

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS PONTA GROSSA**  
**ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**IURI SOUSA DINIZ**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UMIDADE NO CONSUMO ESPECIFICO DO  
CAVACO DE MADEIRA PARA GERAÇÃO DE VAPOR SATURADO EM  
CALDEIRA DE BIOMASSA**

**MONOGRAFIA**

**PONTA GROSSA**

**2014**

**IURI SOUSA DINIZ**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UMIDADE NO CONSUMO ESPECIFICO DO  
CAVACO DE MADEIRA PARA GERAÇÃO DE VAPOR SATURADO EM  
CALDEIRA DE BIOMASSA**

Monografia apresentado ao Programa de  
Especialização em Engenharia de Produção da  
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus  
Ponta Grossa, da UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Colmenero

**PONTA GROSSA**

**2014**

Espaço destinado a elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva do Departamento de Biblioteca da UTFPR.



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria / Coordenação / Departamento  
Especialização em Engenharia de Produção



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UMIDADE NO CONSUMO ESPECIFICO DO CAVACO DE MADEIRA PARA GERAÇÃO DE VAPOR SATURADO EM CALDEIRA DE BIOMASSA**

por

IURI SOUSA DINIZ

Estamonografia foi apresentada em de2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialistaem Engenharia de Produção. O candidato Iuri Sousa Diniz foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. João Carlos Colmenero

---

Prof. Dr.Luis Mauricio Resende

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família e esposa, pelos momentos de ausência, mas que sempre esteve ao meu lado, dando apoio e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a DEUS por permitir de realizar mais esta etapa em minha vida.

Agradeço também ao meu orientador Prof. Dr. João Carlos Colmenero, pela dedicação e sabedoria que contribuiu para realização deste trabalho.

Agradeço também a minha família e aos demais professores.

## **RESUMO**

DINIZ, Iuri Sousa. **Estudo da Influência da Umidade no Consumo Específico Do Cavaco de Madeira Para Geração de Vapor Saturado em Caldeira De Biomassa**:2014. Número total de 38folhas. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

O presente trabalho tem como objetivo principal demonstrar a influência da umidade na determinação do poder calorífico da biomassa, entendendo o funcionamento do mecanismo escolhido pela Empresa estudada. A metodologia utilizada consistiu primeiramente em um levantamento bibliográfico sobre o estudo em questão, tendo como fonte de dados artigos, livros, documentos e sites oficiais. O desenvolvimento desta pesquisa foi a partir de informações adquiridas em um banco de dados históricos de uma empresa de papel jornal, será possível avaliar o consumo específico e a umidade da biomassa em qualquer período do ano, neste trabalho será usado dados dos últimos cinco anos, sendo então uma amostragem representativa. A pesquisa da conclusão entende-se que a utilização da energia da biomassa é de fundamental importância no desenvolvimento de novas alternativas energéticas, constitui-se numa prática econômica, sustentável, prática e futurista;

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa; Poder Calorífico; Indústria de Papel e Celulose;

## **ABSTRACT**

DINIZ, Iuri. **Study of the Influence of Moisture in Wood chip Specific Consumption For Saturated Steam Generation in Boiler Biomass**:2014. Número total de 38folhas.Monografia (Especialização em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná).Ponta Grossa, 2014.

The presentwork has as main objective to demonstrate the influence of moisture in determining the calorific value of biomass, understanding the functioning of the mechanism chosen by the company studied. The methodology consisted primarily of a literature on the study in question, with the data source articles, books, documents and official websites. The development of this research was based on data acquired in a historical database of a company of newsprint, you can assess the specific consumption of biomass and moisture at any time of year, this study will use data from the past five years, then a representative sample. The research conclusion is understood that the use of biomass energy is of fundamental importance in developing new energy alternatives, it constitutes an economic, practical, sustainable, practical and futuristic;

**KEYWORDS:** Biomass , Calorific Value , the Pulp and Paper Industry ;



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Pátio de estocagem de cavacos .....	25
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de umidade de Casca, Mix de cavaco e Cavaco 3°.....	28
Gráfico 2 – Poder calorífico da Casca, Mix de cavaco e Cavaco 3°.....	29
Gráfico 3 – Consumo específico vs produção de vapor.....	29
Gráfico 4 – Precipitação vs consumo específico de biomassa.....	30
Gráfico 5 - Consumo de biomassa no período de 2008 a 2013.....	31

## LISTA DE TERMOS E DEFINIÇÕES

**Amostra:** Uma pequena porção representativa do todo de um processo.

**Biomassa:** Mistura de todos os resíduos gerados no pátio de madeiras que são triturados e destinados à queima na caldeira. Durante o processamento da madeira.

**Caldeira:** Entendemos por uma caldeira o equipamento destinado a produzir vapor de água com pressão atmosférica, em quantidade pré-estabelecida de alta pureza através da absorção de calor que se desenvolve na fornalha.

**Fornalha:** As fornalhas têm características especiais de acordo com o combustível que os alimentam para queimar os Combustíveis Sólidos é necessário que a Corrente de Ar passe através da Grelha.

**Caldeira:** Responsável por gerar vapor destinado à secagem da folha na máquina de papel.

**Damper:** Válvulas de aço que regulam o fluxo de cavaco.

**Moega:** Sistema de alimentação composto por duas roscas giratórias utilizada no abastecimento da caldeira e da linha de produção.

**Oversizes:** Cavacos com dimensões acima das especificações, lascas

**Silo:** Local onde se armazena cavacos.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 BIOMASSA .....	13
2.2 CAVACO E CASCA .....	18
2.3 UMIDADE E PODER CALORIFICO SUPERIOR .....	20
2.4 ASPECTOS AMBIENTAIS E A PRODUÇÃO DE ENERGIA .....	22
3.1 LOCAL .....	25
3.2 PÁTIO DE CAVACOS .....	25
3.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA E UMIDADE DAS AMOSTRAS .....	27
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS</b> .....	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em virtude da demanda de vapor para produção de papel, as empresas desse segmento vêm investindo em alternativas para controlar a umidade da biomassa a níveis aceitáveis, tendo como foco minimizar a amplitudes das variações das variáveis operacionais, neste presente trabalho será apresentado o comportamento de algumas dessas variáveis, mas o objeto principal de estudo será o consumo específico de biomassa em períodos de seca e chuvosa em uma empresa que não possui pátio de estocagem coberto, apresentando alternativas para uma boa operação da caldeira em qualquer período do ano.

Nos dias atuais a redução de custo se torna uma realidade da indústria mundial e isso não é diferente para a indústria produtora de papéis jornal, a concorrência aumenta cada vez mais apesar de ser a única produtora nacional a empresa objeto deste estudo possui vocação para se superar e conseguir grandes resultados em relação a redução de seus custos.

A situação do pátio de biomassa para energia é alvo de algumas discussões já que este trabalha descoberto permitindo que a biomassa sofra interferências das condições climáticas, é de conhecimento a toda a dificuldade de se operar a caldeira em período chuvoso onde a biomassa pode adquirir umidade e diminuir seu poder calorífico inferior, e isso potencialmente afeta diretamente a qualidade e os custos da biomassa, sendo este o alvo de estudo do referente trabalho.

A Energia de biomassa é aquela fornecida por materiais de origem vegetal renovável ou obtida pela decomposição de dejetos. O Brasil tem desenvolvido tecnologia há vários anos para a utilização da biomassa como fonte geradora de energia, gerando empregos e com muito pouco recurso financeiro.

Atualmente são conhecidas diversas fontes renováveis de biomassa como: lenha, carvão vegetal, babaçu, óleos vegetais, resíduos, sisal, biogás, casca de arroz, cana de açúcar, dentre outros.

A biomassa estudada refere-se principalmente aos resíduos madeiros (serragem, cavaco e lenha), ligados às indústrias de papel, madeireira e moveleira.

Assim os resíduos que formam a biomassa são em sua maioria representada pela serragem, produzida pelo cavaco a partir da trituração de

costaneiras (cascas e partes da madeira irregulares), e rebarbas durante os acertos dos produtos; e também pelo pó e cavaco.

Que considerações devem ser levadas em conta no que diz respeito ao cálculo relativo à biomassa quanto ao teor de umidade do material em questão e como a influência destas variáveis interferem na avaliação dos custos para a Empresa?

O Tema se justifica, pois, entende-se que a Empresa estudada busca inovações tecnológicas atuais e desenvolvimento de novos fornecedores que possam entregar um material de boa qualidade.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho visa entender o comportamento das variáveis, consumo específico e umidade da biomassa em períodos, chuvoso e seco, sendo um estudo comparativo, buscando informações para subsidiar proposta de melhorias das condições de manuseio e estocagem que possam garantir uma operação econômica da caldeira durante todo ano independente do período.

### 1.1.1Objetivos Específicos

Fazer um levantamento através de dados o quanto a umidade interfere na operação da caldeira.

Viabilizar dados de forma que venham a subsidiar novas pesquisas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BIOMASSA

A biomassa é o resultado de resíduos (massa biológica) é a quantidade de matéria orgânica produzida numa determinada área de um terreno.

Segundo Nogueira e Lora (2003) apud Klautau (2008) a biomassa é a matéria vegetal oriunda da fotossíntese, o qual contém energia química procedente da transformação energética da radiação solar. Quando os laços adjacentes entre moléculas de carbono, hidrogênio e oxigênio são quebrados por combustão, digestão, ou decomposição, estas substâncias liberam sua energia química armazenada. Dentre a Biomassa vegetal destacam-se os resíduos agrícolas, os quais segundo Werther et al (2000), apresentam um alto potencial de energia. A carbonização da biomassa vegetal resulta em outra fonte de energia renovável, o carvão vegetal, que é bastante utilizado no Brasil, principalmente nas indústrias de ferro gusa e até mesmo em residências. A biomassa mais utilizada, atualmente, para produção de carvão vegetal é a lenha ou resíduos de madeira.

A utilização da energia da biomassa é de fundamental importância no desenvolvimento de novas alternativas energéticas. Sua matéria-prima já é empregada na fabricação de vários biocombustíveis, como, por exemplo, o bio-óleo, BTL, biodiesel, biogás, etc.

Há pouco mais de 100 anos a biomassa começou a perder cada vez mais sua liderança histórica para a energia do carvão, e depois com o crescimento contínuo do petróleo e do gás Natural. A utilização da biomassa foi reduzida praticamente as residências particulares em regiões agrícolas.

#### 2.1.1 Biomassa no Brasil

Alguns empreendimentos brasileiros que marcaram o uso da biomassa ocorreram no setor de transportes.

Nenhum outro país tem as mesmas condições do Brasil para produzir energia limpa e renovável através da Biomassa.

Dos anos de 1920 até os primeiros anos da década seguinte, período da crise decorrente da Primeira Guerra Mundial, os compostos de álcool, éter etílico e óleo

de mamona foram produzidos como substitutos da gasolina, obtendo grande sucesso. (DECICINO, 2007)

Em 1931, a mistura do álcool na gasolina já permitia ao país uma melhora nos rendimentos dos motores de explosão de forma segura e limpa, evitando o uso de perigosos aditivos tóxicos, como o chumbo tetra etílico, como antidetonantes da gasolina.

O programa Proálcool, implantado na década de 70, marcou a opção do álcool como alternativa ao uso da gasolina. Apesar dos problemas enfrentados, o programa sobrevive atualmente, em especial com a recente oferta dos carros fabricados com tecnologia dos motores bicombustível. Nossa gasolina é uma mistura contendo 25% de álcool e a tecnologia de produção do carro a álcool atinge níveis fantásticos em nosso país. (VIANNA,2011)

Além disso, o álcool não se limita ao setor de transportes. O setor de energia elétrica também tem sido beneficiado com a utilização de energia em usinas de álcool e açúcar, a partir da queima de bagaço e palha da cana.

Outros resíduos, como palha de arroz ou serragem de madeira, alimentam algumas termelétricas. O vinhoto, resíduo do caldo de cana, retirado na fase de decantação, antes despejado nos rios, vem sendo agora reaproveitado como adubo em algumas propriedades.

Na indústria siderurgia, experiências anteriores mostraram ser possível a utilização do carvão vegetal de madeira plantada para a produção do aço, ou seja, a utilização de florestas energéticas sustentáveis.

A utilização da energia da biomassa é considerada estratégica para o futuro, por ser fonte renovável de energia. No Brasil a lenha ocupa a terceira posição em fonte de energia utilizada, sendo extraída das poucas reservas que restam no país. Dois bilhões de pessoas ainda dependem da lenha como fonte de energia, a maior parte nos países em desenvolvimento. (FRANCISCO, 2013)

A biomassa pode ser considerada um recurso natural renovável por se tratar de um processo ou tecnologia de produção manipulada que não necessita exclusivamente de fatores naturais pra sua obtenção. Possuem baixo custo e se comparada aos combustíveis fósseis são menos poluentes e permitem o reaproveitamento de diversas formas de resíduos.



Há grandes variações entre as muitas tentativas para quantificar o potencial para bioenergia. Isto é devido à natureza complexa da produção de biomassa e usar, incluindo fatores como as dificuldades em estimar a disponibilidade de recursos, produtividade sustentável a longo prazo e à economia da produção e utilização, tendo em conta a grande variedade de tecnologias de conversão, bem como ecológico, social considerações culturais e ambientais.

Estimar o consumo de energia de biomassa também é problemático, devido à gama de Energia de Biomassa usos finais e cadeias de fornecimento e os usos concorrentes de recursos de biomassa. Há também uma considerável incerteza circundante estimativas do papel potencial da energia dedicada florestal / culturas, uma vez que as fontes tradicionais de biomassa que podem substituir, tais como os resíduos de agricultura, silvicultura e outras fontes de energia têm um valor muito mais baixo e variada.

Além disso, a disponibilidade de fontes de energia, incluindo a biomassa, varia muito de acordo com o nível de desenvolvimento sócio -econômico. Todos estes fatores tornam muito difícil extrapolar potencial de bioenergia, especialmente em uma escala global.

Todos os cenários energéticos principais incluem a bioenergia como uma importante fonte de energia no futuro.

No que diz respeito aos usos múltiplos da biomassa uma avaliação do consumo e da oferta de biomassa é muito diferente do uma avaliação semelhante para um combustível comercial, como querosene. Enquanto querosene é usado como um combustível para aquecimento e de iluminação, a biomassa fornece uma gama de essencial e as necessidades inter-relacionadas nos países em desenvolvimento. Esses benefícios incluem não só energia, mas também de alimentos, forragem, materiais de construção, esgrima, medicamentos e muito mais.

A biomassa é raramente, ou nunca, plantadas especificamente para combustível: a madeira que é queimada é muitas vezes o que sobra de algum outro processo. Energia de biomassa deve, portanto, sempre ser analisada no contexto dos outros benefícios que a biomassa oferece, e não só do ponto de vista de um único setor.

Produtos de biomassa podem ser modificados, por exemplo, bagaço de cana é usado como combustível, a alimentação animal após a hidrólise, na indústria

da construção e para fazer papel. Outras formas de biomassa são deliberadamente modificada de uma forma de energia em outra, por exemplo, madeira para carvão, esterco em biogás e fertilizantes, e açúcar em etanol. Assim, pode ser importante para medir a biomassa processada um real ou uma fonte de energia potencial..

A lenha é aproveitada de duas maneiras diferentes:

a) combustão é o processo mais antigo para produção de calor doméstico e industrial, sendo que 94% do seu valor calórico é perdido no uso doméstico.

b) pirólise é o processo de queima da madeira a temperaturas de 160 a 430 graus. Essa queima produz gases e ácido pirolígnico (que pode sofrer mais uma reação para a extração metanol, acetona e ácido acético).

O consumo de carvão no Estado de Minas está na ordem de 25 milhões de m<sup>3</sup>, sendo 40 % extraídos do cerrado, e de acordo com a legislação Estadual o suprimento dos altos fornos está limitado desde 1996. Minas Gerais produz 80% do carvão e consome 84% da produção nacional.

Devem-se ressaltar também alguns problemas causados por utilização indevida dessa fonte de energia como: formação de desertos pelo corte não planejado ou incontrolado de arvores; destruição do solo pela erosão; a poluição da própria queima da biomassa, como a emissão de gases tóxicos e desprendimento de consideráveis quantidades de calor.

O reflorestamento através do eucalipto inibe o crescimento das plantas cultivadas em solos retiradas de eucaliptais e a inibição das bactérias responsáveis pela fixação do nitrogênio. Isso significa que o eucalipto exerce uma pressão seletiva sobre a população bacteriana, espécies não tolerantes desaparecem, o solo fica mais pobre.

O produto também é bastante perigoso para a saúde e deve ser manipulado com muito cuidado. No Brasil as termoelétricas de Samuel (RO) e Balbina (AM) são dois exemplos de aproveitamento de lenha com a tecnologia mais adequada para a produção de energia elétrica. Mas ainda há locais onde pessoas se submetem ao trabalho pesado e com grandes riscos para a saúde.

Os resíduos orgânicos devem ser transformados por intermédio da digestão anaeróbica (processo de degradação da matéria orgânica por determinado grupo de micro-organismos), para resultar em gás combustível com teores de metano em

torno de 60 a 70 %, e dióxido de carbono, de 20 a 30%, além de outros gases. A borra do digestor pode ser utilizada como fertilizante.

O biogás possibilita diversas aplicações: cocção de alimentos, geração de energia em lâmpões, geladeiras, chocadeiras, fornos industriais e também geração de energia elétrica.

### 2.1.2 Tipos de Biomassa

- Lenha Nativa - Espécies Diversas
- Lenha de Reflorestamento - Eucalipto, Pinho, Sabiá, Bambu, etc.
- Cavaco (Lenha Picada), serragem, maravalha, briquetes, carvão.
- Cascas - Coco, Arroz, Castanha, Algodão, Café, etc.
- Palhas - Coco, Carnaúba, etc.
- Bagaço e as Palhas da Cana
- Capim, Aparas, Podas e Resíduos Agropecuários.

### 2.1.3 Valor Calorífico

O valor calorífico de um combustível é a energia libertada por unidade de massa ou volume por unidade de combustível, quando o combustível é queimado completamente.

O termo calorífico valor é sinônimo de poder calorífico. Unidades típicas para expressar calorífico ou aquecimento valor são MJ / kg em unidades SI ou Btu / lb em unidades inglesas.

O valor calorífico de um combustível depende pressuposto feitas com a condição de as moléculas de água nos produtos finais da combustão.

O valor de poder calorífico superior (PCS), refere-se a uma condição em que a água é condensada fora os produtos da combustão. Devido a esta condensação todo o poder calorífico do combustível incluindo calor sensível e calor latente são contabilizados. O poder calorífico inferior (PCI), por outro lado se refere à condição em que a água nos produtos finais da combustão permanece na forma de vapor (ou vapor), ou seja, o vapor não se condensa em água líquida e, portanto, o calor latente não é contabilizado.

## 2.2 CAVACO E CASCA

O cavaco é um recurso renovável, composto por lascas cisalhadas obtidas a partir de toras de madeira que na sua maioria destina-se a produção de energia em fornos e caldeiras. Apresenta boas características energéticas e melhor desempenho no que diz respeito ao seu escoamento em silos.

O cavaco é ainda a matéria-prima para as indústrias de painéis reconstituídos, seja o Médium DensityFiberboard (MDF), o MediumDensityParticleboard (MDP) e alguns outros tipos de painéis. O cavaco também tem ampla utilização na queima direta para atender diferentes processos de geração de energia.

A quantidade de casca presente na madeira é normalmente expressa como percentagem em volume ou em peso.

A qualidade dos cavacos usados para polpação é um fator muito importante na operação da fábrica de celulose e na qualidade final da polpa obtida. As variáveis de qualidade de cavaco podem ser divididas em duas seções: variáveis relativas a madeira e variáveis relativas ao processo de picagem.

As variáveis relativas à madeira relacionam-se às características próprias da madeira, tais como seleção de espécies, variação entre espécies, deterioração da madeira durante estocagem, degradação da madeira, etc. As variáveis relativas à operação de picagem relacionam-se às características dos processos e equipamentos, tais como tipo do picador, afiação das facas, distribuição do tamanho de cavacos, tipo de peneira e operação da mesma.

As dimensões dos cavacos são de fundamental importância para que ocorra uma distribuição homogênea e impregnação efetiva dos agentes químicos de polpação ao interior da madeira.

Uma distribuição efetiva e rápida dos agentes químicos no interior da madeira assegura reações homogêneas durante o cozimento e conseqüentemente uma alta qualidade da celulose produzida (FOELKEL, 1978).

Quanto menores forem as dimensões dos cavacos, maior será a superfície da madeira exposta ao licor, o que favorece a impregnação. A fragmentação excessiva da madeira, porém, pode conduzir a prejuízos nos resultados de polpação.

De acordo com Couto (1979). Em cozimentos efetuados em madeira na forma de serragens ou palitos, foram alcançados rendimentos mais baixos e uma qualidade inferior da celulose produzida, do que quando se utilizavam cavacos convencionais. A utilização de cavacos pequenos em muitos casos apresenta limitações na prática. Cavacos muito pequenos requerem uma manutenção mais frequente e cuidadosa dos picadores. O desgaste das peças do picador pode ser intenso. Na picagem e manuseio de cavacos, são gerados quantidades maiores de finos e pó. A densidade de empacotamento menor implica em menor capacidade de carga de digestores. A circulação de licor de cozimento pode ser prejudicada a ponto de dificultar o cozimento. Ainda podem acontecer obstruções nas peneiras de circulação de licor no interior dos digestores (FOELKEL, 1978).

O comprimento e a largura dos cavacos também tem sua importância na produção de celulose, pois tem influência sobre a densidade de empacotamento dos cavacos, além de contribuírem para a impregnação (HARTLER, 1972; BUSNARDO & FOELKEL, 1979). No entanto, a importância destas dimensões tem sido colocada em segundo plano, frente a importância comprovada da espessura dos cavacos no processo.

Alguns autores têm idealizado os cavacos com o maior comprimento possível aliado a menor espessura possível. Desta maneira seria evitada uma Baixa proporção de madeira danificada em sua estrutura por ação das facas e contrafacas no picador

A utilização da madeira com casca é um assunto controvertido. Inúmeras tentativas têm sido feitas pelas indústrias que produzem celuloses químicas, principalmente, visando a economia de mão-de-obra no descascamento manual. Alguma empresa já vem produzindo celulose com certa percentagem de madeira com casca (10 a 50%), para contornar, principalmente, problemas decorrentes da escassez de madeira ou condições desfavoráveis para exploração em certas épocas do ano. Outras indústrias no país foram projetadas e construídas para consumirem, exclusivamente, madeira com casca.

A utilização da madeira com certa percentagem de casca tem mostrado uma série de inconvenientes ou desvantagens, dependendo do equipamento em uso. Durante a picagem da madeira, a casca tende a formar lascas compridas que dificultam o peneiramento e o transporte dos cavacos.

Estes problemas, todavia, podem ser contornados picando-se a madeira recém-cortada, ou com um breve período de estocagem (2 a 4 meses dependendo da época do ano). Isso requer um eficiente esquema de abastecimento e perfeito controle da madeira armazenada no pátio da indústria.

O uso da madeira com casca aumenta o consumo de reagentes e produz um licor negro mais rico em substâncias orgânicas que podem sobrecarregar o equipamento de recuperação. Em termos de rendimentos industriais, tem-se observado uma diminuição diretamente relacionada com o aumento da percentagem de casca.

### 2.3 UMIDADE E PODER CALORIFICO SUPERIOR

A umidade pode ser definida como a quantidade de água presente em uma amostra em relação a sua massa (KOLLMANN, 1959; BIERMANN, 1996).

Diversos autores enfatizam a importância do conhecimento e o controle da umidade, entre eles BIERMANN (1996), que ressalta a influência dessa característica nos custos de transporte e comercialização de matéria-prima. A influência é observada em situações onde a compra de cavacos ou toras é realizada por peso, desta forma, quanto maior for a umidade do material, menor será a quantidade de matéria-prima adquirida.

KOCUREK (1992) relata que a influência da umidade pode ser verificada no momento da conversão de toras em cavacos, pois a diminuição drástica do valor da umidade é acompanhada por um maior consumo de energia e um desgaste prematuro das facas nos equipamentos deste processo.

BIERMANN (1996) enfatiza a importância do controle de umidade nos processos de obtenção de polpa celulósica, visto que muitas vezes os reagentes utilizados são calculados sobre a massa.

KOCUREK (1992) relata que a redução da umidade em cavacos acarreta dificuldades nas etapas de impregnação e deslignificação, levando a uma maior quantidade de rejeitos no processo de obtenção de polpa celulósica. Para DUEÑAS (1997) o aumento da umidade em cavacos pode gerar uma diminuição da concentração dos produtos químicos reagentes e gerar problemas no processo de obtenção de celulose.

BIERMANN (1996) relata que o conteúdo de umidade freqüentemente utilizados nos processos de obtenção de polpa celulósica fica em torno de 50%, podendo variar numa faixa entre 30-60%.

Geralmente, no momento do corte da árvore, a umidade está acima de 60%, porém, por sua natureza higroscópica, decorrente de sua composição química polímeros de celulose, hemicelulose e lignina (BORGES;QUIRINO, 2004).

A madeira é capaz de absorver ou liberar água para o meio ambiente. Existem dois tipos de água na madeira, que devem ser considerados por ocasião da secagem para fins energéticos (LIMA, ABDALA e WENZEL,2008)

1) Água de capilaridade (água livre) localizada nos vasos, meatos, canais e lúmen das células, podendo ser facilmente retirada. Quando toda a água de capilaridade é retirada da madeira, remanescendo apenas a água de adesão (por exemplo: na secagem da madeira no campo), diz-se que a madeira atinge o seu ponto de saturação das fibras (PSF). Normalmente, o PSF varia de 22% e 30 % de umidade, dependendo da espécie.

2) Água de adesão ou higroscópica (água presa), que é ligada às fibras da madeira. A retirada da água higroscópica é mais difícil e mais lenta, sendo necessária a utilização de energia no processo de secagem.

Quando a madeira é utilizada para geração de energia, a umidade influencia negativamente na quantidade de calor liberado durante a queima, diminuindo a eficiência energética.

Durante a queima da madeira, parte da energia liberada é utilizada para evaporar a água relativa ao teor de umidade, diminuindo o poder calorífico superior.

Por definição, poder calorífico superior (PCS) é a quantidade de calor liberado pela queima, de modo que a água proveniente da queima esteja em estado líquido (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

Para o cálculo da umidade desejada, utiliza-se a seguinte expressão [(peso úmido - peso seco) /peso úmido] x 100.

As amostras são acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e levadas para uma câmara de germinação permanecendo por 14 dias a 20 °C. Após este período, foi realizada a determinação do poder calorífico superior utilizando-se um calorímetro (IKA modelo 5000) conforme a norma NBR 8633/1984 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

Pela análise estatística, houve efeito significativo da umidade no poder calorífico superior da madeira ( $p < 0,05$ ). A variação dos valores de PCS em função do conteúdo de umidade foi determinada por meio da análise de regressão linear, na qual observa-se que o poder calorífico é inversamente proporcional à umidade da madeira. (Fig. 1). Isso ocorre porque, durante a combustão, parte da energia liberada durante a queima é utilizada para mudança do estado físico da água (referente à umidade), de líquido para gasoso (vaporização).

A madeira com 0 % de umidade apresentou poder calorífico de 19.264 kJ.kg<sup>-1</sup> enquanto que, com 50 % de umidade, o poder calorífico caiu para 10.078 kJ.kg<sup>-1</sup> (Fig. 1). Isto significa que, do ponto de vista de eficiência energética, se a queima for realizada com 50 % de umidade, teremos somente 52 % de toda energia aproveitada. No entanto, na prática, dificilmente tem-se madeiras com 0 % de umidade, já que a umidade de equilíbrio da madeira fica próxima ao ponto de saturação das fibras (22 % a 30 %), e nesta faixa o poder calorífico variou de 15.549 kJ.kg<sup>-1</sup> a 14.063 kJ.kg<sup>-1</sup>. Neste caso, teremos a eficiência energética variando de 73 % a 79 %.

Então, O poder calorífico da madeira é inversamente proporcional ao seu teor de umidade no momento da queima.

Quando se utiliza a secagem da madeira no campo, o poder calorífico do varia de 14.063 kJ.kg<sup>-1</sup> a 15.549 kJ.kg<sup>-1</sup>.

A partir de 60 % de umidade, não ocorre combustão da madeira devido à elevada quantidade de água presente.

#### 2.4 ASPECTOS AMBIENTAIS E A PRODUÇÃO DE ENERGIA

O sistema energético compreende as atividades de extração, processamento, distribuição e uso de energia e é responsável pelos principais impactos ambientais da sociedade industrial.

Seus efeitos nocivos não se restringem ao nível local onde se realizam as atividades de produção ou de consumo de energia, mas também possuem efeitos regionais e globais. (JANNUZZI,2007)

De acordo com Jannuzzi (2007) na escala regional pode-se mencionar, por exemplo, o problema de chuvas ácidas, ou ainda o derramamento de petróleo em oceanos, que pode atingir vastas áreas. Existem ainda impactos globais, e os



exemplos mais contundentes são as alterações climáticas devidas ao acúmulo de gases na atmosfera (efeito estufa), e a erosão da camada de ozônio devida ao uso de CFC (clorofluorcarbono) utilizados em equipamentos de ar condicionado e refrigeradores.

Todas as etapas da indústria energética até a utilização de combustíveis provocam algum impacto ao meio ambiente e à saúde humana. A extração de recursos energéticos, seja petróleo, carvão, biomassa ou hidroeletricidade, tem implicações em mudanças nos padrões de uso do solo, recursos hídricos, alteração da cobertura vegetal e na composição atmosférica. (PNEf,2011)

O Uso de Energia e o Meio Ambiente de acordo com Vitte e Guerra (2004) o setor energético produz impactos ambientais em toda sua cadeia de desenvolvimento, desde a captura de recursos naturais básicos para seus processos de produção, até seus usos finais por diversos tipos de consumidores.

O aumento de gases produtores do efeito estufa está mudando a magnitude das trocas de energia entre a superfície terrestre, a atmosfera e o espaço sideral. Isso provocará mudanças climáticas em escala global, com consequências nos sistemas naturais e socioeconômicos com quais o clima mantém interação. Alguns mais sensíveis sentirão imediatamente as alterações, enquanto outras ficarão, num primeiro momento imune.

A temperatura do planeta crescerá se por algum motivo, a energia estocada tornar-se maior do que a irradiação para o espaço. A possibilidade de que isso ocorra está associada ao aumento dos gases oriundos de atividades antrópicas que acentuam o efeito estufa.

Vitte e Guerra (2004) afirmam que os principais gases oriundos de atividades antropogênicas, que tem atuado no aumento do efeito estufa, acarretando o aumento da temperatura, são o dióxido de carbono, os CFCs (clorofluorcarbonos), o metano, o ozônio e o óxido nitroso. A atenção especial tem sido dedicada ao dióxido de carbono, pois de acordo com estimativas do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2001) segundo o qual, o dióxido de carbono responde atualmente por cerca de 60% das consequências detectadas.

O uso dos combustíveis fósseis responde por cerca de 75% do CO<sub>2</sub> que é lançada na atmosfera. Entre 6,0 e 7,0 GTC (giga toneladas de carbono), são lançadas pelo uso de combustíveis fósseis e outras fontes, na atmosfera. Os países

desenvolvidos são os principais geradores de CO<sub>2</sub> e só os Estados Unidos emitem 24% desse total.

Segundo Dias apud Vitte e Guerra (2004) a frota mundial de veículos em 2000 correspondia a um total de 501 milhões de veículos. E não precisa ser nenhum especialista para afirmar que os veículos movidos a combustíveis fósseis (óleo diesel, gasolina) são os grandes responsáveis pela poluição atmosférica nas cidades.

No entanto, o aquecimento global provocado principalmente pelo excesso de gás carbônico, jogado na atmosfera pelo uso dos combustíveis fósseis, em todo o mundo e mais intensamente pelos países ricos e industrializados poderá estabelecer novas prioridades internacionais. (PNUD,2003)

Outro problema sério, segundo Jannuzzi (2007) refere-se a produção de eletricidade em termoeletricas. Segundo este autor, representa em escala mundial cerca de um terço das emissões antropogênicas de dióxido de carbono, sendo seguida pelas emissões do setor de transporte e industrial. Os principais combustíveis utilizados em todo o mundo são o carvão, derivados de petróleo e, crescentemente, o gás natural. Existem ainda outros tipos de usinas termoeletricas que queimam resíduos de biomassa (lenha, bagaço) e até mesmo lixo urbano.

As Hidroelétricas: Muitas vezes faz-se referência à hidroeletricidade como sendo uma fonte “limpa” e de pouco impacto ambiental:

“[...] embora a construção de reservatórios, grandes ou pequenos, tenha trazido enormes benefícios para o país, ajudando a regularizar cheia, promover irrigação e navegabilidade de rios, elas também trazem impactos irreversíveis ao meio ambiente. Isso é especialmente verdadeiro no caso de grandes reservatórios. Existem problemas com mudanças na composição e propriedades químicas da água, mudanças na temperatura, concentração de sedimentos, e outras modificações que ocasionam problemas para a manutenção de ecossistemas à jusante dos reservatórios. Esses empreendimentos, mesmo bem controlados, têm tido impactos na manutenção da diversidade de espécies (fauna e flora) e afetado a densidade de populações de peixes, mudando ciclos de reprodução”. (JANNUZZI,2007)

O Brasil tem acumulado grande experiência com o resultado das várias usinas hidroelétricas que foram construídas. Sendo um dos seus maiores problemas é a inundação de partes de florestas nativas, ocasionando alterações na composição e acidez da água, que depois teve impacto no próprio desempenho da usina.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 LOCAL

A Indústria estudada é a única produtora de papel jornal do país. A empresa é uma das unidades de negócio do grupo norueguês um dos líderes da indústria mundial neste segmento.

A unidade brasileira tem capacidade de produção de aproximadamente 180 mil toneladas de papel por ano e fornece para cerca de 30% do mercado nacional de publicações, dentre jornais, gráficas, listas telefônicas e outros. Seu papel é produzido nas gramaturas de 45 e 48,8 g/m<sup>2</sup> e é reconhecido pelo excelente desempenho em impressoras rotativas. Um rigoroso controle de qualidade atesta todo o processo de produção da fábrica, a começar pela escolha da matéria-prima, com a utilização de madeiras com o selo FSC, que certifica o manejo responsável.

#### 3.2 PÁTIO DE CAVACOS

O pátio de cavacos conta com uma máquina pá carregadeira equipada com grandes conchas apropriadas para o manuseio do cavaco, estas atuam no abastecimento de quatro moegas, uma destas moegas é abastecida com cavacos gerados na própria empresa, uma delas é reservada para o depósito de casca e o outro cavaco para energia (biomassa).

Os cavacos são armazenados ao ar livre, e estes cavacos são utilizados para energia na queima na caldeira tem sua maior parte proveniente dos fornecedores sendo seu estoque mantido no mínimo em torno de 2000 toneladas.



**Figura 1** Pátio de estocagem de cavacos  
FONTE: Do Autor

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi apresentado um histórico de dados da empresa, onde os mesmos foram compilados e para uma correta avaliação dos dados foi criado gráficos de tendências utilizando o MS EXCEL mostrando o comportamento destas variáveis de forma simples e objetiva. A interpretação destes gráficos permitiu avaliar qual a melhor biomassa e seu comportamento perante a umidade a fim obter melhores rendimentos na geração de energia, respeitando os aspectos econômicos e ambientais.

Amostras selecionadas:

Casca

Mix/Cavaco 3°

Cavaco

Durante a pesquisa realizada foram utilizadas amostras de casca, mix/cavaco e cavaco 3°. No que diz respeito à casca, podemos classifica-la como um resíduo que é retirado no descascamento da tora que são utilizadas conversão em cavacos para produção de polpa onde é confeccionado o papel jornal.

Já o cavaco de terceiros o mesmo é comprado de fornecedores externos (serrarias) da região e com isso existe uma grande diferença entre a qualidade e umidade do mesmo, sendo que este material ficará estocado no pátio ao ar livre.

Enquanto isso o mix/cavaco é oriundo da mistura de diferentes fornecedores. Por fim temos o cavaco que é proveniente da própria empresa que conta com uma linha de produção para cavacos de energia.

Assim que os fornecedores deixam os mesmos no pátio da empresa, o maquinista fazia o processo de remontagem das cargas onde ficam estocadas até que possam ser utilizadas para geração de energia nas caldeiras, pois já teriam formado um mix de cavaco de terceiro, sendo assim inicia-se o processo onde é feita a coleta destas amostras com um recipiente e, posteriormente, são encaminhadas ao laboratório.

Assim que chegavam ao laboratório as amostras eram retiradas dos recipientes, nos quais estavam inseridas e transferidas para outros frascos menores para realização da determinação de massa das mesmas.

Finalizando a etapa os dados eram tabulados em planilhas, sendo analisados e transferidos para gráficos e concluindo, assim, o processo.

Para o estudo atingir o ponto esperado que seja a influência da umidade na determinação do poder calorífico em diferentes biomassas, será considerado o percentual de umidade dos componentes.

### 3.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA E UMIDADE DAS AMOSTRAS

Foi utilizada uma balança analítica de precisão, com sensibilidade de  $\pm 0,1$  g, para a determinação da massa das amostras, e uma estufa com circulação de ar, a  $102 \pm 3^\circ\text{C}$ , para a secagem das mesmas.

## 4 RESULTADOS

A seguir podemos realizar a análise de um gráfico 1, identificando com precisão o percentual de umidade em cada amostra selecionada. Com isso é possível verificar na amostra 08 que a casca atinge o maior pico, alcançando aproximadamente, 67% de umidade o que influencia em seu rendimento, no que diz respeito ao seu poder calorífico. Enquanto isso na amostra 06 o Cavaco apresenta o menor índice no mesmo quesito. (REVISTA REFERÊNCIA, Nº25,2003)

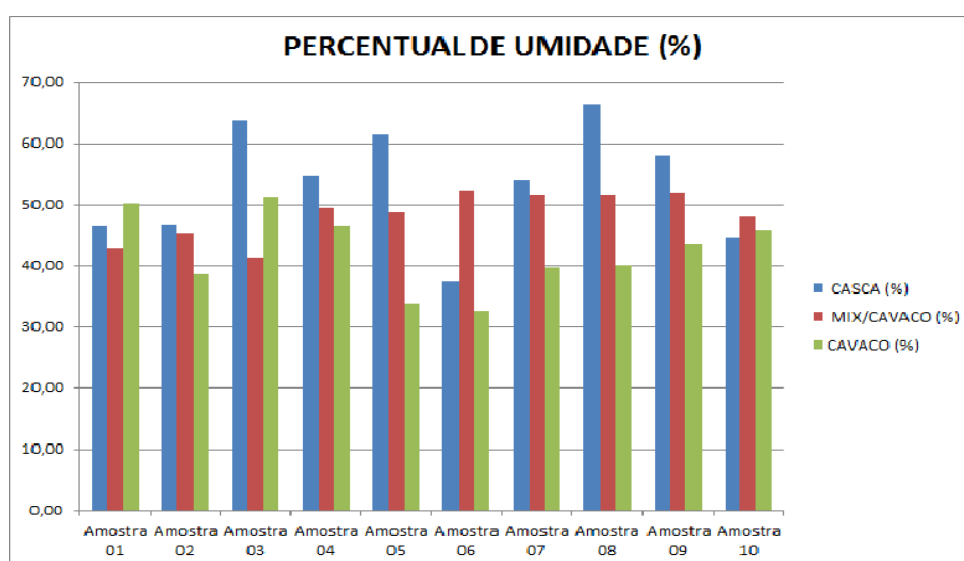


Gráfico 1 – Percentual de umidade de Casca, Mix de cavaco e Cavaco 3°  
Fonte: O autor/2013

No que diz respeito ao aspecto calor, a mesma amostra anteriormente citada é a que apresenta um menor poder calorífico, principalmente em relação ao Cavaco, podemos identificar o fenômeno no gráfico 2 a seguir. Segundo CUNHA et al. (1989), quanto maior o conteúdo de umidade da madeira, menor é o seu poder de combustão, devido ao processo de evaporação da umidade, o qual absorve energia em combustão.

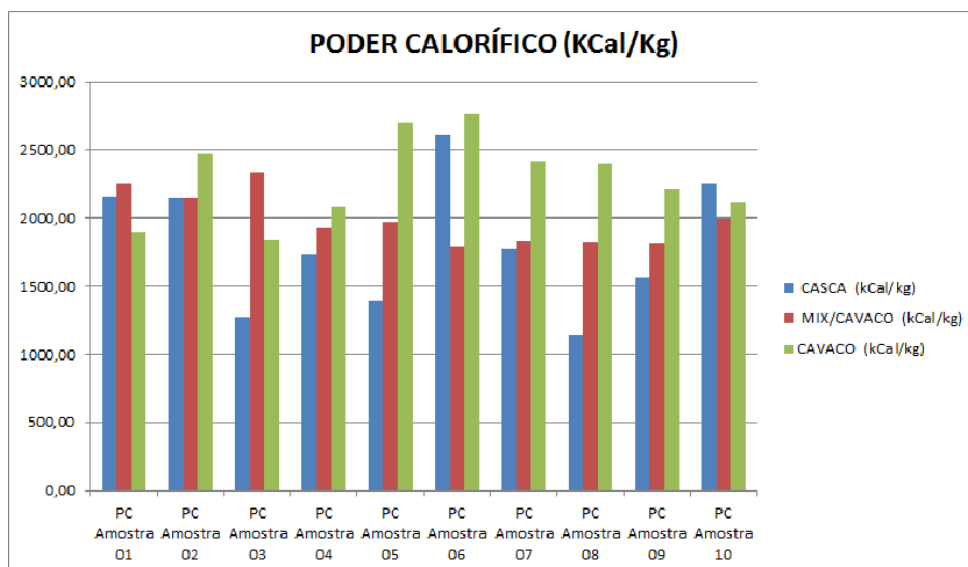


Gráfico 2–Poder calorífico da Casca,Mix de cavaco e Cavaco 3°  
Fonte: O autor/2013

Sendo assim, comprova este processo nos mostrando que os mesmos elementos tiveram seu poder calorífico definido através de seu percentual de umidade, a Casca foi a que menos calor atingiu, enquanto o Cavaco teve seu poder calorífico elevado comparado com as outras amostras selecionadas. (FAO, 1999).

O gráfico 3 revela o consumo específico de biomassa (tonelada de biomassa /tonelada de vapor produzido) versus produção de vapor total mensal (tonelada de vapor/mês) nos últimos oito anos, onde percebe-se um consumo específico maior de biomassa nos primeiros meses do ano, verificando que nesta região este período aumenta a precipitação (chuvas) com isso contribui negativamente com a eficiência da caldeira

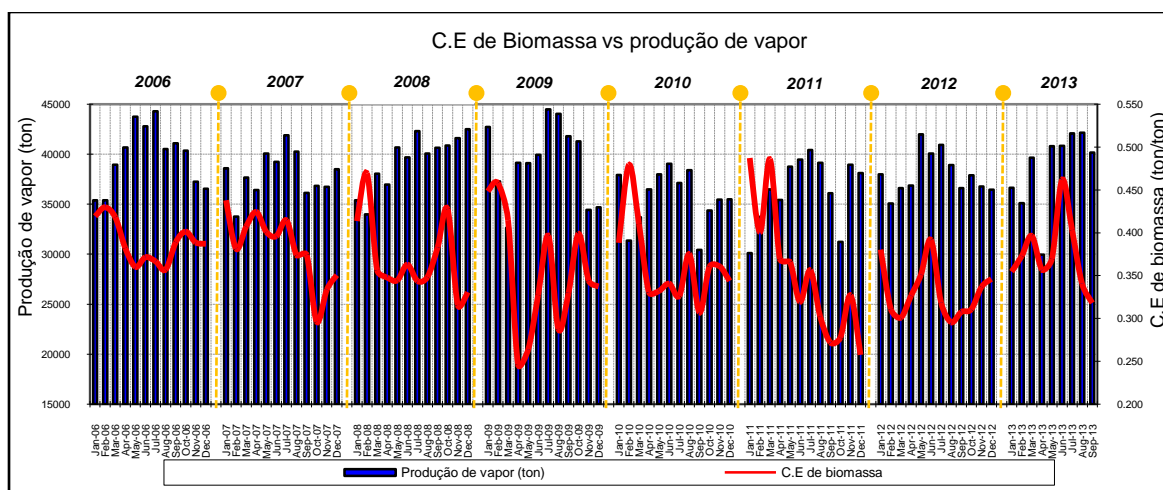
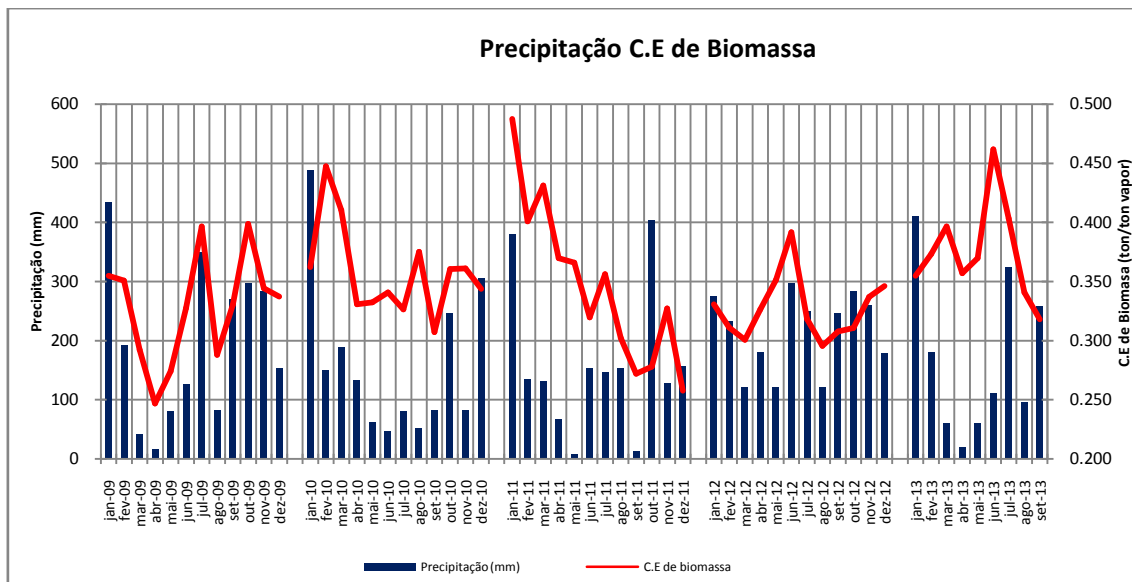


Gráfico 3 – Consumo específico vs produção de vapor.  
Fonte: O autor/2013

O Gráfico 4 revela o índice de precipitação pluviométrica (mm) nos últimos 5 anos apresentando também o consumo específico de biomassa, neste gráfico podemos ver uma relação direta entre essas variáveis, fomentado ainda mais a necessidade de uma proteção deste material combustível à umidade proveniente das chuvas.



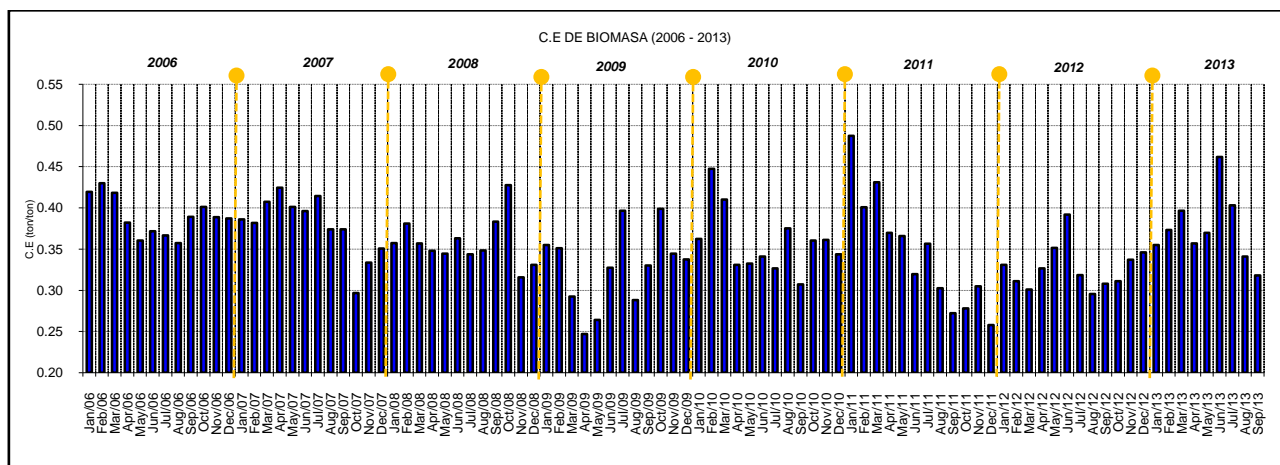
**Gráfico 4– Precipitação vs consumo específico de biomassa**

Fonte: O autor/2013



## 5DISCUSSÃO

Este estudo comprova a necessidade de uma montar uma estrutura (cobertura) para impedir o contato direto da chuva com a biomassa no pátio de estocagem.



**Gráfico 5 - Consumo de biomassa no período de 2008 a 2013**

Conforme o gráfico 5, comprovar que a caldeira opera com um maior consumo específico de biomassa nos períodos do ano em que houve maior índice pluviométrico devidos uma maior quantidade de massa (umidade) e essa umidade consumir parte da energia térmica que seria destinada a geração de vapor saturado. A caldeira estudada gera 1200 toneladas de vapor saturado por dia e preço da biomassa é de 26,53 US\$ analisando o gráfico 5 ,encontra-se uma média do consumo específico de biomassa (0,35 toneladas/toneladas de vapor) nos períodos chuvosos representando 11.142 US\$ por dia, já em períodos de seca com um consumo específico de 0,30 toneladas/toneladas de vapor com um custo diário de 9.551 US\$ ,essa diferença dos custos durante um mês é de 47.730 US\$ ,em um ano considerando esse ganho somente nos meses com maior somatório do índice pluviométrico (6 meses do ano), a empresa deixaria de gastar 286.380 US\$ com um investimento para eliminar ou minimizar a influência das condições climática na umidade da biomassa.

Durante esses períodos do ano há um aumento de problemas operacionais derivados do aumento de biomassa manipulada no pátio e na própria caldeira. Devido a maior percentual mássico de umidade haverá uma movimentação maior de material combustível promovendo a ocorrência de formação de pontes nos silos, dificultando a remoção e envio para a fornalha, entupimento dos dutos, acúmulo de

muito resíduo na grelha devido o baixo rendimento na queima do material e assim prejudicando a distribuição de ar para a queima total dos mesmos, geração resíduo da grelha (cinza + cavaco não queimado) isso é um passivo ambiental devido a instabilidade da queima há uma grande variação na pressão da caldeira provocando um efeito sanfona, comprometendo a estrutura da mesma.

## 6. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada comprovou que é possível perceber a interferência do percentual de umidade no poder calorífico dos elementos selecionados e utilizados no projeto desenvolvido.

E com isso podemos concluir que quanto maior for o índice de umidade de um determinado material utilizado para gerar energia, ou seja, menor será seu potencial calorífico e com isso acarretando em outras situações como, por exemplo, maiores custos e dificuldades operacionais.

Esta pesquisa fornece informações importantes para o entendimento do comportamento da caldeira em diferentes condições de umidade do material combustível. Desta forma o presente trabalho explana de forma clara a necessidade de se cuidar da biomassa.

O trabalho serve de base para outros estudos em diferentes segmentos da indústria e é um subsídio para justificar tais investimentos.

Para futuros estudos sugere-se uma avaliação econômica de uma cobertura para o pátio de madeira, calculando quanto o consumo específico de biomassa seria reduzido já que a umidade relativa da biomassa é inversamente proporcional ao seu poder calorífico, convertendo isso em cifras (US\$) e estimando em quanto tempo este investimento se paga (payback).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRADE, M.C de: **Geografia Econômica**, 12 ed. São Paulo, Atlas, 1998

ANDRADE, T. **Consumo e cultura contemporânea: contribuições para a questão ambiental. Departamento de Ciências Sociais da Universidade Federal de São Carlos/UFSCar**, agosto, 2008. Disponível em: <<http://www.teoriaepesquisa.ufscar.br/index.php/tp/article/viewFile/152/116>>. Acesso em 20 de Julho de 2013

ANUÁRIO BRASILEIRO DAS INDUSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIAS RENOVAVEIS,2012/2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14929: **Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa**. Rio de Janeiro, 2003.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. **Higroscopicidade da madeira de Pinus caribaea var. hondurensis tratado termicamente**. Revista Biomassa & Energia, v. 1, n. 2, p. 173-182, abr./jun.2004.**determinação do poder calorífico: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis**. In: Seminário de Abastecimento Energético Industrial com Recursos Florestais, 2., 1982,São Paulo. Anais... São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1982. p. 101 - 137.

CASEY, J.P. **Pulpa y papel, química e tecnología química**. México. EditorialLimusa S.A. ed.1, v.3, 659p. 1991.

DEON, Agostinho M. **Medição do custo das perdas associadas ao processo produtivo de fabricação de celulose e papel – U. F. Santa Catarina**, 2001.

DUEÑAS, R.S. **Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel**.Guadalajara. Universidad de Guadalajara. ed.1, 293p. 1997.

DECICINO, 2007: UOL PESQUISAS: **Artigo: Biomassa: Material orgânico pode sercombustível**).Disponível,[educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/biomassa-material-organico-pode-ser-combustivel.htm](http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/biomassa-material-organico-pode-ser-combustivel.htm)Acessado em Set/2013.

Engelm. e Pinus taeda L. Curitiba. 1993. 235p. Tese de Doutorado. UniversidadeFederal do Paraná.

FAO; Contribution of Woodfuels of energy sector.State of the world's forests.Editorial Group FAO Information Division.Rome:FAO,1999,37-40

FRANCISCO W.de C: **Biomassa: a energia do resto**,Disponívelem:<http://ambienteke.blogspot.com.br/>Acesso em Set/2013.

FRANCISCO E CERQUEIRA, W. (Equipe Brasil Escola); [www.portalsaofrancisco.com.br/.../biomassa/ciencias-energia-dabiomassa.php](http://www.portalsaofrancisco.com.br/.../biomassa/ciencias-energia-dabiomassa.php). Consulta online realizada Setembro de 2013;

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G., GARCIA, W.; BRITO, J.O. **Celulose Kraft de madeiras juvenil e adulta de Pinus elliottii**. IPEF. Piracicaba. n.12, p.127-142.1976.

JANNUZZI, G. M. 2007. "Oportunidades de Colaboração em Pesquisa e Desenvolvimento em Energia na América Latina". Apresentado em 2o. Seminário "Perspectivas Energéticas para a América Latina", 31 Outubro 2007, Centro de Convenções, UNICAMP.

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.

LIMA, ABDALA e WENZEL,2008: **Influência da Umidade no Poder Calorífico Superior da Madeira**, disponível em [http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com\\_tec220.pdf](http://www.cnpf.embrapa.br/publica/comuntec/edicoes/com_tec220.pdf) Acesso em Outubro de 2013.

NOGUEIRA, M. F. M.; RENDEIRO, G. (2008). **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.

REVISTA REFERÊNCIA:**Resíduos de madeira: Parte 1.A sobra que vale ouro**.Revista Referencia, Curitiba, Ano V, Nº 24, 2003.Disponível em [html//www.revista\\_referencia@revistareferencia.com.br](http://www.revista_referencia@revistareferencia.com.br). Acessado em Janeiro/2014.

BIERMANN, C.J., **Handbook of Pulping and Papermaking**.San Diego. AcademicPress. ed.2, 754p. 1996.

BITTENCOURT, E. Parâmetros de otimização no processo de fabricação decelulose e papel. Curitiba. 2004. 61p. Dissertação de Mestrado. UniversidadeFederal do Paraná.

BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J.V.; FOELKEL, C.E.B; DIAS, C.; MENOCELLI S.Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose III.A importância da altura de amostragem para avaliação da densidade básica mediada árvore. III **Congresso Latino-americano de Celulose e Papel**. São Paulo. p55-72. 1983.

REVISTA REFERÊNCIA:**Resíduos de madeira: Parte 2.A sobra que vale ouro**. Revista Referencia, Curitiba, Ano V, Nº 25, 2003.Disponível em [html//www.revista\\_referencia@revistareferencia.com.br](http://www.revista_referencia@revistareferencia.com.br). Acessado em Janeiro/2014.

VIANNA,A.Geração de energia elétrica através da biomassa (bagaço), disponível em <http://aprendendo2a.blogspot.com.br/Acesso em Setembro de 2013>.