

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA

SHAELY TALISIN TARGAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CARACTERIZAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA E ANÁLISES DO SEU  
RESÍDUO DE MADEIRA

CURITIBA  
2016

SHAELY TALISIN TARGAS

CARACTERIZAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA E ANÁLISES DO SEU  
RESÍDUO PARA ENERGIA DE MADEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina AT063 e requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva

CURITIBA  
2016

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus.

A minha família e ao meu esposo que não mediram esforços para que eu pudesse concluir a graduação.

Ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, na pessoa de coordenadora Profa. Dra. Simone Ribeiro Morrone e coordenador Alan Sulato, pelo apoio e compreensão, recebidos em todos esses anos, que não foram poucos.

A Giovanna Bianchi Micoski Lucas secretária do curso, que sempre resolveu os problemas dos alunos com muito amor e paciência.

As Amigas Tamires Sfeir e Rafaela Faber, pelas contribuições e sugestões no trabalho.

A minha irmã Karin pelo apoio e amor incondicional.

O agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr Dimas Agostinho da Silva, que passou por momentos difíceis e mesmo assim sempre esteve presente no processo de elaboração deste trabalho, nos bons e maus momentos.

Meu muito obrigada a todos!

## RESUMO

Resíduos de biomassa florestal são intrínsecos as indústrias madeireiras como forma de reaproveitamento, e podem ser comercializado e/ou usado para novas formas de produção de energia. O presente trabalho constata a caracterização do resíduo vendido pela empresa J. Fronza Madeiras, que tem como atividade a produção de moveis e a venda de madeira serrada. O resíduo atualmente é comercializado e destinado para a queima em uma caldeira de cal, sendo este composto por quatro espécies, as quais foram analisadas separadamente a fim de compara-las com a mistura do resíduo comercializado. As análises foram feitas no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR). As análises realizadas foram: teor de umidade, que apresenta um menor valor da mistura do que das madeiras analisadas de forma individual, poder calorífico mostrou um valor compatível coma média das amostras de madeiras sozinhas e a mistura, análise química imediata constatamos que o resíduo misturado possui valores inferiores aos das madeiras por espécie, e densidade básica da madeira. Com os resultados das análises foi estabelecido e quantificado as características energéticas de resíduos gerados pela serraria da empresa.

Palavras chave: energia, resíduo, madeira, biomassa florestal.

## **ABSTRACT**

Forestry biomass waste are intrinsic to timber industry, as a mean of reutilization, this material can be marketed or used in new ways to produce energy. The present paper contains the characterization of the waste sold by the J. FronzaMadeiras company that produces furnitureand sells timber. This waste is sold to burn in a lime boiler. It is composed by fourwood species, which where separately analyzed to be compared with the mixed wasted been sold. The analysis were executed in the Forestry Biomass Energy Laboratory from the Engineering and Forestry Technology Department of the Federal University of Parana (UFPR). The study goals were: moisture content, which has a lower value of the mixture than the woods analyzed individually, calorific value showed a value compatible between themselves, immediate chemical analysis found that the residue mixed has lower values than those of the woods by species, the chip bulk density and wood density. So the energetic characterization of the waste produced by a timber company can be established and quantified.

Keywords: energy, waste, wood, forestry biomass.

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTAS DE TABELAS .....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 SETOR MOVELEIRO NACIONAL E PARANAENSE .....	14
3.2 EMPRESA J. FRONZA .....	16
3.3 RESÍDUOS FLORESTAIS .....	16
3.3 ESPÉCIES FLORESTAIS ANALISADAS.....	17
3.3.1 <i>Pinus Taeda</i> .....	17
3.3.2 <i>Cambará (Qualea albiflora)</i> .....	18
3.3.3 <i>Ipê (Handroanthus chrysotrichus)</i> .....	18
3.3.4 <i>Cedrinho (Erisma uncinatum)</i> .....	19
3.4 COMBUSTÃO.....	19
3.5 PODER CALORÍFICO .....	19
3.5.1 Poder Calorífico Superior (PCS) .....	20
3.5.2 Poder Calorífico Inferior (PCI) .....	20
3.6 TEOR DE UMIDADE .....	21
3.7 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA.....	21
3.7.1 Teor de Carbono Fixo .....	21
3.7.2 Teor de Materiais Voláteis .....	22
3.7.3 Teor de Cinzas.....	22
3.8 DENSIDADE DA MADEIRA.....	22
3.8.1 Densidade Aparente a Granel.....	23
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.2 AMOSTRAGEM.....	24
4.3 TEOR DE UMIDADE .....	25
4.4 PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS) .....	26
4.5 PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI) .....	26
4.6 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA (AQI) .....	27
4.7 DENSIDADE .....	28

4.7.1 Densidade Básica .....	28
4.7.2 Densidade a Granel .....	29
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>30</b>
5.1 PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO NA EMPRESA ESTUDADA .....	30
5.2 ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	34
5.2.1 Teor de Umidade .....	34
5.2.2 Poder Calorífico .....	34
5.2.3 Análise Química Imediata .....	36
5.2.4 Densidade Básica .....	37
5.2.5 Densidade a Granel .....	38
5.3 VIABILIDADE.....	38
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Serragem das Espécies .....	25
Figura 2- Amostra das Espécies: 1- Pinus; 2-Cambará; 3- Ipê; 4- Cedrinho....	25
Figura 3- (Fonte: Ebah) Bomba Calorimétrica .....	26
Figura 4- Mufla .....	27
Figura 5- Densidade básica.....	28
Figura 6- Lay-out da Empresa J. Fronza .....	30
Figura 7- Estoques em Gavetas.....	31
Figura 8- Mesa para Sala de Jantar de Fabricação Própria .....	31
Figura 9- Mesa Maciça para Churrasqueira .....	32

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 Compra de Madeira do Período de Janeiro a Abril de 2016.....	32
Tabela 2- Produção Industrial no período de Janeiro a Abril de 2016.....	33
Tabela 3- Resíduo das Espécies Beneficiada da Empresa no Período de Janeiro a Abril .....	33
Tabela 4- Teor de umidade da mistura dos resíduos. ....	34
Tabela 5 – Poder Calorífico (média).....	35
Tabela 6 – Análise Química Imediata (médias).....	36
Tabela 7 – Densidade Básica das espécies analisadas (médias).....	37
Tabela 8 Densidade a granel do resíduo misturado.....	38
Tabela 9- Resultados .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui uma rica biodiversidade tanto na fauna quanto na flora. A vasta variedade de espécies de madeira mostra que o país possui um grande potencial em ser um produtor de móveis de competitividade mundial, porém a abundância florestal não é diretamente proporcional a sua posição de 31º lugar no ranking dos exportadores de móveis (SOUSA, 2013) (APEX, 2012).

O estado do Paraná possui mais de duas mil e setecentas indústrias representando 13,5% das moveleiras nacionais. Essas empresas são de pequeno porte de gestão familiar, dificultando o crescimento do setor no estado (APD, 2015).

No presente trabalho a empresa referência é a J Fronza Madeiras localizada em Almirante Tamandaré na região metropolitana de Curitiba. J Fronza possui a característica de uma pequena empresa, com gestão familiar, na qual os produtos são móveis de madeira maciça, madeira serrada e o resíduo proveniente da mesma.

A geração de resíduos é uma característica intrínseca do setor moveleiro. A necessidade de um programa que organize e reaproveite esses resíduos é alta, para não ocorrer contaminação do meio ambiente. A criação de novas tecnologias que utilizem tais resíduos é imprescindível, pois aumenta o potencial de sustentabilidade do setor (GARCIA, 2010).

Com o desenvolvimento tecnológico e econômico, a demanda por energia aumentou proporcionalmente, porém sua oferta decaiu com o passar dos anos, devido à escassez dos recursos naturais, os quais, além disso, foram explorados sem consciência ambiental e planejamento prévio (BRAND, 2002). Desta forma o setor energético obrigou-se a buscar novas alternativas, o que gerou a necessidade de uma revisão das políticas energéticas ao redor do mundo, fazendo com que os países buscassem novas

opções na produção de energia, assim como o aumento da cooperação internacional e o uso de fontes de menor impacto ambiental, incluindo a biomassa.

A biomassa ocupa uma posição importante no papel de alternativas renováveis dentro dessas políticas, pois apresenta custo relativamente baixo, mesmo comparado às demais fontes renováveis de energia. Os resíduos florestais e agrícolas são ditos biomassa, sendo toda matéria vegetal gerada da fotossíntese e derivados (NOGUEIRA; LORA, 2003).

O sistema de geração energética brasileiro é suprido predominantemente pelas usinas hidrelétricas, por consequência, as alterações climáticas tendem a influenciar em sua produção, como exemplo, em longos períodos de seca, a energia proveniente de usinas hidrelétricas tende a diminuir, já que a disponibilidade hídrica também diminui (SFEIR, 2013).

Em 2014 houve um aumento de 2,9% da utilização de energia elétrica gerada pelas usinas termoelétricas, em especial as movidas por carvão mineral(24,7%), seguida pela de gás natural(17,5%) e em terceiro lugar a energia gerada pelo uso de biomassa(14,1%). Comparando os anos de 2014 e 2013 o crescimento foi 2,6% para 3,2%, de 11,3% para 13% e de 6,6% para 7,4% nas respectivas fontes de energia. Os responsáveis pelo aumento de consumo foram os setores residencial e comercial (EPE, 2015).

Para o estudo do verdadeiro potencial da conversão da madeira em energia faz-se necessário o uso de tecnologias específicas com o objetivo de aumentar a eficiência energética (SILVA et al., 2012), fazendo com que o uso dos resíduos da biomassa florestal para a geração de energia traga expectativas promissoras.

Buscando meios viáveis economicamente, atualmente as indústrias madeireiras passaram a utilizar seus resíduos para fins energéticos, seja em seu próprio ciclo produtivo ou vendendo a terceiros. Desta forma, estabelecer e quantificar as características energéticas de resíduos gerados pelas indústrias madeireiras, cujo propósito seja o aproveitamento para fins de geração

energética, fornece informações importantes aos gestores responsáveis, para conhecer o valor do subproduto, que está economizando.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo caracterizar uma empresa moveleira e seu resíduo para fins energéticos, o qual é composto por uma mistura de serragem de quatro espécies florestais, *Pinus taeda*, *Qualea albiflora* (Cambará), *Handroanthus chrysotrichus* (Ipê) e *Erisma uncinatum* (Cedrinho).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterização de uma empresa moveleira que destina seu resíduo a queima em caldeira de cal;
- Analisar e caracterizar para energia para cada resíduo de madeira produzido na indústria moveleira;
- Analisar e caracterizar a mistura dos resíduos que são destinados para o consumo energético;
- Analisar a viabilidade da destinação atual do resíduo de madeira.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SETOR MOVELEIRO NACIONAL E PARANAENSE

No Brasil o setor moveleiro é composto por aproximadamente 18,7 mil empresas, sendo apenas 1,9% do total da indústria no país, gerando cerca de 328 mil empregos, tornando necessária a mão de obra qualificada que entretanto é escassa, por consequência foram implementados projetos que ajudam na formação mais propícia para a área moveleira (Criação do centro de formação profissional de madeira e mobiliário – CEMAD)(DEPEC,2016).

A fabricação de móveis no país tem como maior consumidor o mercado interno, consumindo aproximadamente 96,4% da produção, sendo destinada a exportação apenas 3,6% da manufatura nacional, seus maiores clientes correspondem a Argentina, Estados Unidos e Reino Unido (DEPEC,2016).

O setor moveleiro é composto em sua grande maioria por pequenas empresas que possuem gestão familiar tornando difícil a modernização da produção pois há ainda um forte caráter artesanal, também depende de incentivos fiscais, e principalmente do poder aquisitivo da população. A própria cultura brasileira não é favorável a comercialização de móveis, pois a troca é mais rara do que nos Estados Unidos por exemplo, onde trocar os móveis é algo corriqueiro (DEPEC, 2016)

Como a produção depende logicamente da procura do consumidor, e devida a nossa cultura econômica fortemente influenciada pelo benefício do décimo terceiro salário, apresenta uma alta produção nos meses de outubro e novembro para atender a maior demanda no último trimestre do ano, caracterizando a sazonalidade da indústria moveleira (DEPEC,2016)

Até 2011 o setor moveleiro paranaense correspondia a 13,5 % do nacional. As regiões de maior produção correspondem a Araçongas, Maringá, Londrina, Ponta Grossa e Curitiba (APD, 2015).

Na indústria moveleira usam-se vários materiais como madeira maciça, madeira reconstituída, metais, plásticos e móveis estofados. No Paraná a produção de móveis de madeira é mais utilizada por conter floresta plantada (onde destaca-se o Pinus)(SOUSA, 2013).

A movelaria paranaense enfrenta grande deficiência na estrutura da produtividade, por se tratar da maior parte de pequenas empresas o investimento em maquinários mais modernos não é uma prioridade, devido a pouca demanda nos pedidos e também o problema com incentivo fiscal e financiamento com juros baixos (HIGACHI; OLIVEIRA; MENIERS, 2009).

Outro fator limitante para o crescimento da indústria local estadual é a falta de mão de obra especializada em todas as etapas de produção do móvel.

Além do incentivo financeiro não ser algo atrativo, as empresas dão preferência a contratar pessoas com experiência do que treinar o conhecimento do zero, demanda mais tempo e dinheiro, logo a oferta de mão de obra qualificada tem dificuldade de aumentar (HIGACHI; OLIVEIRA; MENIERS, 2009).

Somado a alguns fatores mencionados nos parágrafos acima, a tecnologia é precária e desatualizada se compararmos as microempresas com os grandes produtores nacionais e locais, por estes possuírem toda uma estrutura de produção bem estabelecida e maior procura do produto. A falta de originalidade no design também prejudica o crescimento da indústria moveleira paranaense, ocorre uma grande influencia externa e não há uma assinatura local (HIGACHI; OLIVEIRA; MENIERS, 2009).

Em geral as movelarias paranaenses tem dificuldade em competir com os grandes produtores, por apresentar menos poder de negociação dos produtos, ou seja, maiores descontos, formas de pagamentos, etc (HIGACHI; OLIVEIRA; MENIERS, 2009).

### 3.2 EMPRESA J. FRONZA

Empresa de base familiar, foi fundada em 1968, tem o orgulho de trabalhar com madeiras certificadas, mostrando assim o caráter de uma empresa responsável e consciente, matéria-prima usada provém somente de áreas com projetos aprovados.

A J. Fronza fornece diversos tipos de madeira para construções em geral, como casas e barracões, desde o início da obra até a cobertura, acabamentos e móveis feitos de madeira maciça a pronta entrega ou por encomenda, o resíduo gerado das madeiras utilizadas também é comercializado para uma indústria de cal.

### 3.3 RESÍDUOS FLORESTAIS

Resíduo é qualquer material que sobra após uma ação ou processo produtivo. Podem ser sólidos, líquidos e gasosos que são gerados nos processos de extração e transformação de recursos naturais (DUTRA; NASCIMENTO; NUMAZAWA, 2005).

As indústrias madeireiras geram grande quantidade de resíduos, apresentando um baixo rendimento na obtenção do produto final, que dispersos ao meio ambiente podem trazer sérios problemas ambientais, especialmente, em sua incineração, sem prévio controle ambiental (DUTRA; NASCIMENTO; NUMAZAWA2005).

Para a redução dos resíduos de indústrias madeireiras é com uma carbonização e combustão da madeira que sobra. Contudo o impacto ambiental ocasionado não é desejado, pois ocorre a liberação de gases poluentes, como o dióxido de carbono (FONTES,1994).

O Brasil lidera o ranking mundial de utilização de biomassa na produção de energia, de acordo com a pesquisa realizada pela IEA Bioenergy Task 40 - divisão especializada em bioenergia da Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês), sendo essa representação de 16% do uso mundial, atrás dele estão os Estados Unidos com 9% e Alemanha com 7%. Atualmente, a biomassa representa cerca de 10% da produção de energia global (WALTER, 2014).

### 3.3 ESPÉCIES FLORESTAIS ANALISADAS

A madeira é o material de origem biológica mais utilizada como biomassa devido ao lenho de sua árvore conter propriedades físicas e químicas diferenciadas, podendo ser utilizada em quase todos os campos da tecnologia (KLOCK, 2005).

A madeira vem sendo utilizada desde o princípio da humanidade, não apenas como material de construção, mas como matéria prima na produção de carvão, lenha, cinzas utilizadas na fabricação de vidros e agentes branqueadores de tecidos. Por outro lado, a madeira não deixa de ser um material moderno utilizado em moveis maciços e revestimentos que comprovam sua beleza (KLOCK, 2005).

Por ser um material heterogêneo e de natureza anisotrópica, é possível observar diferentes características entre as mesmas espécies, variando o seu local de crescimento, por exemplo, ou sua localização ao longo de seu tronco (KLOCK, 2005).

#### 3.3.1 *Pinus Taeda*.

No Brasil, a utilização de pinus na indústria madeireira vem crescendo ao longo dos anos. O *Pinus taeda* foi introduzido no Brasil principalmente pelo

Paraná. Árvores de *Pinus taeda* em seu ambiente nativo podem atingir até 45 metros, com diâmetro aproximado de 1,3 metros. Possui coloração amarela clara no alburno enquanto o cerne tem coloração marrom avermelhada. A madeira é pesada, resistente, macia a moderadamente dura, razoavelmente resistente a choques (KLOCK, 2000).

### 3.3.2 Cambará (*Qualea albiflora*)

Árvore muito grande podendo atingir de 30 a 50 metros, com até 150 cm de diâmetro. Seu cerne geralmente é pardo, rosa suave e com textura média. Possui características médias quanto a sua resistência, retratibilidade e massa específica. Secagem pode ser feita ao ar livre sem ocorrências de defeitos, já a secagem artificial deve ser controlada. Como apresenta grande quantidade de cristais e sílica associados com depósitos gomosos, é moderadamente dura ao corte, porém, tem um bom acabamento e boa colagem. Usualmente indicada para a fabricação de móveis, folhas faqueadas para decoração, forros, moldura, construção civil, vigas, embalagens e outros (BIASE, 2005).

### 3.3.3 Ipê (*Handroanthus chrysotrichus*)

Os ipês são muito utilizados na ornamentação urbana devido à beleza de seu porte e de suas flores que podem ser brancas, amarelas e roxas (SILVA, 2009).

*Handroanthus chrysotrichus* mais conhecida como Ipê Amarelo ou Tabaco, classificado antigamente como gênero *Tabebuia spp*, produzem madeira pesada e dura ao corte. Coloração acinzentada, clara, muito resistente ao tempo, flexível e difícil de serrar. Usada na construção civil com vigas, caibros, ripas e assoalhos; na construção naval e em obras externas como postes, cercas e dormentes. Árvore comumente usada no paisagismo de

parques e jardins pela beleza e pelo porte. Essa espécie é considerada como a árvore símbolo brasileira (ESALQ, 2008).

#### 3.3.4 Cedrinho (*Erismia uncinatum*)

O cedrinho (*Erismia uncinatum*) da família *Vochysiaceae* é uma árvore de grande porte, podendo atingir de 15 a 25 metros de altura e 80 cm de diâmetro. Possui cerne de cor castanho claro ou bege amarelado e seu alburno branco acinzentado ou branco amarelado. Madeira fácil de trabalhar, mas podendo apresentar uma superfície áspera e felpuda. Baixa resistência mecânica e ao apodrecimento natural da madeira. Fácil secagem ao ar livre e sem ocorrência de defeitos significativos. Indicada para a produção de móveis populares, embalagens, compensados, molduras, entre outros (BIASE 2005).

### 3.4 COMBUSTÃO

A degradação térmica da madeira é uma reação química que ocorre na presença de oxigênio, em quantidade suficiente para decomposição completa do material, através de uma fonte de calor, ocasionando uma reação em cadeia, proporcionando queima contínua. Dentre as fases de degradação térmica da madeira, ocorre diminuição de suas propriedades mecânicas, carbonização da superfície e degradação de polímeros (FIGUEROA; MORAES, 2009).

### 3.5 PODER CALORÍFICO

O Poder Calorífico da madeira consiste na quantidade de calor liberadas na combustão completa em uma unidade de massa de combustível. As unidades usualmente expressas são kcal/kg, kcal/kg e MJ/kg. A

determinação do PC pode ser teórica, pelo conhecimento da composição química, ou experimental com o auxílio da bomba calorimétrica, definindo assim o poder energético do combustível. Existem duas maneiras de expressar o Poder Calorífico, sendo Poder Calorífico Superior ou Inferior (PCS e PCI), dependendo diretamente do teor de umidade presente no material. (NASCIMENTO, 2006).

Segundo Quirino (2005) existe uma variação de poder calorífico entre o limite inferior de 3350 cal/g e o limite superior de 5260 cal/g.

### 3.5.1 Poder Calorífico Superior (PCS)

No PCS, a água formada durante a combustão, entre a reação do hidrogênio elementar e do oxigênio, é condensada e o calor latente é recuperado e somado a energia estimada, evidenciando o máximo potencial energético da madeira. (ELOY, 2015 a).

### 3.5.2 Poder Calorífico Inferior (PCI)

É a quantidade de calor (energia) liberada quando um material entra em combustão e os gases de descarga são resfriados até o ponto de ebulição da água, evitando assim que a água contida na combustão seja condensada, fazendo assim com que parte da energia gerada é consumida na evaporação (SULATO, 2015).

Desta forma a diferença entre PCS e PCI, é a energia térmica requerida para evaporar a água presente na madeira e formada na reação de combustão. Desta forma PCI corresponde à quantidade de calor útil, variando de acordo com o teor de umidade da madeira (LORA; VENTURINI, 2012).

### 3.6 TEOR DE UMIDADE

Várias propriedades da madeira são afetadas pelo teor de umidade. As propriedades mecânicas são superiores e a movimentação dimensional é menor em madeiras secas (teor de umidade em equilíbrio com a umidade relativa local) quando comparada a madeira verde (teor de umidade acima de 30%) (ZENID, 2011).

### 3.7 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA

Segundo Eloy (2015 b), a análise química imediata é uma análise que fornece a porcentagem, material volátil, carbono fixo e cinzas. Ela representa a porcentagem do material que se queima no estado gasoso (material volátil), no estado sólido (carbono fixo) e da indicação do material residual (cinzas).

#### 3.7.1 Teor de Carbono Fixo

O teor de carbono fixo é a massa restante após a liberação de compostos voláteis. O teor de carbono fixo depende principalmente do teor de materiais voláteis, já que os teores de cinzas para a madeira são baixos. Portanto, madeiras com maiores teores de materiais voláteis tem menores teores de carbono fixo (ELOY, 2015 b).

O rendimento em carbono fixo tem relação diretamente proporcional aos teores de lignina, extrativos e densidade da madeira. Inversamente proporcional ao teor de holocelulose. É uma função direta do rendimento gravimétrico e teor de carbono fixo na madeira, apresentando relação direta com o poder calorífico. Quanto maior o teor de carbono fixo maior o tempo de permanência dentro do aparelho de queima, sendo preferíveis porque queimam mais lentamente (ELOY, 2015 b).

### 3.7.2 Teor de Materiais Voláteis

São substâncias desprendidas da madeira como gases durante a queima ou carbonização. Os voláteis compreendem a parte do combustível que evapora quando aquecido a altas temperaturas, possuindo importante papel na combustão. Geralmente as madeiras com altos teores voláteis queimam mais rapidamente, assim os materiais voláteis durante a queima da biomassa volatizam rapidamente, diminuindo o tempo de resistência do combustível, podendo contribuir para baixa eficiência energética. Portanto, quanto maior a quantidade de voláteis, maior será a ignição, maior facilidade de incendiar, podendo afetar o processo de combustão em geral (ELOY,2015 b).

### 3.7.3 Teor de Cinzas

Segundo Eloy (2015 b), o teor de cinzas corresponde às substâncias que não entram em combustão, ficando na forma sólida e não são desejáveis para fins energéticos. As cinzas nada mais são do que resíduos resultantes da combustão dos componentes orgânicos e oxidação dos inorgânicos. O alto teor de cinzas leva a uma diminuição da eficiência energética, devido ao aumento do consumo de oxigênio para derreter as cinzas. O teor de cinzas também interfere no poder calorífico causando perda de energia, além de prejudicar a transferência de calor e fazer necessária a remoção de cinzas, pois quando a mesma permanece no local de combustão podem vir a causar problemas de corrosão em equipamentos metálicos.

## 3.8 DENSIDADE DA MADEIRA

A densidade da madeira é uma característica complexa resultante da combinação de diversos fatores. Este assunto tem sido intensivamente estudado para as coníferas, porém para as folhosas, as informações

disponíveis se restringem a poucas contribuições. A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore (FOELKEL, 1994).

Um dos métodos usados para a determinação da densidade é o método de imersão, que é baseado na variação do volume deslocado de um líquido, o qual é submerso a amostra saturada de água, sendo este método baseado no princípio de empuxo.

Outro método para medir a densidade baseia-se em obter o volume através de várias medições. A amostra deve ser de forma regular com cantos em ângulo reto para a determinação de volume linear medição (ASTM, 2014).

### 3.8.1 Densidade Aparente a Granel

A densidade a granel possibilita a quantificação em volumes de produtos com formas irregulares, pois são informações importantes na questão logística, considerando os espaços vazios entre as partículas e fornecendo dados reais dos volumes para o transporte. Além disso, é utilizada para cálculo da densidade energética. A densidade aumenta à medida que diminui o tamanho da partícula, devido ao fato de que os espaços vazios entre essas partículas são menores, desta forma quanto maior a densidade a granel, maior a massa que pode ser transportado ou armazenado num recipiente de volume fixo, minimizando assim custos de transporte e armazenamento (LOPES, 2012).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O trabalho foi realizado com materiais residuais da biomassa florestal da empresa J. Fronza Madeiras, localizada no município de Almirante Tamandaré, na Rodovia do Minério, 147 Km 15, sob as coordenadas 25°18' 50" sul e 49°18'10" oeste. Clima subtropical úmido (classificação Köppen- Geiger: Cfa).

No empreendimento estudado constatou-se que os maquinários da produção de madeira serrada são: plaina quatro faces, plaina duas faces, rebote, lixadeira de rolo, lixadeira de fita, destopadeira, furadeira múltipla e simples, serra fita e disco.

### **4.2 AMOSTRAGEM**

As amostras foram obtidas ao final do beneficiamento da madeira na serraria da empresa J. Fronza, foi obtido serragem com uma mistura não especificada das espécies e amostras maciças de cada espécie (topo das peças beneficiadas).

Foram feitas análises comparativas entre quatro espécies e da mistura aleatória de resíduo, que tem como fim a produção energética em uma fábrica de cal (queima em caldeira). As amostras foram secas a 105°C até sua massa constante para a determinação do teor de umidade.



Figura 1- Serragem das Espécies



Figura 2- Amostra das Espécies: 1- Pinus; 2-Cambará; 3- Ipê; 4- Cedrinho.

#### 4.3 TEOR DE UMIDADE

Foram pesadas as amostras e colocadas em estufa a 105°C até atingirem massa constante, em seguida foram novamente pesadas. Com o resultado das pesagens calcula-se o teor de umidade com a seguinte fórmula: (ASTM,2014).

$$TU = \frac{MI - MF}{MI} \times 100$$

Em que:

TU= teor de umidade (%)

MI= massa inicial (g)

MF=massa final (g)

#### 4.4 PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)

Para a determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) foram utilizadas as amostras moídas, visando à obtenção de um material mais fino e homogêneo. As avaliações foram realizadas no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), utilizando a bomba calorimétrica digital modelo C5000 Cooling System, IKA Werck, com princípio de funcionamento adiabático, de acordo com a norma técnica NBR 8633 (ABNT, 1984).



Figura 3- (Fonte: Ebah) Bomba Calorimétrica

#### 4.5 PODER CALORÍFICO INFERIOR (PCI)

Para o cálculo do poder calorífico inferior foi utilizado o hidrogênio a 6 % pois as amostras estavam secas. Foram feitas análises em duplicada do resíduo misturado e de cada espécie.

A fórmula para a determinação do PCI:

$$PCI = PCS - 600 \times ((9 \times H)/100)$$

Em que:

PCI= poder calorífico inferior (cal/g)

PCS= poder calorífico superior (cal/g)

H = teor de hidrogênio (%)

#### 4.6 ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA (AQI)

Para a realização da Análise Química Imediata (AQI) as amostras também foram preparadas a fim de obter um material mais homogêneo. As análises foram realizadas no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), de acordo com a norma técnica ASTM D1762 – 84, de 2013.



Figura 4- Mufla

## 4.7 DENSIDADE

### 4.7.1 Densidade Básica

Para a obtenção densidade verifica-se que o empuxo sofrido pela amostra de madeira é igual ao produto de seu volume pela densidade do liquido. Admitindo-se para água uma densidade de 1,000 g/cm<sup>3</sup>, conclui-se que a diferença do peso indicado na balança corresponde ao volume da amostra.

Primeiramente adicionou-se aproximadamente 500 ml de água num béquer, imergindo em seguida inteiramente a amostra saturada na água e obteve-se a diferença de peso indicada pela balança hidrostática. Durante as pesagens das amostras imersas, tomou-se o cuidado para evitar contatos destas com a parede lateral e o fundo do béquer, através de um dispositivo que a manteve suspensa. A seguir, obteve-se o peso absolutamente seco, após passagem pela estufa a 105°C, ate atingir peso constante (ASTM, 2014).

Foi usada a fórmula (SMITH, 1968)

$$D = \frac{1}{\frac{PU}{PS} - 0,346}$$

D = Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)

PS= peso seco (g)

PE= peso encharcado (g)



Figura 5- Densidade básica.

#### 4.7.2 Densidade a Granel

De acordo com a norma NBR14984- Determinação da densidade aparente de cavacos (ABNT, 2003), a densidade a granel é medida colocando os cavacos em um tubo, no qual a amostra é deixada cair no interior deste tubo, de forma livre, sob influência da gravidade. A altura da coluna de cavacos formada é multiplicada pela área da seção transversal interna do tubo. A determinação da densidade aparente dos cavacos foi realizada no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e é demonstrada na equação a seguir:

$$X = \frac{Mg - Mr}{hA}$$

Em que:

Mg= Massa da amostra mais a massa do recipiente (g)

Mr= Massa do recipiente (g)

h = altura média do tubo de cavacos (cm)

A=área da seção transversal do tubo (cm<sup>2</sup>)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO NA EMPRESA ESTUDADA

A Figura 6 apresenta o Lay-out da empresa J. Fronza que inclui espaço para os equipamentos, área de pintura, estoques, loja, pátio de armazenamento de madeira e estacionamento.

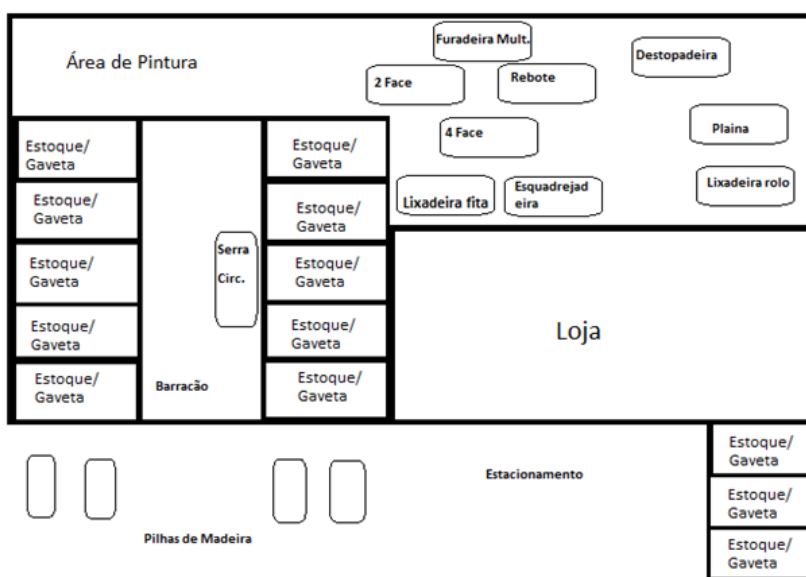


Figura 6-Lay-out da Empresa J. Fronza

**Loja:** se encontram os escritórios dos vendedores, móveis a pronta entrega, banheiros, etc.

**Barracão:** se encontra uma serra circular e os estoques de madeiras, feito em gavetas.

**Área de pintura:** mezanino protegido para uma aplicação de acabamento sem defeitos.

**Estoques em Gavetas:** são localizados fora e dentro do barracão, a reposição desse estoque é feita periodicamente.

As Figuras de 7 a 9 apresentam os produtos industrializados a venda como: madeira serrada, móveis tipo mesa para sala de jantar e para área externa.



Figura 7- Estoques em Gavetas



Figura 8- Mesa para Sala de Jantar de Fabricação Própria



Figura 9- Mesa Maciça para Churrasqueira

A Tabela 1 representa a reposição de estoque do período de Janeiro a Abril de 2016; na Tabela 2 apresenta os produtos industriais e sua produção do mesmo período; a Tabela 3 é referente ao resíduo produzido pela empresa neste mesmo período.

Tabela 1 Compra de Madeira do Período de Janeiro a Abril de 2016

Madeira	Janeiro (m <sup>3</sup> )	Fevereiro (m <sup>3</sup> )	Março (m <sup>3</sup> )	Abril (m <sup>3</sup> )
<i>Pinus taeda</i>	22	19	20	14
<i>Qualea albiflora</i>	98	102,5	110	116
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	10,8	8,6	11	9,5
<i>Erisma uncinatum</i>	26	21	17	23

A demanda por madeira de Cambará (*Qualea albiflora*) é muito maior que pelas outras espécies, tanto na venda de madeira serrada quanto na produção de móveis.

Tabela 2- Produção Industrial no período de Janeiro a Abril de 2016

Produto	Janeiro (m <sup>3</sup> )	Fevereiro (m <sup>3</sup> )	Março (m <sup>3</sup> )	Abril (m <sup>3</sup> )
Móveis para Cozinha	4,6	3,89	4,2	4,02
Móveis para Quarto	1,5	1,3	0,98	1,2
Área para área externa	5,7	5,3	4,9	5,2
Madeira serrada	145	138	141	142,5

Os produtos industrializados na empresa são:

Móveis para cozinha: mesas de madeira maciça, desde simples as mais sofisticadas para sala de jantar.

Móveis para quarto: basicamente camas.

Móveis para área externas: como mesas para área de churrasqueira e móveis para jardim.

Madeira serrada: produto mais comercializado, de menor custo e maior demanda.

Tabela 3- Resíduo das Espécies Beneficiada da Empresa no Período de Janeiro a Abril

Mês	Quantidade de resíduo (m <sup>3</sup> )
Janeiro	36,28
Fevereiro	47,12
Março	56,83
Abril	54,35

## 5.2 ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

### 5.2.1 Teor de Umidade

Na Tabela 4, estão demonstrados os valores correspondentes aos teores de umidade obtidos das amostras de resíduo misturado.

Tabela 4- Teor de umidade da mistura dos resíduos.

Espécie	Teor de Umidade (%)	Desvio Padrão (%)	(±)	Coefficiente de Variação (%)	de
Resíduo misturado	13,49	0,080		0,005	
<i>Pinus taeda</i>	20,22	0,455		0,022	
<i>Qualea albiflora</i>	34,11	2,626		0,076	
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	13,41	0,292		0,021	
<i>Erisma uncinatum</i>	13,81	0,360		0,026	

Houve uma grande diferença nos teores de umidade da madeira de Pinus e Cambará, que pode ter sido ocasionado por um alto teor de umidade no ambiente em que estavam as amostras.

### 5.2.2 Poder Calorífico

Na Tabela 5 estão demonstrados os resultados médios do poder calorífico superior e inferior.

Tabela 5 – Poder Calorífico (média)

Espécie	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
Resíduo misturado	4690,5	4687,26
<i>Pinus taeda</i>	4574	4570,76
Cambará	4592	4588,76
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	4740,5	4737,76
Cedrinho	4717,5	4614,26

Com isso obtemos um PCS médio do resíduo misturado de 4690,5 kcal/kg sendo que nas literaturas encontramos uma variação entre o limite inferior de 3350 e o limite superior de 5260kcal/kg (QUIRINO, 2005). Segundo o mesmo autor o poder calorífico do Ipê é de 4760 kcal/g e do Cedrinho de 4526 kcal/kg, sendo que o resultado do Ipê esta bem compatível já o do Cedrinho foi encontrado um valor mais alto.

Na literatura encontramos o valor do poder calorífico para o *Pinus taeda* de 4535 kcal/kg que esta bem próximo ao encontrado no presente trabalho de 4574 kcal/g (SOUZA, 2010).

O poder calorífico encontrado na amostra de Cambara foi de 4592 kcal/kg, já o PCS encontrado na literatura foi de 4705 kcal/kg (NETTO,2006).

O poder calorífico da mistura do resíduo tem o valor aproximado da média das espécies que foi de 4656 kcal/kg, podemos assim dizer que os valores são compatíveis.

### 5.2.3 Análise Química Imediata

Observa-se a Tabela 6 referente aos resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 6 – Análise Química Imediata (médias).

Espécies	Materiais de Voláteis (%)	Teor de cinzas (%)	Teor de Carbono Fixo (%)
Resíduo misturado	77,11	2,01	20,87
<i>Pinus taeda</i>	82,44	0,14	17,42
Cambará	84,66	0,36	15,30
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	78,82	0,24	21,15
Cedrinho	78,01	1,21	20,55

Houve dados com valor maior de teor de cinzas, que pode ter sido ocasionado por conter casca nessa amostra, por exemplo. As madeiras de *Ipê* e Cedrinho foram as espécies que obtiveram seus valores mais próximos aos valores da mistura. Valores menores de teores de voláteis são mais interessantes para uma queima mais duradoura, quanto maior a quantidade de voláteis, mais rapidamente a ignição, logo mais rápida a queima e o consumo do combustível.

#### 5.2.4 Densidade Básica

A seguir na Tabela 7 estão disponíveis os dados das densidades obtidas mediante as análises.

Tabela 7 – Densidade Básica das espécies analisadas (médias)

Espécie	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Desvio Padrão (±) (g/cm <sup>3</sup> )	Coefficiente de Variação (%)
<i>Pinus taeda</i>	0,452	0,039	0,0865
Cambará	0,499	0,019	0,0383
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0,903	0,091	0,1016
Cedrinho	0,588	0,013	0,0226

A madeira de Ipê tem a maior densidade, sendo melhor para a queima. A densidade está positivamente relacionada com o conteúdo calórico da madeira, estimulando o interesse de madeiras pesadas para a queima.

### 5.2.5 Densidade a Granel

A Tabela 8 é referente a análise de densidade a granel.

Tabela 8 Densidade a granel do resíduo misturado.

Repetições	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
1	0,184
2	0,204
3	0,208
<b>MEDIA</b>	<b>0,199</b>

### 5.3 VIABILIDADE

A seguir os resultados foram unificados em uma tabela para uma melhor visão da viabilidade do resíduo estudado.

Tabela 9- Resultados

Características Energéticas	Resíduo Misturado	<i>Pinus taeda</i>	Cambará	Ipê	Cedrinho
Teor de Umidade (%)	13,49	20,22	34,11	13,41	13,81
Poder Calorífico S.(cal/g)	4690,5	4574	4592	4740,5	4717,5
Poder Calorífico I.(cal/g)	4681,26	4570,76	4588,76	4737,76	4614,26
Materiais Voláteis (%)	77,11	82,44	84,66	78,87	78,01
Teor de Cinza (%)	2,01	0,14	0,36	0,24	1,21
Carbono Fixo (%)	20,87	17,42	15,30	21,15	20,55

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A empresa familiar J. Fronza tem fabricação própria de móveis para quarto, cozinha e área externa além da venda de madeira serrada. Seu resíduo proveniente do beneficiamento das espécies de *Pinus taeda*, *Qualea albiflora* (Cambará), *Handroanthus chrysotrichus* (Ipê) e *Erismia uncinatum* (Cedrinho), tem sido comercializado a fim de causar um menor impacto ambiental e gerar uma entrada a mais no caixa da empresa, buscando assim maior sustentabilidade.

As análises químicas foram realizadas a fim de caracterizar energeticamente os resíduos comercializados pela empresa, de diferentes espécies, e até mesmo a mistura entre elas. É de extrema importância o detalhamento da composição química para determinar seu melhor uso como combustível em equipamentos térmicos geradores de energia.

Obeve-se um poder calorífico médio da mistura superior ao valor encontrado em duas espécies quando analisadas individualmente. Porém das espécies que compõem o resíduo, duas ultrapassaram o poder calorífico da mistura, foram elas, o ipê e cedrinho, mas na média da soma dos PCS das espécies o resultado fica bem próximo ao PCS da mistura.

Na mistura constatou-se um teor médio de voláteis dentro da faixa que compreende as espécies analisadas individualmente.

Um alto teor de cinzas leva a diminuição da eficiência devido ao aumento de consumo de oxigênio. As cinzas são resultados das substâncias inorgânicas da madeira e são abrasivos, podendo causar problemas de corrosão em equipamentos metálicos, nos queimadores em caldeiras, no item com maior teor de cinza o que poderia ter ocorrido é que na amostra continha casca, que gera uma maior quantidade de cinzas.

Quanto à densidade constatou-se que as madeiras de Ipê e Cedrinho tem o maior valor de densidade média. Sendo este um parâmetro diretamente relacionado à velocidade de secagem da madeira, pois quanto menor a densidade há mais espaços vazios, logo aumenta a quantidade de energia necessária para extrair o teor de umidade do combustível, antes de efetivamente liberar energia útil.

Com os resultados obtidos fica evidente a viabilidade de comercialização do resíduo produzido pela empresa, e torna-se interessante para a mesma, rotular as características energéticas nas embalagens, assim o destinatário tem conhecimento do potencial do produto, comprovando a qualidade do mesmo.

A compactação deste resíduo agrega valor ao produto, porém altera o consumidor final, aumentando o material lenhoso por unidade de volume, tendo como principal vantagem a facilidade do transporte do material, podendo transformar em briquetes ou pellets, para diversas finalidades como aquecimento doméstico ou até mesmo para fins sanitários de animais domésticos.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14984: 2003: **Madeira -Determinação da Densidade Aparente de Cavacos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8292: 1983: **Carvão mineral - Determinação da densidade de carga - Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

AGENCIA PARANÁ DE DESENVOLVIMENTO. **Produtivas Paranaenses. Setor Moveleiro.** Dados do Estudo Setorial, 2015.

ASTM. **Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Wood and Wood-Based Materials**1 D2395 – 14. 2014

ASTM. **Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal**1. D1762 – 84. 2013

APEX. **Agencia Brasileira de Promoção de Exportação e Investimento.** Perfil Exportador do Setor Brasileiro de Móveis, 2012.

BIASE, C.P. **Rendimento e Eficiência no Desdobro de 3 Espécies Tropicais.** Curitiba 2005.

BRAND, M. A. **Balanco e Rendimento Energéticos de uma Indústria integrada de base florestal.** V.9, n1, p.45- 53, jan/dez. 2002.

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

CIPEM. **Centro das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Madeira do Estado do Mato Grosso**. Catálogo. [www.cipem.org.br](http://www.cipem.org.br). Acesso em 10 de junho de 2016.

DEPEC. **Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos**. Indústria de Móveis. Junho de 2016.

DUTRA, NASCIMENTO, NUMAZAWA. **Resíduos de Indústria Madeireira: Caracterização, Consequências sobre o Meio Ambiente e Opções de uso**. Revista científica eletrônica de engenharia florestal, janeiro de 2005.

ELOY, E. **Produtividade Energética de Espécies Florestais em Plantio de curta duração**. Cienc. Rural vol.45 n°.8 Santa Maria ago. 2015. (a)

ELOY, E. **Produção e Qualidade da Biomassa de Florestas Energéticas no Norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.(b)

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. Balanço Energético Nacional. Ano base 2014: relatório sínteses. Rio de Janeiro, EPE, 2015.

ESALQ. **Universidade de São Paulo**. <http://www.esalq.usp.br/trilhas/uteis/ut08.htm>. Acesso em 30 de junho de 2016.

FOELKEL, C. E. Q. **Métodos para a Determinação da Densidade Básica de Cavacos para Coníferas e Folhosas**. [www.ipef.br](http://www.ipef.br). Publicações. Acesso em 12 de junho de 2016

FONTES, P. J. P., **“Auto- Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos”**, dissertação de Mestrado do curso de Pós-

Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba 1994.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. **Comportamento da madeira a temperaturas elevadas**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 157-174, 2009.

GARCIA, D. P. **Caracterização química, física e térmica de pellets**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). FEG/UNESP. Guaratinguetá, 2010.

HIGACHI, H.Y; OLIVEIRA, R.S; MEINERS, W.E.M.A. **O Desenvolvimento Recente da Competitividade da Indústria de Móveis do Paraná**. Revista paranaense de Desenvolvimento. Curitiba 2009.

KLOCK,U. **Química da Madeira**. Notas de aula 3º Ed. Universidade Federal do Paraná. 2005

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *pinus maximinoi* H.E. MOOR**. Universidade Federal do Paraná. 2000.

LOPES, G.A. **Uso Energético de Resíduos Madeireiro de um Polo de produção de Cerâmicas Vermelhas do Estado de São Paulo**. Tese de doutorado em Recursos Florestais da Universidade de São Paulo, 2012.

LORA, E.; VENTURINI, O. **Biocombustíveis**. Interciência. v. 2. São Paulo, 2012.

NASCIMENTO, S. M. **Resíduo de indústria madeireira: Caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso**. HOLOS Environment, v.6 n.1, 2006- P. 8.

NETTO, G. B. F. **Caracterização Energética de Biomassas Amazônicas.** UFPA, 2006.

NOGUEIRA, L. A.; LORA, E. E. **Dendroenergia: Fundamentos e aplicações.** (2. ed. ed.). Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

QUIRINO, W.F. **Poder Calorífico da Madeira e de Materiais Ligno-celulosicos.** Revista da Madeira. [www.funtec.org.br](http://www.funtec.org.br). Arquivo 2005. Acesso em 18 de junho de 2016.

SILVA, D.A. et al. **Ponto de amostragem ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico da madeira.** Ciência Rural, Santa Maria, v.42, n.9, p.1588-1595, 2012.

SILVA, A. M. L, COSTA, M. F. B, LEITE, V. G. **Anatomia foliar com implicações taxonômicas em espécies de ipês.** 2009.

SFEIR, T. A. **Avaliação DO Ciclo de Vida da Produção de Pellets de Madeira Utilizando o Software Livre Open LCA.** Universidade Federal do Paraná, 2013.

SOUSA, G. R. **Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário.** Panorama do setor moveleiro. Disponível em <<http://www.abimovel.org.br>> Acesso em 25. mai.2013.

SOUZA, M.M. **Estimativa do Poder Calorífico e Caracterização Para Uso Energéticos de Resíduos da Colheita e do Processamento de *Pinus taeda*.** Curitiba, 2010.

SOUZA, M. H. et al. **Madeiras tropicais brasileiras**. Brasília: IBAMA/DITEC, 1997. 152 p.

SUDAM - SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Propriedades físico-mecânica e uso comuns de 30 espécies de madeiras da Amazônia**. Pará, p 27,1983.

SULATO, A. **Maquinas Térmicas**. Notas de aula. Universidade Federal do Paraná. 2015.

TRUGILHO, P.F.; SILVA, D.A.; FRAZAO, F.J.L.; MATOS, J.L.M. Comparação de métodos de determinação de densidade básica em madeira. **Acta Amazônica**, 20 (único): 307-319. 1990.

ZENID, J.G. **Madeira na Construção Civil**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT (2011).

WALTER, A. **Country Report Brazil**. IEA Bioenergy Task 40. UNICAMP, 2014.