of straw by near infrared spectroscopy. **Waste Management**, Oxford, v. 29, p 1793-1797, 2009.

IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa>>. Acesso em: 4 set. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA - IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Transportes Terrestres Rodoviários e ferroviários**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 24.ago. 2016.

INSTITUTO PRÓ-NATURA. **Manejo Florestal e Geração de Resíduos Energéticos no Noroeste de Mato Grosso**. Campo Grande: Instituto Pró-Natura, 2002. p 15.

KLAUTAU, J. V. P. **Análise Experimental de uma Fornalha a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos**. 2008. Dissertação (mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) PPGERHA, UFPR. Curitiba: 2008.

LATORRACA, J. V. F. **Processamento mecânico da madeira**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p 116. 2004.

LIPPEL. **Biomassa**. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/br/biomassa.html>>. Acesso: 02 set. 2012a.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. p 352.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação, e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

LORENZI, H. et al. **Laurus nobilis L.** In: Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p 153. 2003.

LORENZI, H. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas cultivadas. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 2002.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil**: nativas e exóticas. Instituto Plantarum, Nova Odessa, p 512, 2002.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. **Catálogo das madeiras da Amazônia**. Ministério do Interior Superintendência do desenvolvimento da Amazônia, Belém. 1968.

MARTINI, P. R. R. **Conversão Pirolítica de Bagaço Residual da Indústria de Suco de Laranja e Caracterização Química dos Produtos**. 2009. Dissertação (mestrado em química) PPGQ, UFSM, Santa Maria: 2009

MATA, M. B. **Efeito da Granulometria na Avaliação dos Briquetes**. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Jerônimo Monteiro Espírito Santo 2012. Dissertação.

MEDEIROS, M. J. R.; CARDOSO, R. A. **Os impactos ambientais gerados por resíduos dentro de postos de combustíveis**. Caldas Novas: [s.n.], 2010. 74 f. Il. Disponível em:

<http://www.cdn.ueg.br/arquivos/caldas_novas/conteudoN/530/TCAdmMarinzRayan ny2010.pdf>. Acesso em: 27.Jan.2016.

MME – **Ministério de Minas e Energia**. Matriz Energética Nacional 2030 / Ministério de Minas e Energia; colaboração empresa de Pesquisa energética. Brasília, MME, EPE, 2007. p. 354. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf> Acesso em: 15. Fev. 2016.

MOERS, E. M.; VIEIRA, A. C.; FERNANDES, D. M.; SOUZA, S. N. M.; BARICCATTI, R. A. **Caracterização da biomassa residual proveniente de resíduos agrícolas para geração de energia**. I COLASSA – Congresso Latino Americano de Suinocultura e Sustentabilidade Ambiental, Anais. Foz do Iguaçu, 2011.

MOURA, L. F. et al. **Estimativa de Poder Calorífico e Caracterização para Uso Energético de Resíduos da Colheita e do Processamento de *Pinus taeda***. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, p 325-334, abr./jun. 2012.

NOGUEIRA, M. F. M. **Biomassa Energética**: Caracterização da Biomassa. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis - SC 2007.

NOGUEIRA, M. F. M.; RENDEIRO, G. Caracterização Energética da Biomassa Vegetal. BARRETO, Eduardo José Fagundes (Coord). **Combustão e Gaseificação da Biomassa Sólida**: Soluções Energéticas para a Amazônia. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. p 52-63.

OLIVEIRA, L. F. **Efeito dos parâmetros do processo de desidratação de jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Lam.) sobre as propriedades químicas, físico-químicas e aceitação sensorial**. Seropédica, RJ, 121 p. Julho de 2009.

OZCAN, B.; ESEN, M.; KEMAL, M. S.; COLERI, A.; CALISKAN, M. **Effective antibacterial and antioxidant properties of methanolic extract of *Laurus nobilis* seed oil**. Journal of Environmental Biology, v.31, n.5, p 637-641, 2010.

PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. **A correlation for calculating NHV from proximate analysis solid fuels**. Fuel, London, GB, v.84, n.5, p 487-494, 2005.

PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. **A correlation for calculating elemental composition from proximate analysis of biomass materials.** Fuel, London, v.86, n.12-13, p 1710-1719, 2007.

PATRAKAR, R.; MANSURIYA, M.; PATIL, P. **Phytochemical and Pharmacological Review on Laurus nobilis.** International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences, v.1, n.2, 2012.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. **Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation.** Cerne, Lavras, MG, v. 17, n. 2, p 237-246, 2011a.

PAULA, L. E. R. et al. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.66, p 103-112, junho de 2011.

PAZ, J. C.; **Análises Química e Física de Madeiras Amazônicas Visando o Armazenamento de Bebida Destilada.** Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Lavras, MG, 2012

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia.** Belém: IMAZON, 2010.

PINHEIRO, G. F.; RENDEIRO, G.; PINTO, J. T. **Densidade Energética de Resíduos Vegetais.** Biomassa & Energia, v.2, n.2, pag.113-123, 2005. Disponível em: <<http://www.renabio.org.br/03-B&E-014-GiorgianaFP-DensEn-2005-p113-123.pdf>>.

PRÄSS, A. R. Massa específica e densidade. **Revista Algo Sobre.** Disponível em <<http://www.algosobre.com.br/fisica/massa-especifica-e-densidade.html>> Acesso em: 22 de Abril de 2016.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, v. 31, n. 66, p 122 -133, 2011a. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.66.113.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; RIBEIRO, M. X.; TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 11, p 1252 – 1258, 2012.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. **Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos**. Biomassa & Energia, Brasília, v.1, n.2, p 173-182, 2004.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Laboratório de Produtos Florestais-LPF/IBAMA. Brasília: 2003. p 14.

RENDEIRO, G. **Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida**. (Soluções energéticas para a Amazônia. 1. Ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. p 193.

RIBEIRO, A. S.; MACHADO, A. A. **Carbonização de resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto**. Ciência Florestal, 15, 2005. p 1-7.

RIZZINI, C. M.; ADUAN, R. E.; JESUS, R. DE.; GARAY, I. **Floresta pluvial de tabuleiro, Linhares, ES, Brasil: sistemas primários e secundários**. Leandra, Rio de Janeiro, v.12, p 54-76, 1997.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978. p 296.

ROCHA, M. P. **Desdobro primário da madeira**. Série Didática nº 02/99, Curitiba: Fupef, 61p. 1999.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF, 2002. p 121.

RODRIGUES, T. O. **Efeitos da Torrefação no Condicionamento de Biomassa para Fins Energéticos**. 2009. p 71. Dissertação da Universidade de Brasília, Brasília.

SEMARH, Secretaria de Estado do meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos-PERS**. Maceió, Alagoas, 2015. Disponível em:

file:///C:/Users/Leandro/Desktop/RESIDUOS%20ALAGOAS.pdf. Acesso em: 01.mai.2016.

SIGMAPLOT. For windows, version 11.0. Systat Software, 2008.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT**: Versão 7.7 beta. DEAG - CTRN - UFCG – Atualizado em 01 de abril de 2015. Disponível em: <www.assistat.com/indexp.html>. Acesso em: 10.jan.2016.

SILVA, J. **Árvores e Florestas de Portugal**. Guia de Campo-as árvores e os arbustos de Portugal continental. Público, Lisboa, v.09, 2007a. 462 p.

SILVA, J. L. P. Aproveitamento de resíduos da indústria madeireira para geração de energia elétrica: **O Caso da Empresa B. K. Energia Itacoatiara Ltda no Estado do Amazonas**. Curitiba, 33p. Trabalho apresentado para o Departamento de Ciências florestais da Universidade Federal do Paraná, 2011.

SILVA, Z. A. G. P. **Mercado madeireiro na Amazônia Ocidental**: estudo de caso no Acre. Curitiba, 2000. p.164. Tese (Doutorado em Ciências Florestais. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná).

SILVA, R. G. C. **Produção de Briquetes de Resíduos Lignocelulósicos Gerados nas Agroindústrias de Maceió e Região**. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/UFAL/FAPEAL. Maceió. 2015-2016.

SILVEIRA, L. A. P. **Análise da viabilidade econômica de três serrarias no município de Pelotas**. 2010. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Industrial Madeireira. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo. p.110. 2007.

SOUZA, M. M. **Caracterização e viabilidade econômica do uso energético de resíduos da colheita florestal e do processamento de Pinus taeda L.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal da Universidade federal do Paraná), Curitiba-PR, 2010. p.77.

SUDAM- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA.
Propriedades físico-mecânica e uso comuns de 30 espécies de madeiras da amazônia. Belém - PA, 1983. p 27.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis.** Addison-Wesley Publishing Company, 1977, p 688.

VALADARES, L. B. **PROPRIEDADES DA MADEIRA E DO CARVÃO VEGETAL DE *Artocarpus heterophyllus* Lamk.** Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, MG. 2013

VALE, A.T.et al. **Potencial Energético da Biomassa e Carvão Vegetal do Epicarpo e da Torta de Pinhão Manso (*Jatropha curcas*).** Cerne, Lavras, v.17, n.2, p 267-273, abr./jun. 2011.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. A.; LEÃO, A. L. Qualificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n.1, p 71-80, 2002.

VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. **Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado.** **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.1, p 137-145, jan-mar, 2010.

VALE, A.T.; GENTIL, L.V. Produção e uso energético de biomassa e resíduos agroflorestais. In: _____. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III.** Rio Branco: Suprema, 2008. p 195-241.

VIEIRA, A.C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas.** Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, p 72. 2012.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. p 211.

WALKER, E. **Estudo da viabilidade Econômica na Utilização de Biomassa como fonte de Energia Renovável na Produção de Biogás em Propriedades Rurais.** 2009. p 107. Dissertação de Mestrado – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

WIECHETECK, M. **Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Florestais, Alternativas Tecnológicas e Propostas de Políticas de Uso de Resíduos Florestais para Fins Energéticos.** Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental- Secretariade Biodiversidade e Florestas. CURITIBA-PR. 2009.

ANEXO A

Questionário sobre características gerais das madeiras

QUESTIONÁRIO – CARACTERIZAÇÃO DAS MADEIREIRAS DO MUNICÍPIO DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS – AL

Data: ____/____/____

QUANTO AO ESTABELECIMENTO:

Razão social:

Nome do estabelecimento

Nome do proprietário:

Endereço/Localização

Georreferenciar com o GPS do celular

Situação: Própria
 Arrendada ou locada
 Própria, mas com equipamentos locados
 Locada, mas com equipamentos próprios

Cadastro da prefeitura** Sim Não

Produtividade

Volume (m³) de madeira serrada por
mês

Consumo de energia mensal

Em KW

Origem dos clientes: do município ou imediações
 outro(s) município(s)
 outro(s) estado(s)
 o estabelecimento não questiona a origem do
comprador

QUANTO AO MATERIAL:

Origem da madeira mata própria
processada: fornecedores associados
 compra de fornecedores
 outra(s) Qual(is): _____

Quais as principais espécies
madeiras serradas:

Elenque no mínimo cinco	
Qual a origem das toras de madeira:	() estado de Alagoas () outro(s) estado(s) do Nordeste Qual(is): _____
Local de procedência	() outra(s) Região(ões) do Brasil Qual(is): _____
Qual(is) o(s) tipo(s) de serra(s) e equipamento(s) utilizado(s) pela serraria para o processamento da madeira:	() serra principal fita () plaina simples () serra fita dupla () plaina múltipla face () serra fita múltipla () serra refiladeira () serra principal circular () desempenadeira () serra circular dupla () serra destopadeira () serra circular múltipla () outros, quais: _____
Existem mecanismos de controle de velocidade da velocidade de corte nas serras empregadas no desdobro da madeira:	() sim, em todas as serras () sim, em algumas das serras () não existem tais mecanismos
O percentual de umidade da madeira serrada situa-se:	() entre 10 e 20 % () entre 20 e 30% () acima de 30% () serra somente madeira verde () não mede o percentual de umidade
O diâmetro médio das toras processadas na serraria situa-se:	() entre 15 e 25 cm de diâmetro () entre 25 e 35 cm de diâmetro () acima de 35 cm de diâmetro () em outro diâmetro, qual _____ cm () todos os diâmetros
A tora de madeira a ser processada pela serraria:	() é descascada na mata de origem () é descascada na própria serraria () é descascada quando existe a necessidade () é serrada com a casca
A madeira, após seu processamento, recebe algum tipo de tratamento químico:	() sim, tratamento químico contra fungos () sim, tratamento químico contra insetos () sim, tratamento químico contra apodrecimento () não recebe tratamento químico () outro tipo de tratamento qual: _____
Qual o percentual de resíduos gerados no processo de desdobro da madeira:	() menos de 25% () entre 25 e 50% () entre 50 e 75% () não tem ideia do volume de resíduos

Destaque o produto que mais sobra na serraria	<input type="checkbox"/> serragem <input type="checkbox"/> maravalha (resto da plaina) <input type="checkbox"/> cavacos e cascas <input type="checkbox"/> refilamento <input type="checkbox"/> aparas <input type="checkbox"/> madeira com nós, empenamentos ou outros defeitos <input type="checkbox"/> não tem condições de caracterizar as sobras
Quais os equipamentos utilizados para o tratamento de resíduos:	<input type="checkbox"/> picador a disco <input type="checkbox"/> picador a tambor <input type="checkbox"/> peneira classificadora de cavacos <input type="checkbox"/> aspirador de silo para armazenagem de serragem <input type="checkbox"/> repicador de lascas <input type="checkbox"/> descascador de toras <input type="checkbox"/> outro tipo de equipamento qual: _____ <input type="checkbox"/> nenhum outro equipamento
Qual o destino dos resíduos (restos refugos, falhas) gerado na serraria:	<input type="checkbox"/> são vendidos para terceiros <input type="checkbox"/> são doados para terceiros <input type="checkbox"/> permanecem depositados na área de serraria <input type="checkbox"/> armazenamento e estocagem em sacos de nylon <input type="checkbox"/> armazenamento e estocagem em sala ou quarto <input type="checkbox"/> outro tipo de armazenamento qual: _____ <input type="checkbox"/> nenhum procedimento de armazenamento <input type="checkbox"/> são queimados para a produção de energia para serraria ou estufa de secagem <input type="checkbox"/> são queimados na serraria
Qual o uso do resíduo(s) produzido(s) na serraria	<input type="checkbox"/> queima na indústria de cerâmica/tijolos <input type="checkbox"/> produção de carvão ou <i>briquetes</i> <input type="checkbox"/> produção de painéis de madeira (aglomerados, sarrafeados, MDF, etc) <input type="checkbox"/> queima para a produção de energia <input type="checkbox"/> compostagem agrícola <input type="checkbox"/> cama de animais <input type="checkbox"/> reprocessamento em que forma: _____ <input type="checkbox"/> outro destino qual: _____
A madeira processada e seus produtos têm algum tipo de	<input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim

certificação:	qual: _____ <input type="checkbox"/> o proprietário tem interesse em certificar seu produto, mas não tem noção dos tramites
A madeira após processada é depositada:	<input type="checkbox"/> ao ar livre sem proteção <input type="checkbox"/> ao ar livre com proteção <input type="checkbox"/> em telheiros ou galpão apropriado <input type="checkbox"/> colocado imediatamente no transporte <input type="checkbox"/> entregue imediatamente ao cliente
Após processada, a madeira fica quanto tempo na serraria	<input type="checkbox"/> entregue imediatamente <input type="checkbox"/> menos de um mês <input type="checkbox"/> entre um e dois meses <input type="checkbox"/> mais de dois meses
Principal destino da madeira processada:	<input type="checkbox"/> construção civil <input type="checkbox"/> indústria moveleira <input type="checkbox"/> indústria de chapas de madeira <input type="checkbox"/> construções rurais ou eletrificação (rede elétrica) <input type="checkbox"/> outros destino qual: _____
No caso da madeira destinada à construção civil, qual(is) o principal(is) destino(s) Marque mais de uma opção caso necessário	<input type="checkbox"/> estruturas de edificações (casas, galpões) <input type="checkbox"/> estruturas de telhados <input type="checkbox"/> tábuas ou vigas <input type="checkbox"/> esquadrias (portas, janelas ou portões) <input type="checkbox"/> tacos para assoalhos, decks de piscinas, forros, degraus para escadas, rodapés <input type="checkbox"/> formas, escoramento e/ou tapumes de obra <input type="checkbox"/> outros destino qual: _____
Qual o meio de transporte utilizado:	<input type="checkbox"/> tração animal <input type="checkbox"/> carro de pequeno/médio porte particular <input type="checkbox"/> carro de pequeno/médio porte locado <input type="checkbox"/> caminhão particular <input type="checkbox"/> caminhão locado <input type="checkbox"/> caminhão de transportadora <input type="checkbox"/> meio de transporte de responsabilidade do comprador <input type="checkbox"/> outros qual: _____

ANEXO B

Figura 13 - A - Agitador eletromagnético de peneiras; B - Balança de precisão; C - Conjunto de peneiras com granulometria de 60 e 40 mesh



Figura 14: Estufa



Figura 15: Equipamento utilizado para análise imediata de amostras de resíduos – A - Mufla; B e C - dessecador utilizado para resfriamento

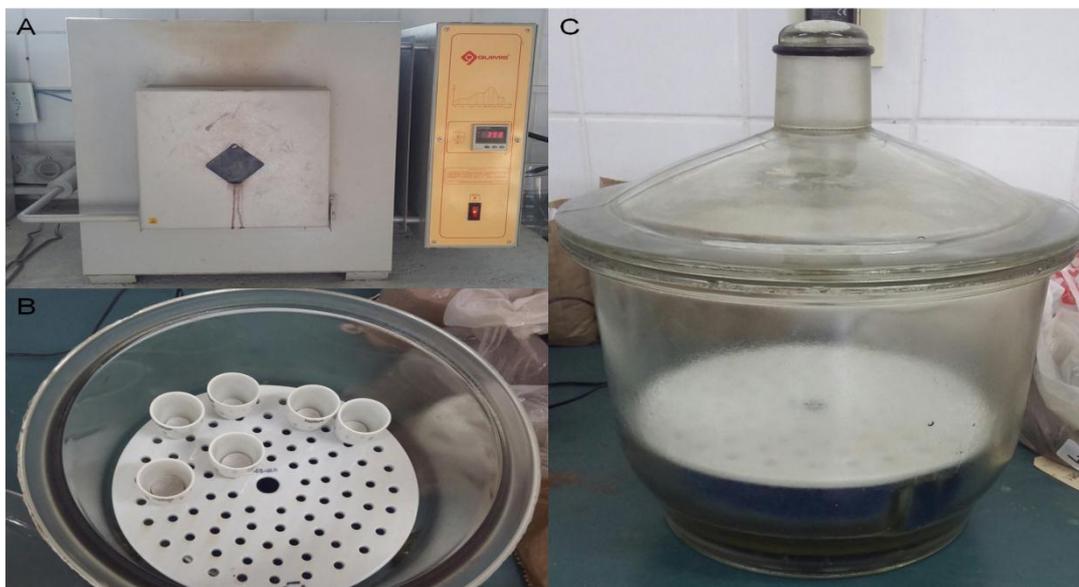


Figura 16: Equipamento utilizado para determinação do poder calorífico superior (C 2000). Bomba calorimétrica

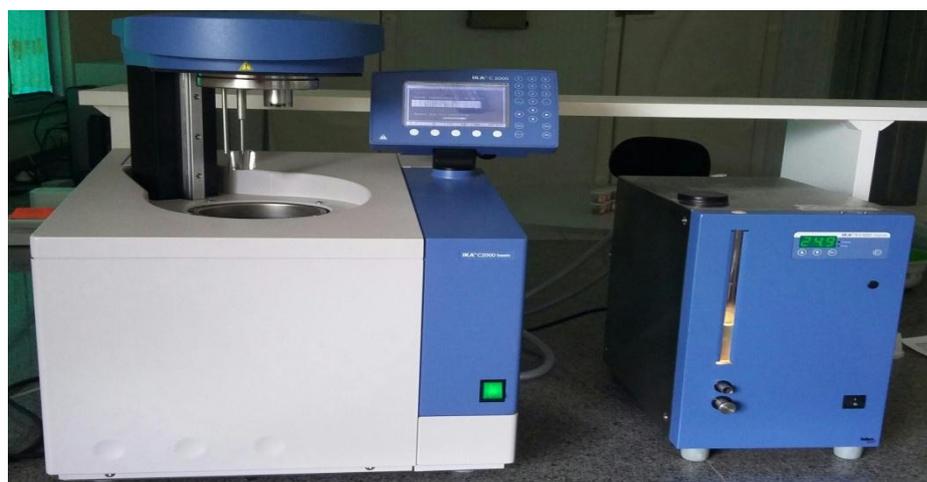


Figura 17: Analisador elementar (Flash 2000)

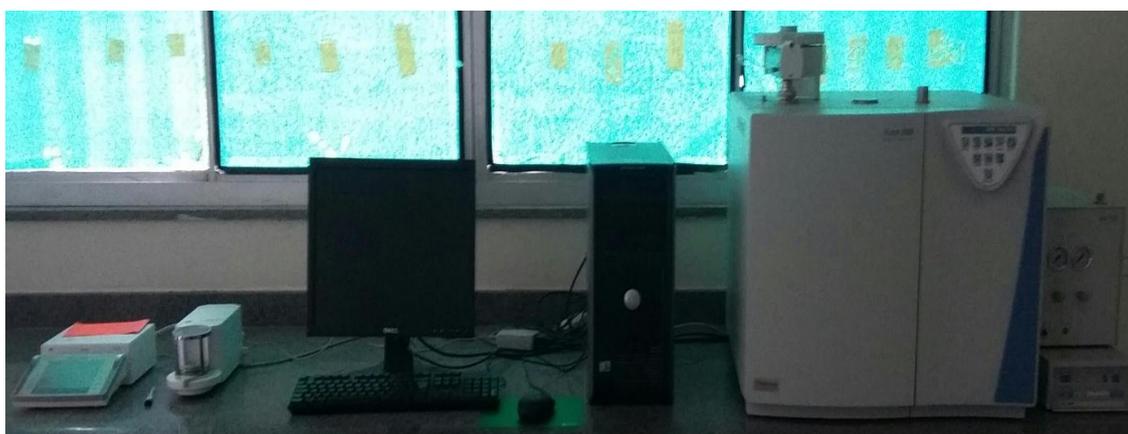
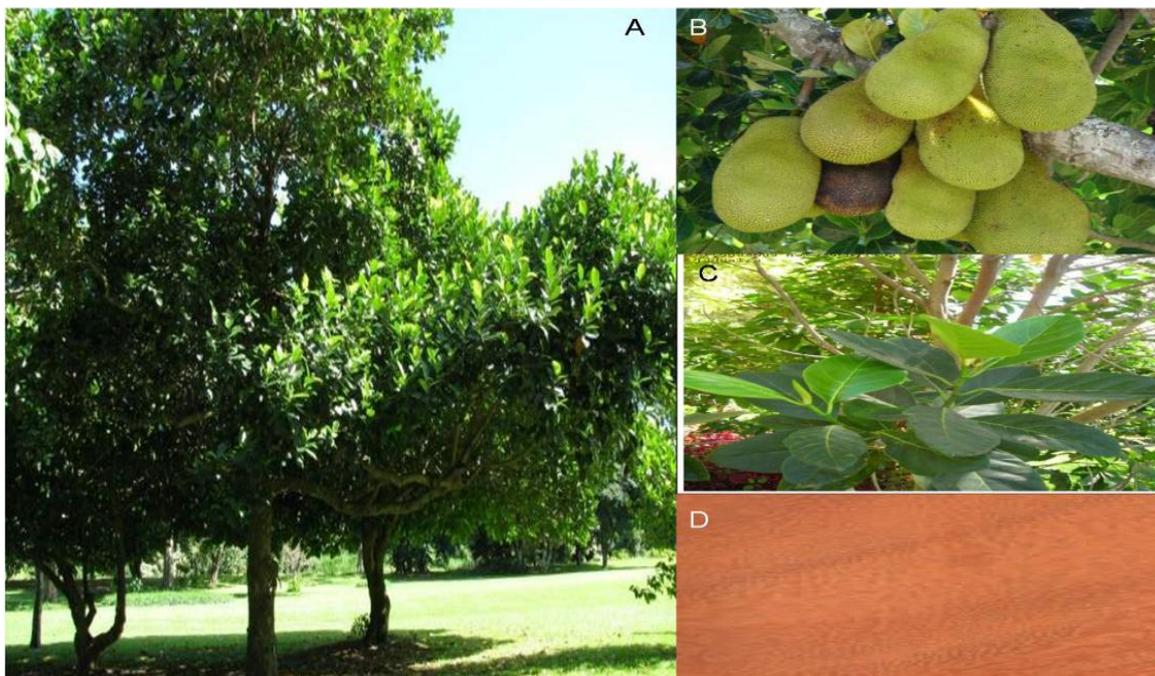


Figura 18: Resíduos madeireiros: A – Maravalha; B – Serragem grossa; C – Serragem fina



Fonte: <https://projeto.com.com.wordpress.com/2013/10/24/o-que-e-compostagem/>

Figura 19: Jaqueira (*Artocarpus heterophyllus*): A – Árvore adulta; B – Frutos; C – Folhas; D - Madeira



Fonte: <http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/957/madeiras-indianas-e-exoticas/jackfruit>
<http://luirig.altervista.org/pics/index5.php?recl=28405&page=1>

Figura 20: Angico Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan): A – Árvore adulta; B – Inflorescências; C – frutos; D – Madeira



Fonte: http://www.wikiwand.com/es/Anadenanthera_colubrina.
http://www.ipt.br/informacoes_madeiras3.php?madeira=27

Figura 21: Jatobá (*Hymenaea courbaril*): A – Árvore adulta; B – Inflorescência; C – Frutos e sementes; D – Madeira



Fonte: <http://www.aspruder.com.br/index.php?produto&cod=91&grupo=4&1607241606070416>
<http://www.woodworkerssource.com/shop/category/Jatoba.html>
<http://sementesdoxingu.org.br/site/sementes/jatoba-da-mata/#&panel1-6>

Figura 22: Louro (*Laurus nobilis*): A - Árvore adulta; B - Inflorescência; C - Óleo; D - Tronco; E - Frutos e Folhas



Fonte: <http://hortas.info/como-plantar-louro>. <http://www.florestar.net/loureiro/loureiro.html>.
<http://portuguese.alibaba.com/photo-products/laurus-nobilis.html>

Figura 23: Amarelo Cetim (*Euxylophora paraensis* Huber): A - Árvore adulta; B - Fruto; C - Tronco; D - Folhas; E - Madeira



Fonte: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/992344/1/COM247.pdf>.
http://www.ibi.se/pau_amarelo.html .<http://www.saviomadeiras.com.br/preservacao/pau-amarelo.php>