

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS DOIS VIZINHOS  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL

FELIPE SCHROEDER

Trabalho de Conclusão de Curso II

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E DENSIDADE APARENTE DO  
CAVACO DE *Pinus* spp. SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTOS**

Dois Vizinhos – PR

2017

FELIPE SCHROEDER

**DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E DENSIDADE APARENTE DO  
CAVACO DE *Pinus* spp. SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE  
ARMAZENAMENTOS**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como etapa para título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. MSc. Douglas Edson Carvalho  
Coorientador: Prof. MSc. Ramiro Faria França

Dois Vizinhos – PR

2017

## TERMO DE APROVAÇÃO

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E DENSIDADE APARENTE DO CAVACO DE  
*Pinus* spp. SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTOS

FELIPE SCHROEDER

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 22 de novembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Msc. Douglas Edson Carvalho  
Orientador

---

Prof. Dr. Edgar, de Souza Vismara  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Msc. André Luiz de Lima Ponzoni  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Msc. Ana Paula Marques Martins  
Membro substituto (UTFPR)

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

*Gostaria de dedicar esse trabalho a todos profissionais, estudantes e pesquisadores que desenvolvem a madeira e suas tecnologias, como recurso renovável e de importância para humanidade e seu futuro.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos orientadores, Professor Msc. Douglas Edson Carvalho e Professor Msc. Ramiro Faria França, por todos os ensinamentos ao longo do trabalho, pelo convívio e troca de experiências. Ao Professor Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza responsável pelo Laboratório de Tecnologia de Madeira, pela disponibilidade e orientações. Ao Professor Edgar de Souza Vismara pelas dicas e auxílios com a estatística e metodologias de experimentação.

À Universidade Federal Tecnológica do Paraná, campus Dois Vizinhos, pela disponibilidade da estrutura para realização deste projeto. Ao servidor terceirizado Sidinei Kurkiewicz pelo auxílio na construção da estrutura dos tratamentos.

Aos colegas David da Silva Novaes, Cristian Canonico Medrado, Sandiane Carla Krefta e Maraiza Minozzo pela auxílio no Laboratório de Tecnologia de Madeira e Henrique Moura Dias pelas revisões e sugestões no trabalho.

À Empresa Araupel S.A unidade de Quedas do Iguaçu pela disponibilidade do material e participação nas bancas de Jayni Nogueira e Fabio Dangeles Wichoski.

A todos mestres e colegas do curso em Engenharia Florestal, que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

A minha companheira, Izabelly Yamanaka Bonatto pelo apoio e carinho.

A meu pai Waldemar Schroeder e família pela base e compreensão pelo tempo dedicado a meu trabalho.

Também gostaria de agradecer ao esforço de todos os pesquisadores e profissionais que serviram de referência para meu trabalho com trabalhos e pesquisas anteriores.

## RESUMO

A biomassa para produção de energia é utilizada mundialmente há muito tempo, entretanto seu consumo caiu no decorrer do tempo, especialmente devido a substituição por combustíveis fósseis. No Brasil a biomassa expressa grande potencial na forma de subprodutos agroflorestais, disponível para geração de energia, contribuindo para uma matriz energética mais limpa e sustentável. O objetivo do trabalho foi caracterizar o teor de umidade e densidade aparente do cavaco de *Pinus* spp., em diferentes metodologias de armazenamento. Foram feitas as análises de densidade aparente e teor de umidade base úmida ao longo do tempo de exposição do material, sendo realizadas coletas semanais. Os tratamentos utilizados para armazenar o cavaco foram: (T1) solo desnudo e sem cobertura; (T2) solo coberto e sem cobertura; (T3) solo coberto e com cobertura. Como resultados, obteve-se no final do período de avaliação, teor de umidade base úmida de T3 a 17,97%, diferindo estatisticamente de T2 33,03% e T1 42,95%, assim como na densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) de T3 (0,19) diferindo estatisticamente de T2 (0,27) e T1 (0,28) os quais não diferiram entre si tanto em teor de umidade quanto em densidade aparente. O T3 possui secagem do material de maneira mais rápida do que em tratamentos que não possuem estrutura de cobertura, sendo o mais indicado para aplicação de armazenamento de cavaco.

Palavras-chave: Armazenamento. Biomassa. Energia.

## ABSTRACT

Biomass for energy production is used in the whole world, for long time, however its consumption decreased over time, especially due to fossil fuel substitution. In Brazil biomass expresses great potential in the form of agroforestry byproducts, available for power generation, contributing to a cleaner and more sustainable energy resource. The objective of this work was to characterize the moisture content and the apparent density of chipped *Pinus* spp., in three different storage methodologies. The analysis of apparent density and wet basis moisture content were performed weekly owing all the exposure during the exposure time of the material. The treatments used to store the samples were: (T1) soil naked and without covering; (T2) covered soil without covering; (T3) Covered soil and with covering. By the end of the evaluation period, the moisture content of T3 reached 17.97% obtained at the end of the evaluation period, differing statistically from T2 reached 33.03% and T1 reached 42.95%. The apparent density ( $\text{g/cm}^3$ ) of T3 (0.19), differing statistically from T2 (0.27) and T1 (0.28), which did not differ in moisture content or apparent density. The treatment T3 resulted with the driest samples, compared to the treatments devoid of any coverage, being this method the most the most suitable for application of storage of chip.

Keywords: Storage. Biomass. Energy.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 <i>Pinus</i> spp.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Cavaco.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Estocagem de cavaco .....</b>	<b>15</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Descrição de local de estudo.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Cavaco.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Tratamentos e Pilhas .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4 Amostragem .....</b>	<b>19</b>
<b>4.5 Análises laboratoriais .....</b>	<b>20</b>
4.5.1 Teor de Umidade Base Úmida (TBU%).....	20
4.5.2 Densidade aparente .....	21
<b>4.6 Análise estatística .....</b>	<b>21</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Variáveis Climáticas .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Curva de secagem .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3 Densidade aparente do cavaco .....</b>	<b>27</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Biomassa é todo material orgânico, de origem não fóssil, com estoque químico energético englobando todo tipo de vegetação em essência (madeira, lixo orgânico, resíduos de agricultura) ou até mesmo esterco de animais e outros tipos de restos de origem industrial. A biomassa florestal inclui todo o material da árvore como tronco, ramos, folhas, casca e raízes (VIDAL & HORA, 2010).

A biomassa florestal tem dificuldade em ser absorvido pelas indústrias, mesmo apresentando valor energético de grande importância (BRAND et al., 2004). A disponibilidade energética sob as condições de quantidade e qualidade por um custo competitivo, é um dos mais importantes fatores condicionantes do desenvolvimento econômico para qualquer país. Em vista disso, a energia tem sido tratada como um bem de natureza estratégica o que tem aumentado paulatinamente as preocupações em relação a sua geração (TOMALSQUIM; GUERREIRO; GORIN, 2007; TOMALSQUIM, 2012).

Sob a ótica do desenvolvimento sustentável e a necessidade e procura de alternativas viáveis para geração de energia limpa, os resíduos florestais tornam-se um importante produto quando neles é aplicado processos de armazenagem e tratamentos corretos. Desta forma, agrega-se valor e eficiência energética a este subproduto, pois assim eliminam problemas oriundos de umidade e conseqüentemente deterioração por agentes biológicos (DINIZ, 2014). A chave da inovação no processo industrial está em identificar um método adequado de armazenamento deste resíduo, que ocasiona em menor perda de sua integridade, conseqüentemente do seu poder calorífico (LEITE & GUEVARA, 2013).

De acordo com Kozak et al. (2008), os volumes de resíduos de madeira por indústrias florestais produzidos isoladamente não apresentam impactos significativos, no entanto, pensando-se em um contexto maior vem a ser um problema de grandes proporções, uma vez que, não existem políticas públicas eficientes para o destino correto de resíduos industriais em consonância com o meio ambiente.

Como bem explorado por Voss et al. (2013), a preocupação das indústrias quanto a destinação de resíduos sólidos ainda é iminente, porém tende a ser uma oportunidade de se garantir energia com a destinação de um subproduto com potencial, onde se fortalece a cadeia produtiva garantindo a sustentabilidade. Isto é, estudos que envolvem a incorporação deste material e que viabilize seu uso de forma competitiva no mercado, ainda são escassos e bem fracionados.



A metodologia empregada no armazenamento da biomassa atualmente faz com que a mesma sofra degradação e perda de qualidade devido combinações de ações do ambiente como umidade, precipitação, temperatura e radiação (SANTOS et al., 2011). Com isso, o rendimento econômico na comercialização da biomassa é afetado pela diminuição de sua qualidade.

Uma das dificuldades que se tem em relação aos resíduos florestais é a perda de qualidade em consequência do mau armazenamento, onde se dá abertura à propostas promissoras que buscam elevar a viabilidade econômica da comercialização destes materiais através da análise dos processos aplicados, da quantificação do poder calorífico, da análise do teor de umidade e densidade do material e a formulação de curvas de secagem em cada situação de armazenamento, e deste modo, indicar o processo mais adequado para armazenamento da mesma, de modo a melhorar o rendimento energético, agregando valor ao produto para comercialização.

A identificação do processo mais adequado poderá ser aplicada a uma extensa gama de empresas produtoras e consumidoras de biomassa florestal, uma vez que permite sua reprodução nas grandes indústrias e até mesmo em pequena escala, como serrarias e marcenarias.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Identificar as variações do teor de umidade e densidade aparente em função do tempo para cavaco de *Pinus* spp, sob metodologias de armazenamento.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Elaboração da curva de secagem do cavaco para cada tratamento.
- Monitoramento das condições climáticas e influência na secagem do material.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Energia

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas - ONU (2012), uma a cada cinco pessoas no mundo não tem acesso à energia elétrica. Enfatiza-se que 2,7 bilhões de pessoas no mundo são dependentes do uso direto de fontes de energia proveniente de madeira, carvão mineral, carvão vegetal e resíduos de animais para atenderem suas demandas energéticas diárias.

Com o aumento da demografia e economia a demanda de energia no Brasil deve dobrar até 2050 (Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2016) e a crise energética deve agir sobre o aumento dos preços em função da baixa oferta das fontes não renováveis (VICHI & MANSOR, 2009). Assim energias renováveis ganham campo, como forma de viabilizar esse aumento da demanda energética de maneira sustentável, onde as agroindústrias e florestas terão um importante papel no fornecimento de energia à população (IBÁ, 2016).

Dessa forma, a energia deverá ser disponibilizada de fontes renováveis em consonância com o desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente, trazendo também qualidade de vida à população (ONU, 2012).

O desenvolvimento sustentável, não ocorre sem respeitar três preceitos básicos: econômico; social; ambiental (MONTALVÃO, 2012). A energia é uma matriz essencial no desenvolvimento humano, a qual deve-se enfatizar questões como formas de seus meios de produção e de consumo, visando uma fonte energética acessível e de baixo impacto ambiental. Entretanto, qualquer maneira de aplicação de produção de energia estará ligada a impactos ao meio, podendo ser causados de formas diferentes, em menores proporções, mas existirão (LEITE & GUEVARA, 2013).

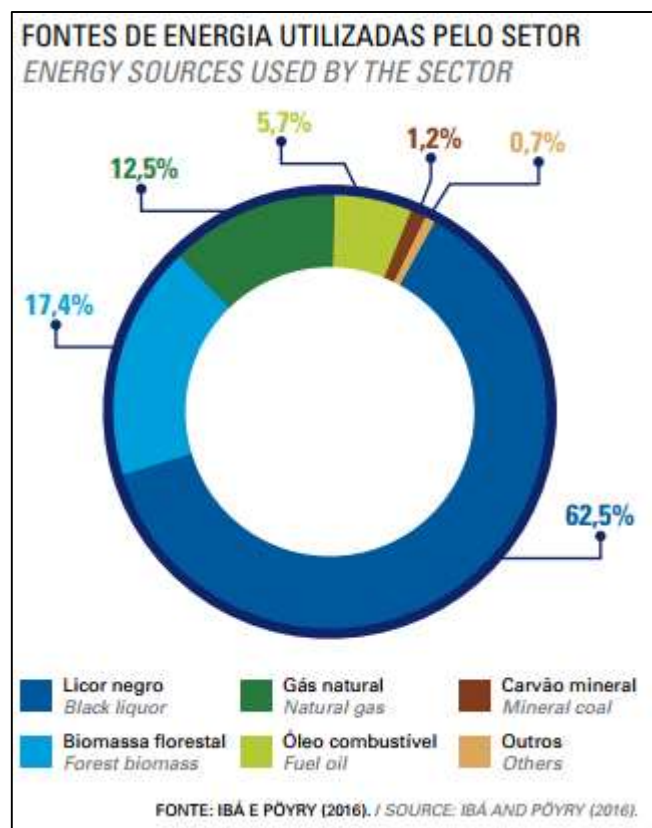
O setor florestal industrial se diferencia das demais indústrias pelo fato de serem responsáveis pela maior parte da produção de sua própria energia em seu processo produtivo, gerando sustentabilidade energética no processo industrial (VÉLAZQUÉZ, COELHO e JUNIOR, 1999).

Segundo IBÁ (2016), no ano de 2015, o setor florestal teve um aumento de 2% na produção de energia desde 2014. Foram produzidos 18,01 milhões de MW-hora pelas indústrias de base florestal, o que representa 67% do seu consumo, ou seja, a indústria de base florestal consegue suprir mais da metade de sua demanda energética, feito que outras indústrias não

conseguem alcançar. Casos ainda como indústrias de celulose que utilizam licor negro em sua matriz energética conseguem ser totalmente autossuficientes e ainda geram excedentes para comercialização.

Essa energia é produzida a partir de subprodutos florestais que no passado já foram considerados resíduos descartáveis e hoje são essenciais nas indústrias e são valorizados (WIECHETECK, 2009).

A biomassa fica em segundo lugar como fonte de energia para o setor (Figura 1), representada por 17,4% do total (IBÁ, 2016).



**Figura 1** – Fontes de energia utilizada pelo setor florestal (Fonte: IBÁ, 2016).

No ano de 2016, o setor florestal gerou um estimado de 45,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos na sua cadeia produtiva. Destes, 70,5% eram de origem florestal e 29,5% de processo industrial. Cerca de 66% do material (Cavaco, serragem e licor negro) é destinado à queima nas caldeiras para produção de vapor e eventualmente energia elétrica. Dessa maneira, a indústria consegue substituir energia de fontes não renováveis de sua matriz energética por biomassa (IBÁ, 2017).

As indústrias de base florestal conseguem fazer bom uso de seus resíduos (Tabela 1),

reutilizando até mesmo a serragem como matéria prima na produção de outros produtos (JUNIOR et al., 2004).

**Tabela 1.** Resíduos gerados pelo setor florestal. (Fonte: Adaptado IBÁ, 2017)

<b>Atividade</b>	<b>Item</b>	<b>Milhões (t)</b>	<b>Destinação final</b>
<b>Florestal (70,5%)</b>	Casca, galhos e Folhas	33,6	Mantidos no campo
<b>Industrial (29,5%)</b>	Cavacos, serragens e licor negro	9,3	Destinados para geração de energia, por meio da queima em caldeiras
	Cavacos, serragens e aparas de papel	3,6	Reutilizados como matéria prima por empresas do setor de árvores plantadas
<b>Total</b>		<b>46,5</b>	

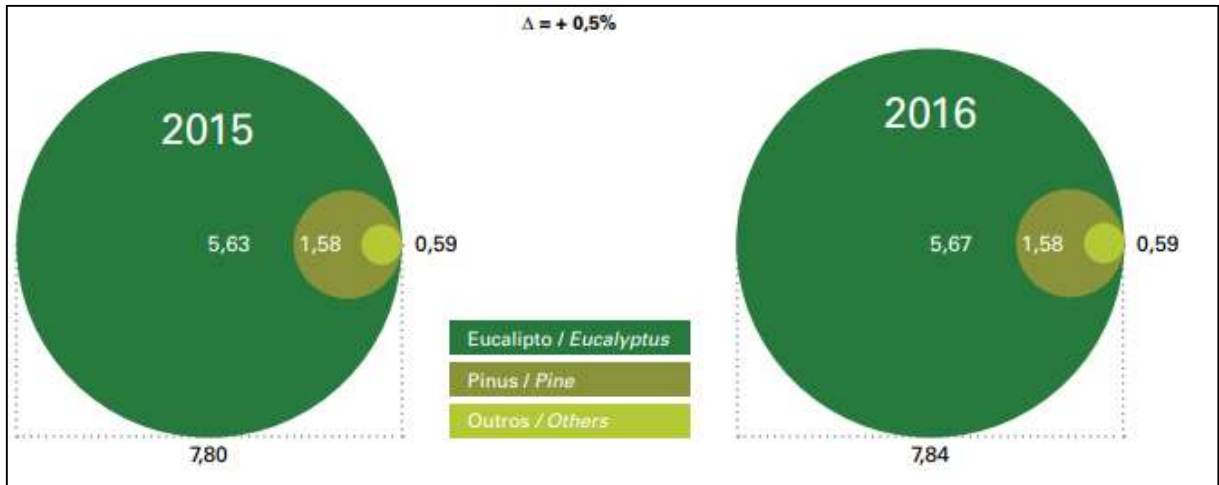
### 3.2 *Pinus* spp.

As florestas de pinus no Brasil ocupam cerca de 1,58 milhões de hectares, sendo que a maior parte dos plantios se encontram na região sul do país. Porém, a produtividade média do *Pinus* veio caindo até 2015, em uma taxa de 2,9% a.a., ao fato que vem sendo substituído principalmente pela cultura do gênero *Eucalyptus* conforme visto na figura 2, contudo a partir do ano de 2015 teve aumento da área plantada de pinus na região sul. (IBÁ, 2017).

**Tabela 2** – Histórico de área plantada com gênero de *Pinus* spp. em hectares, no período de 2010 a 2016 na região sul. (Fonte: Adaptado IBÁ, 2017)

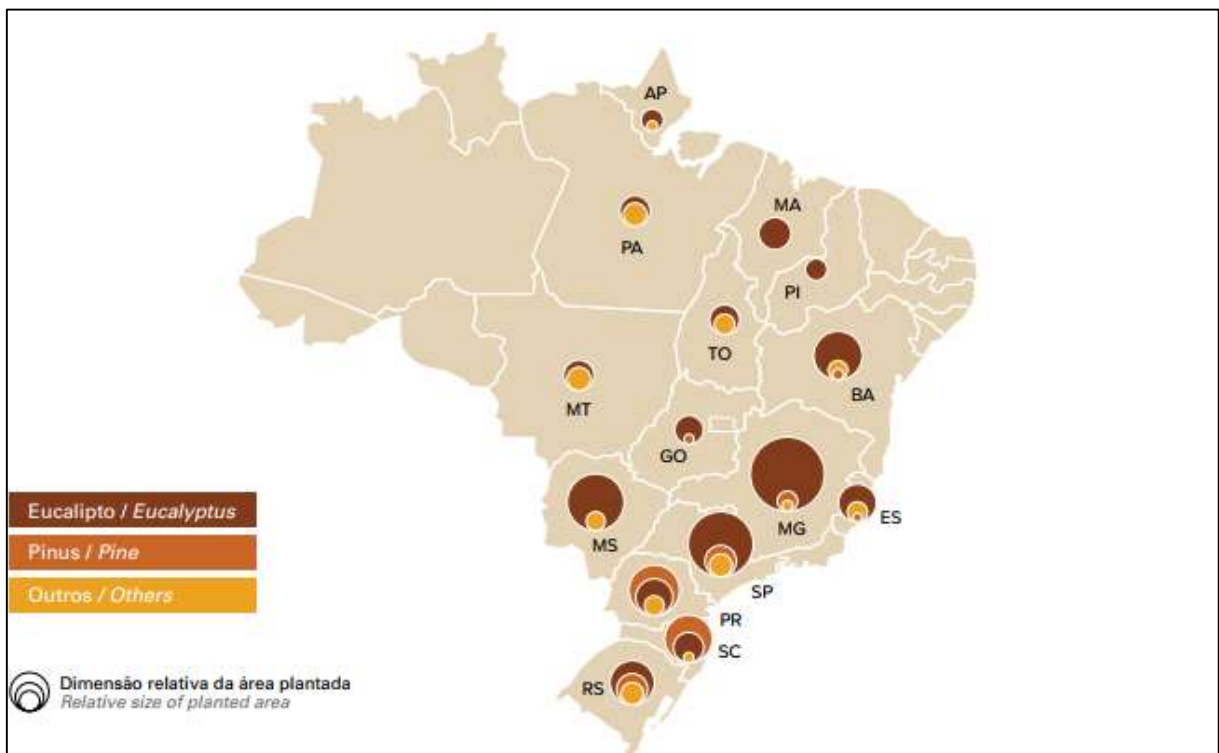
<b>Estado</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Paraná	686509	658707	619731	662296	637769	670906	672607
Santa Catarina	545592	538254	593377	540542	541162	542662	545835
Rio Grande do Sul	168955	164806	164832	164174	184584	184603	184595
<b>Total</b>	<b>1401056</b>	<b>1361767</b>	<b>137794</b>	<b>1367012</b>	<b>1363515</b>	<b>1398171</b>	<b>1403037</b>

De acordo com Dias (2016), a redução na área total de florestas de *Pinus* spp. (Figura 2) se deve ao fato da substituição das florestas pelo gênero *Eucalyptus* em razão à preferência das indústrias de papel e celulose, onde as novas plantas industriais e a demanda do gênero pelo *Eucalyptus* como matéria prima aumentaram.



**Figura 2** – Áreas por gênero plantado no Brasil em milhões de hectares (Fonte: IBÁ, 2017).

Segundo Shimizu (2008), as florestas de *Pinus* spp. tem maior predominância na região Sul do país (Figura 3) devido às condições climáticas, pela preferência industrial e pelo contexto histórico da região onde anteriormente se consumia a Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze 1898), que teria uma estrutura física de madeira mais semelhante ao *Pinus*. O *Pinus* possui grande importância econômica para as indústrias, que empregam sua matéria prima na fabricação de papel, celulose, serraria, laminação e compensados (SHIMIZU, 2008).



**Figura 3** – Florestas plantadas no Brasil por estado e gênero (Fonte: IBÁ, 2017).

### 3.3 Cavaco

O cavaco é utilizado por muitas indústrias do setor florestal como matéria prima e também como subproduto. Provenientes de madeira, é formado pela fragmentação de toras ou restos de madeiras que posteriormente são armazenados ou levados diretamente ao processo de produção de energia em caldeiras (DINIZ, 2014).

O tamanho do cavaco é definido pelo tipo de equipamento utilizado para produzir o material, como também do ajuste do picador, além do processo no qual passa pela indústria. A dimensão do cavaco é uma característica que pode alterar diretamente a qualidade da chama e por consequência a produtividade da caldeira onde o material é queimado. De tal forma que a caldeira possui especificação granulométrica de acordo com seu fabricante (SOARES, 2016).

O cavaco geralmente segue as dimensões de 15-20 milímetros de altura, 12-25 milímetros de largura, e apenas 3-6 milímetros de espessura. A relação comprimento/espessura é de aproximadamente 4 para 1, conforme ilustrado na figura 4 (CAMARGO, SILVA e COSTA, 2015).

Tem-se a umidade com um indicador de qualidade e quando trata-se de cavaco e por isso também isso implica na composição de seu preço. Valores no mercado para cavaco limpo com umidade de 28% em torno de R\$ 211,00/t, reduzimos o valor para R\$ 200,00/t para cavacos com casca (SOARES, 2016).



**Figura 4** – Ilustração de uma peça de cavaco. (Fonte: LIPPEL, 2017)

### 3.4 Estocagem de cavaco

O armazenamento da biomassa, pode ser entendido como uma acumulação de material dentro de um sistema produtivo. Possui grande importância no modelo produtivo pois

possibilita flexibilidade e agilidade no fluxo de produção (BASTOS, 2012).

O cavaco de densidade elevada e de menor tamanho, segundo Brand et al. (2004), tem maior alteração em seu teor de umidade de acordo com posição na pilha, onde o teor de umidade diminui no sentido da base para o topo.

A determinação do tempo de armazenamento de cavaco nas indústrias tem relação com a logística disponível da empresa e a necessidade de consumo de matéria prima (AMPESSAN et al., 2015). Porém o conhecimento de como administrá-lo é importante na estratégia financeira da empresa, pois por meio deste é que se faz o controle de produção, se verifica a disponibilidade para os clientes e se gerencia seus custos de estocagem (BASTOS, 2012).

A madeira é estocada na forma de tora no período inicial dos processos industriais, o que determina menor potencial de biodegradação e menor ocupação de espaço físico do pátio. Deve-se ter atenção ao considerar o tempo de estocagem de cavaco de *Pinus* spp. para amplo uso industrial devido a sua influência na qualidade do cavaco (AMPESSAN et al., 2015).

O cavaco proveniente de tora apresenta umidade alta quando recém picado. A umidade podendo variar de 29,5% a 67,3% de umidade da base verde ao pátio. No decorrer de 30 dias a umidade pode decrescer para 25,5 % a 62,1% e ao longo de 120 dias de 9,5% a 47,6% de teor de umidade base úmida (BRAND et al., 2004).

AmpeSSAN et al. (2015), afirmaram que períodos de armazenamento de até oito dias na região sul de Santa Catarina são suficientes para que a madeira na forma de cavaco sofra degradação, ocorrendo liberação de voláteis que podem gerar diminuição da qualidade do material para combustão.

Isso pode ocorrer pois, a madeira estiver estocada ela sofrerá com ação de agentes biodegradadores, resultando em alterações da composição física e química da madeira acarretando em perda de sua qualidade (BAHIA, 2015).

Segundo Brand et al. (2006) o recomendado para se manter madeira armazenada é de quatro meses sendo que com períodos acima de seis meses o material inicia o processo de degradação.



## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Descrição de local de estudo

O presente estudo foi realizado no município de Dois Vizinhos, localizado na mesorregião Sudoeste do estado do Paraná dentro das dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A posição geográfica de Dois Vizinhos segundo o (IBGE, 2017) é latitude 25°44'01" S e longitude 53°03'26" W, está a uma altitude de 509m em relação ao nível do mar.

A classificação do clima é Cfa (Subtropical Úmido) de acordo com a Köppen-Geiger, com 18,4 °C de temperatura média e pluviosidade média anual de 1898 mm (INMET, 2017).

O local do experimento ocorreu dentro das dependências da fazenda da UTFPR-DV, ao lado do edifício da Serraria, próximo ao complexo da mecanização, como indica Figura 5.



**Figura 5** - Localização do experimento (Fonte: *Google Maps*)

As informações meteorológicas para realização do estudo foram: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. Obtidos do banco de dados de Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automáticas (EMOSA) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada dentro do próprio campus (Figura 6).



**Figura 6-** Estação Meteorológica Dois Vizinhos – A843 (Fonte: INMET, 2017)

## 4.2 Cavaco

O cavaco foi fornecido pela empresa Araupel S.A., unidade de Quedas do Iguaçu-PR, com volume aproximado de dois metros cúbicos de cavaco para o experimento.

O material é constituído de *Pinus* spp. obtidos do processamento de toras, resultando no subproduto na forma de cavaco, o qual não foi passado por processo de armazenamento anterior. Foram montadas pilhas com o auxílio de um dosador de vinte litros, para que cada pilha tivesse o mesmo volume de aproximadamente 0,25m<sup>3</sup>.

## 4.3 Tratamentos e Pilhas

Os tratamentos foram assim definidos:

**Tratamento 1** - Solo desnudo e sem cobertura: Onde o cavaco estará diretamente em contato com o solo. O material não esteve protegido por cobertura acima da pilha.

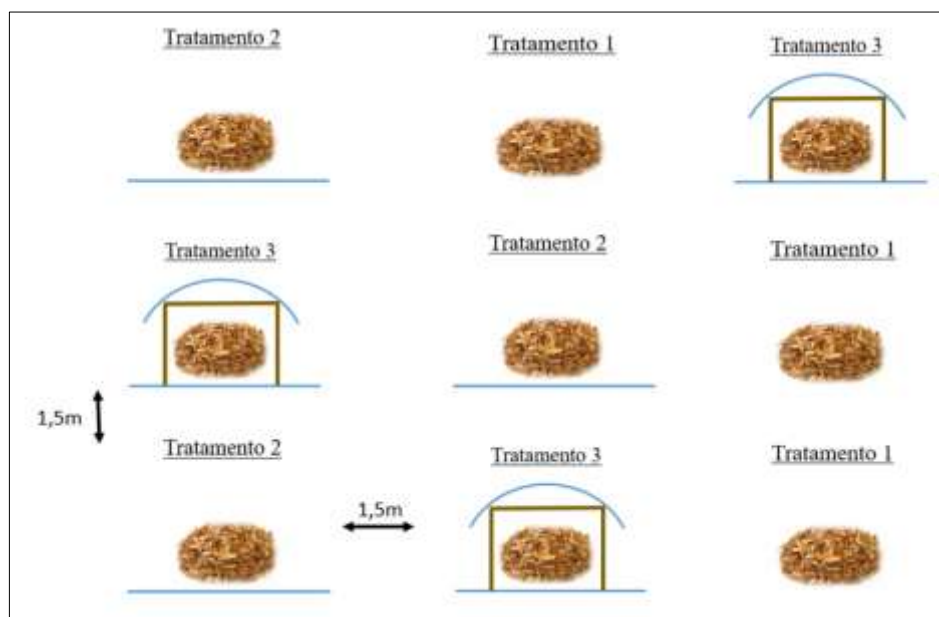
**Tratamento 2** - Solo coberto e sem cobertura acima da pilha de cavaco: Cavaco ficou sobre material isolante, que impediu troca de umidade com o solo e ataque de biodegradadores presente no solo.

**Tratamento 3** - Solo coberto e com cobertura: Solo coberto com material impermeabilizante que evitou o contato com solo, isolando da umidade e agentes bióticos. Para a cobertura foi instalada através de uma estrutura que permita a aeração da pilha pelas laterais, mas que protegeu sua superfície de precipitação e demais efeitos atmosféricos.

Foram formadas nove pilhas de cavaco de volume aproximado de 0,25m<sup>3</sup> cada pilha (Figuras 7 e 8). Cada pilha foi considerada uma repetição, ou seja, três repetições por tratamento.



**Figura 7:** Tratamentos no campo. (Fonte: Autor, 2017)



**Figura 8:** Imagem ilustrativa com a disposição (DBC) dos tratamentos. (Fonte: Autor, 2017)

#### 4.4 Amostragem

As amostras foram identificadas por data, tratamento e repetição do tratamento. Foram definidos três pontos de coleta para cada pilha de cavaco (Figura 9), a fim de representar de forma homogênea as características da pilha. Para a retirada do material, inicialmente era removido a camada superficial do material que estava mais exposta com o objetivo de retirar da análise este material que, por sua posição, apresentava características distintas do restante

da pilha.



**Figura 9:** Representação dos pontos de coleta na pilha. (Fonte: Autor, 2017)

A coleta semanal de material, em cada pilha, era realizada com auxílio de um Becker plástico com 2 litros de capacidade, esse volume garante amostra suficiente para testes laboratoriais e não exaure o material da pilha. A amostra era posteriormente dividida em três frações homogêneas para as análises laboratoriais.

#### 4.5 Análises laboratoriais

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado o laboratório de Tecnologia da Madeira UTFPR-DV para realização da caracterização do material avaliado. Os procedimentos foram o Teor de Umidade e Densidade Aparente.

##### 4.5.1 Teor de Umidade Base Úmida (TBU%)

A umidade foi determinada de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003) NBR 14929. As amostras tiveram uma massa de 100g e encaminhadas a estufa capaz de manter 103°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) para secagem, estabilizando a massa do material até a diferença de 0,5g de variação entre duas pesagens sucessivas, com 3 repetições, esse período de secagem estufa varia conforme a umidade do material no momento da coleta, podendo variar de 6 a 48 horas. Com o peso seco mensurado, o teor de umidade foi obtido pela Equação 3.

$$TBU = \frac{m_1 - m_2}{m_1}$$

Equação 3: Determinação do Teor de umidade Base Úmida (TBU)(%).

Em que:

T.U. = Teor de umidade (%);

m1 = Massa inicial da biomassa gramas (g);

m2 = Massa final da biomassa gramas (g).

#### 4.5.2 Densidade aparente

A densidade aparente foi obtida de acordo com ABNT (2003) na NBR 14984 pela relação massa/volume (Equação 4) do material ao mesmo teor de umidade, com realização de 3 repetições para cada pilha de material.

$$da = \frac{m}{v}$$

Equação 4: Determinação da densidade

Em que:

da= densidade (g/cm<sup>3</sup>);

m= Massa (g);

v= Volume (ml).

#### 4.6 Análise estatística

O delineamento utilizado foi o Delineamento Blocos Casualizado (DBC). Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e verificada a diferença foram submetidos a comparação múltipla de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. As informações foram processadas em software estatístico Statgraphics XVII.

## 5. RESULTADOS

No momento da chegada dos cavacos, para a instalação do experimento os mesmos apresentavam 54,46% de teor de umidade base úmida e 0,286 g/cm<sup>3</sup> densidade aparente. Vale ressaltar que o material foi picado a partir de toras de madeira verde e o experimento instalado no mesmo dia que o material foi picado.

As condições climáticas pela época do ano contemplaram as estações de inverno, de condições de baixa precipitação até a entrada da primavera com aumento das precipitações no mês de setembro.

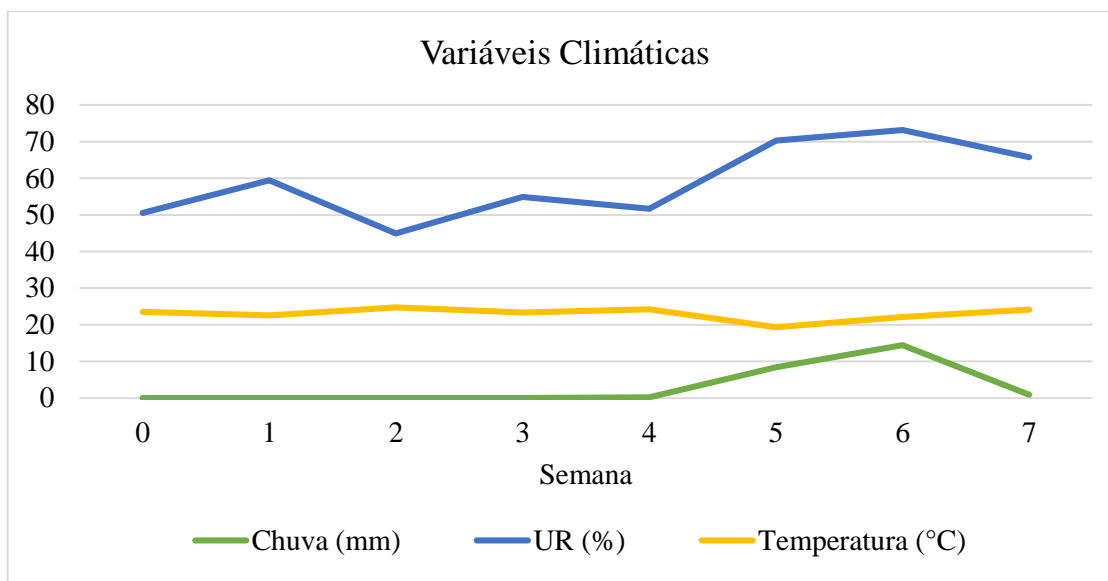
### 5.1 Variáveis Climáticas

As condições atmosféricas do período do ensaio apresentaram uma amplitude média de umidade relativa do ar de 22,58%. Onde a máxima umidade registrada foi de 73,14% e mínima umidade 50,56%. Já a temperatura média varia de 5,45°C, com máxima de 24,79°C e mínima de 19,34°C, como observamos no Gráfico 1.

Observou-se que a temperatura se mantém de forma linear enquanto a umidade sofre variações maiores, assim observa-se que quando ocorre precipitação a umidade tende a aumentar e nesses períodos, que o material armazenado absorve a umidade, tende a perder sua qualidade quando não protegido, tornando-o também mais sensível a biodegradação.

Importante relacionar que as perdas de umidade da madeira acompanham a variação de Umidade de Equilíbrio (UE) que é determinada pelo ambiente em suas condições atmosféricas, bem como dimensão do material exposto (MENDES et al. 2016). Assim os materiais tendem a seguir o valor de UE no presente momento, pois é a relação física de troca de água entre o material higroscópico e o ambiente (JANKOWSKY, 1985). A variação pode ser ascendente no caso de precipitação e aumento de umidade como contrária em momentos secos e de alta temperatura, por isso dá-se importância a cobertura no armazenamento do cavaco, uma vez que coberto ele consegue permanecer em umidade de equilíbrio sem influências de precipitações diretas.

**Gráfico 1:** Média das variáveis climáticas ao longo do ensaio. (Fonte: Autor,2017)



Como mostra no gráfico 1 a precipitação ocorreu de maneira mais intensa nos períodos de 5ª semana com média de 8,43 mm de precipitação e 6ª semana com 14,43mm.

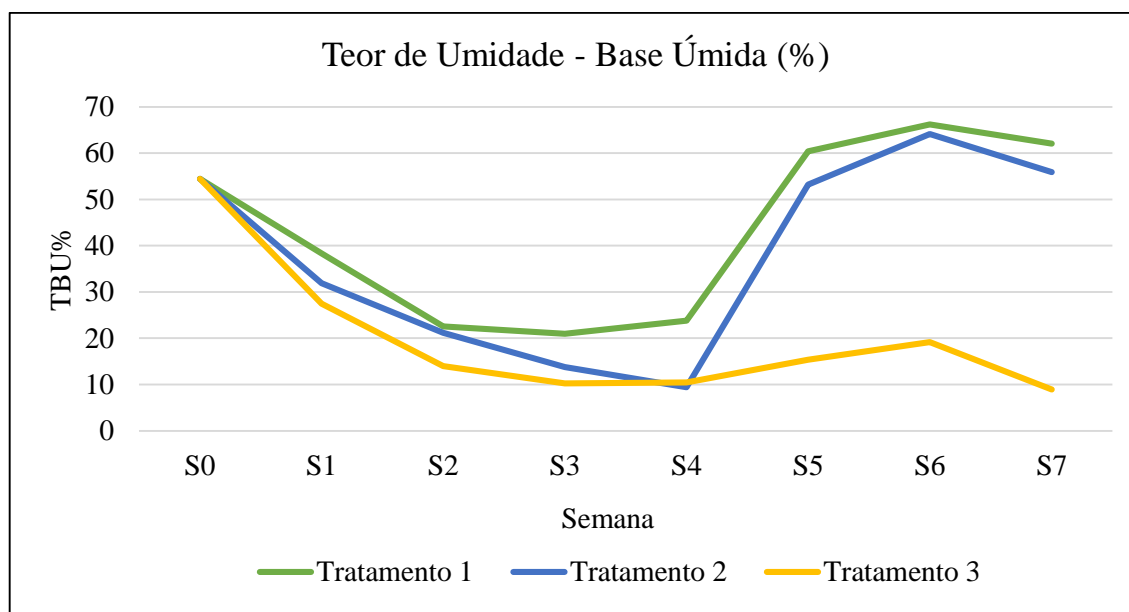
A precipitação nesse tipo de pesquisa é um dos fatores mais importantes, sabendo que aumentará diretamente a umidade do material quando houver ocorrência. Para condição de perda de umidade contínua do cavaco deve-se estar ciente que a precipitação interferirá na sua densidade e teor de umidade se ele não possuir estrutura de cobertura.

No ambiente que sucede a precipitação tem uma modificação da umidade relativa do ar e com a temperatura, onde geralmente nota-se o aumento da umidade e redução da temperatura (TORRES & MACHADO, 2008). Esse fenômeno torna o material suscetível a absorção da água, devido à elevação da umidade de equilíbrio.

## 5.2 Curva de secagem

No gráfico 2 podemos observar a curva de secagem do material ao longo do tempo nos três tratamentos aplicados.

**Gráfico 2:** Curva de secagem ao longo do ensaio. (Fonte: Autor,2017)



Nota-se a diferença entre os tratamentos nos períodos em que ocorre precipitação, onde temos um aumento de teor de umidade após o evento nos tratamentos 1 e 2. Enquanto o tratamento 3, com cobertura, sofre uma leve influência, como observamos no Gráfico 1.

Calegari et al. (2007) afirma que com a madeira nos processos industriais devemos se ter cuidado com o teor de umidade, monitorando constantemente, principalmente no período de secagem do material.

O teor de umidade é umas das variáveis que mais influência no uso da biomassa para geração de energia, pois é inversamente proporcional ao poder calorífico. Brand (2004) relata que quanto maior o teor de umidade, menor será a quantidade de energia útil para o sistema de geração de energia. Deste modo evidencia-se que o T3 proporcionou melhores condições de armazenamento ajustando uma curva de secagem mais estável em comparação os demais tratamentos.

O Ponto de Saturação das Fibras (PSF) ocorre em aproximadamente em 30% de teor de umidade do material, até decrescer a esse ponto tem-se uma facilidade físico-química para a água deixar o material, conhecida como água livre, que se encontra entre as paredes celulares



da madeira (JANKOWSKY, 1990). A partir da diminuição da umidade abaixo do PSF a água encontra dificuldade para deixar a madeira, pois a mesma precisa sair de dentro das paredes da célula para o ambiente (MORESCHI, 2014). Assim se o material se encontra protegido de maneira que facilita sua perda de água e evitando reabsorção de umidade do ambiente, ele preserva suas características e mantém a sua umidade homogênea ao longo do período de armazenamento.

Temos como resultado que ao longo do período de ensaio o tratamento 3 apresentou uma diminuição dos teores de umidade mais rápido que os tratamentos 1 e 2, chegando a cair pela metade o teor de umidade de uma semana para outra, ou seja, da semana 1 para semana 2 (Tabela 3). Mesmo nos períodos de precipitação seu teor de umidade não aumentou mais que 9%, enquanto que os tratamentos sem cobertura sofreram uma grande variação chegando a subir 43% em condições com precipitação, como observamos na semana 4 e 5 para o tratamento 2.

**Tabela 3:** Teor de Umidade Base Úmida (%) dos tratamentos em relação as semanas de avaliação. (Fonte: Autor,2017)

Tratamento	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	54,46 a	38,34 b	22,59 a	20,98 b	23,77 b	60,39 c	66,18 b	62,05 c
T2	54,46 a	31,91 ab	21,20 a	13,80 a	9,42 a	53,18 b	64,11 b	55,92 b
T3	54,46 a	27,49 a	13,95 a	10,23 a	10,44 a	15,34 a	19,16 a	8,91 a

Letras iguais na coluna não demonstram diferença estatística, comprovada por Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nota-se que houve diferença significativa entre todos tratamentos na semana 5, o que é explicado pela precipitação ocorrida no período, o que evidencia a importância de se manter o material com cobertura, pois enquanto matérias expostas nos tratamentos 1 e 2 são suscetíveis as condições atmosféricas o tratamento 3 preserva seu material com pequenas variações de umidade.

Observa-se a diferença significativa também na avaliação do total de tempo de exposição do material (Tabela 4), onde nota-se 19% de diferença de umidade entre os tratamentos 3 e 2 e 24% nos tratamentos 3 e 1, mostrando assim a eficiência de armazenamento de maneira correta, evitando perda da qualidade e sensibilidade a ação de agentes biodegradadores.

Na Tabela 4, que a umidade base úmida média para o tratamento 3 é de 17,97% o que o torna ideal as condições de venda no mercado, pois a umidade está abaixo de 28% (Soares, 2016). Diferente da alta umidade apresentada pelos tratamentos sem cobertura que ficaram com

37,03% (T2) e 42,95% (T1) de umidade base úmida. Com isso o material do T3 apresenta condição favorável ao uso e com menor influência de biodegradação.

**Tabela 4:** Teor de Umidade Base Úmida (%) do período total do experimento. (Fonte: Autor,2017)

Tratamento	Média TBU (%)
3	17,97 a
2	37,03 b
1	42,95 b

Letras iguais na coluna não demonstram diferença estatística, comprovada por Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Se comparado essas diferenças de umidade em relação a Poder Calorífico Inferior (PCI) percebe-se uma grande perda de valor energético com o aumento da umidade, pois, segundo Nonnenmacher et al. (2011), a importância da umidade que está no material combustível sólido é no PCI, onde o valor está intrínseco na quantidade de calor em massa de combustível. O autor ainda ressalta que o combustível sólido de madeira em umidade de 40% pode perder 37% do poder calorífico (Nonnenmacher et al. 2011).

Na comercialização do produto com fim energético perderá valor de mercado uma vez que umidade alta para matérias combustíveis sólidos não são desejados no mercado devido a seu baixo poder calorífico, uma vez que a umidade influencia negativamente a queima do combustível e ainda contribui para o aumento da densidade (LIMA, 2010).

O valor de umidade deve ser levado em conta no valor do cavaco, uma vez que cavacos com menor umidade deveria ser comercializado por um valor agregado maior que cavacos úmidos (WIECHETECK, 2009).

Investimentos em estocagem de empresas fornecedoras do material no mercado deveria ocorrer visando o ganho de valor através da melhoria de qualidade do material, proteção contra flutuação de mercado, aumentando a escala de venda e produção (MARTELLI & DANDARO, 2015). Visando investimentos que compensariam economicamente com a venda de maior valor agregado do cavaco.

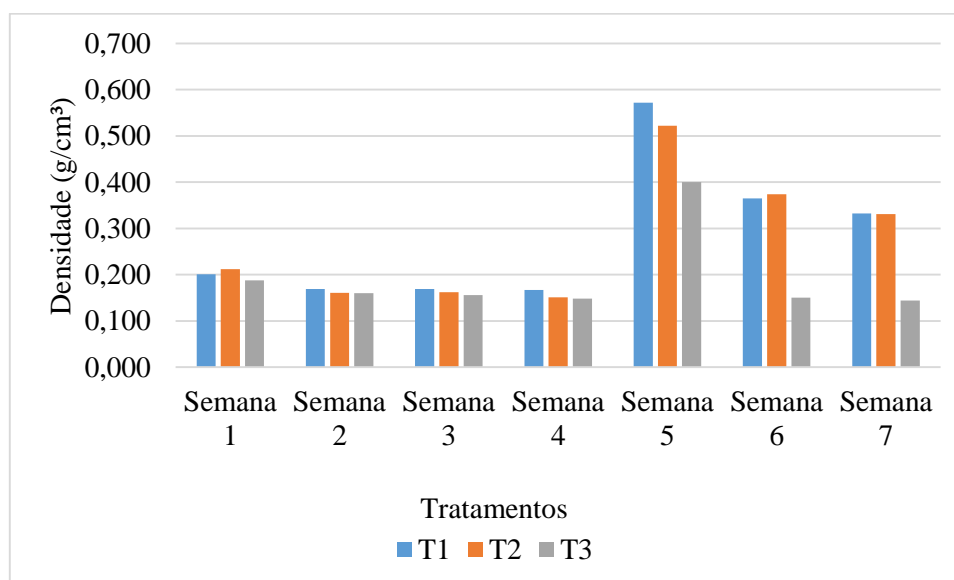
Conforme Marino (2006), a competitividade de mercado está em afinidade com o nicho de mercado, onde estratégias buscadas são a diferenciação do produto. Assim empreendimentos que possuem maior investimento para armazenamento de material conseguem disponibilizar

material de menor teor de umidade e por tempo contínuo, independente da condição climática, o que o torna um fornecedor idôneo a seu cliente, conseguindo dessa maneira também se destacar no mercado.

### 5.3 Densidade aparente do cavaco

No gráfico 2 estão ilustradas as densidades aparentes do cavaco por tratamento ao longo do período do experimento.

**Gráfico 3:** Média das densidades aparentes por tratamentos ao longo do ensaio. (Fonte: Autor,2017)



O que se observou foi um ganho na densidade do material em alguns momentos, o que é explicado pelo fato de ocorrer absorção de água pelo material nos períodos de maior umidade. Esse ganho de massa devido a umidade pode vir a dificultar processos de queimas para geração de energia, haja visto que teremos mais água por massa de cavaco.

Segundo Brand et al. (2006) a degradação do material no período de seis meses de armazenamento não é significativa em função da biodegradação. Dessa forma, não se tem problema com biodegradação para uso energético da madeira no período avaliado. Entretanto vale ressaltar que visualmente observou-se a incidência de fungos emboloradores no cavaco, o que pode comprometer futuramente o cavaco com o surgimento de fungos apodrecedores, reduzindo a massa do material e conseqüentemente afetando seu rendimento energético.

Como fator importante ressalta-se que o tratamento 3, por mais que seja atingido pelo efeito da precipitação lateral, o mesmo mantém mais uniforme a densidade aparente e consegue retornar à densidade original mais rapidamente em comparação aos tratamentos 1 e 2. Isso torna o material mais homogêneo em armazenamento, evitando imprevisto com umidade ou variação de massa na hora de comercialização ou utilização do material nas plantas industriais.

Para a densidade aparente observa-se diferença significativa a partir da 5ª semana onde houve precipitação (Tabela 5). Nota-se que os tratamentos apresentam valores muito semelhantes quanto ao comportamento da densidade aparente, não diferindo estatisticamente entre si até a semana 4, isto devido a não ocorrência de precipitação no local. Entretanto, a partir da semana 5 todos os tratamentos diferem entre si, e na semana 6 e 7 o T3 difere estatisticamente dos demais tratamentos, justificando a influência da proteção superior e inferior do material.

**Tabela 5:** Densidade aparente dos tratamentos em relação as semanas de avaliação. (Fonte: Autor,2017)

Tratamento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	0,201 a	0,169 a	0,169 a	0,167 a	0,572 c	0,365 b	0,332 b
T2	0,212 a	0,161 a	0,162 a	0,151 a	0,522 b	0,374 b	0,331 b
T3	0,188 a	0,160 a	0,156 a	0,148 a	0,400 a	0,150 a	0,144 a

Letras iguais na coluna não demonstram diferença estatística, comprovada por Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 6 observa-se a média geral da densidade aparente para todo o período de experimento.

**Tabela 6:** Densidade aparente média de todo o período do experimento. (Fonte: Autor,2017)

Tratamento	Média (g/cm <sup>3</sup> )
3	0,199 a
2	0,275 b
1	0,281 b

Letras iguais na coluna não demonstram diferença estatística, comprovada por Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nota-se que o no período total do experimento o T3 diferiu-se estatisticamente dos demais tratamentos, os quais não diferem entre si. Com isso, nota-se que apenas o T3 estava em condições ideais de armazenamento.

## 6. CONCLUSÕES

Ainda poucas empresas que comercializam o cavaco de *Pinus ssp.* para produção de energia levam em consideração a umidade presente no material, levando em conta que é comprado por massa e sabendo que a umidade prejudica o seu poder calorífico e a logística de transporte.

A curva de secagem, teor de umidade e densidade aparente permite observar que o armazenamento correto do material pode evitar a biodegração no momento de armazenamento. Empresas que não valorizam o armazenamento desse tipo de produto podem estar sofrendo duas perdas, a de mercado e a degradação do material em seu pátio de estocagem.

Com a avaliação de três diferentes tipos de tratamentos, o resultado encontrado nesse trabalho demonstrou que a estrutura de cobertura é a que tem melhor desempenho, mostrando então que, por esses aspectos de densidade aparente e teor de umidade ele é o cavaco de melhor qualidade.

A eficiência do tratamento 3 ocorreu pela sua capacidade de proteger o material armazenado das condições climáticas de maior influência na densidade de umidade do cavaco, onde a condição de precipitação é a mais importante efeito a ser isolado afim de manter o armazenamento homogêneo e de qualidade.

## 7. RECOMENDAÇÕES

- Estudo de mercado para compra e venda de cavaco com a aceitação do mercado para maior valor agregado em cavaco com menores teores de umidade uma vez que seu poder calorífico é elevado considerando o cavaco mais úmido.
- Elaborar análises mais detalhadas das propriedades físico-químicas do material para também ser consideradas no valor de comercialização.
- Continuar o estudo com os tratamentos para verificar possibilidades de alterações ao longo prazo e em diferentes estações do ano.
- Análise do poder calorífico no material nos diferentes tratamentos.
- Para futuros estudos, se possível utilizar pilhas de maior volume de material, essa que seria mais próxima as condições reais das empresas florestais.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMPESSAN, C. G. M.; RIOS, P. D'A.; BRAND, M. A.; VIEIRA, H.C.; KNISS, D. D. C. Otimização do tempo de estocagem de cavacos de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* para a produção de celulose e papel. Scientia Forestalis. vol. 43. n.108. p.885-893. Dezembro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14984: Determinação de densidade aparente em cavacos. São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14929: Determinação de umidades de cavacos. São Paulo, 2003.

ALMEIDA, F. S.; VARGAS, A. B.; CARVALHO, A. G. de. Degradação natural da madeira de quatro espécies em ambiente florestal. Revista de Ciência da Vida, EDUR. vol. 32, nº 2, pg. 43-50. Rio de Janeiro-RJ, 2012

BAHIA, M. S. Biodeterioração e a durabilidade da madeira: estudo de aspectos construtivos em Campo Mourão-PR. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Departamento Acadêmico de Engenharia Civil curso de Engenharia Civil. Campo Mourão, 2015.

BASTOS, B. P.; Otimização do controle de estoque na produção de cavaco. Relatório de Estágio. Universidade do Planalto Catarinense. 2012.

BRAND, M. A. et al. Avaliação do processo produtivo de uma indústria de manufatura de painéis por meio do balanço de material e do rendimento da matéria-prima. Revista Árvore. v.28, n.4, p.553-562, 2004.

BRAND, M. A.; COSTA, V da. J; DURIGON, A.; AMORIM, A.; TRACTEBEL ENERGIA. Determinação das propriedades energéticas de resíduos de madeira em diferentes períodos de armazenamento. UNIPLAC, Lages-SC, 2006.

BRAND, M. A.; Muñoz, G. I. B; COSTA, V. J.; AMORIM, M.; BITTENCOURT, E. Influência do tempo de armazenamento sobre a perda de umidade de resíduos madeiráveis. In: III Encontro de Ciência e Tecnologia, 2004, Lages. Anais do III ECTec- Encontro de Ciência e Tecnologia. Lages: Universidade do Planalto Catarinense, 2004.

CALEGARI, L.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; LONGHI, S. J.; CARMO, P. I. do; FILHO, L. C. O. da S.; GATTO, D. A. Monitoramento do teor de umidade de madeiras de *Pinus elliottii* engelm. e *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden, sob diferentes temperaturas de secagem, através do ultra-som. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 399-408, 2007.

CAMARGO, S. K.de C. A.; SILVA, T J da.; COSTA, D. de M. Influência da dimensão e qualidade dos cavacos na polpação. Electronic Journal Of Management, 2015.

DIAS, R. R. Avaliação da influência de variável na produção batentes de painel EGP de *Pinus taeda*. Dissertação de Mestrado.119 f.:il. Bibliografia: f. 114-118. Guaratinguetá, 2016.

DINIZ, I. S. Estudo da influência da umidade no consumo específico do cavaco de madeira para geração de vapor saturado em caldeira de biomassa. Monografia Especialização em

Engenharia de Produção- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2014.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Série demanda de energia. Demanda de energia 2050. Ministério de Minas e Energia – MME Governo Federal. 2016.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores) Poyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda; O Relatório Ibá 2016. Indústria Brasileira de Árvores. Acessado: 12/04/17 as 18:35 em:<[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)>.

IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores) Poyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda; 2017 Relatório 2017. Indústria Brasileira de Árvores. Acessado: 04/12/17 as 21:40 em:<[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@. Cidades, Paraná, Dois Vizinhos. Disponível em: <[www.cidades.ibge.gov.br](http://www.cidades.ibge.gov.br)>. Acessado em: 16/05/17 às 17:48.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/portal/](http://www.inmet.gov.br/portal/)>. Acessado em: 16/05/17 às 19:24.

JANKOWSKY, I. P. Fundamentos de secagem de madeiras. Ciências Florestais. Departamento de. Documentos florestais USP-ESALQ. Piracicaba, 1990.

JANKOWSKY, I. P. Variação sazonal da umidade de equilíbrio para madeira de Pinus. Departamento de silvicultura, ESALQ-USP, nº31, pg. 41-46. Piracicaba – SP, 1985.

JUNIOR, E. F. C.; SILVA, M. C. da.; CASSILHA, A. C.; PODLASEK, C. L.; MENGATTO, S. N. F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. Revista Educação & Tecnologia. Editora do CEFETPR, v.8, p. 209 - 228, Curitiba, 2004.

KOZAK, P. A.; CORTEZB, A. M.; SCHIMERC, W. N.; CALDERAID, M. V. W.; BALBINOTE, R. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. Revista Acadêmica Ciência Agrária. Ambiental, v. 6, n. 2, p. 203-212, Curitiba-PR, 2008.

LEITE, A. C. G. M.; GUEVARA, A. J. de H. A sustentabilidade empresarial, social e as fontes de energias Núcleo de Estudos do Futuro. Boletim de inovação e sustentabilidade. Pontifícia Universidade Católica. 2s. vo1. São Paulo, Brasil, 2013.

LIMA, E. A. Alternativa para estimar o preço da madeira para energia. Comunicado Técnico 260 Embrapa. ISSN 1517-5030. Colombo-PR, 2010.

LIPPEL. Cavacos de madeira. Disponível em <<http://www.lippel.com.br/br/cavacos-de-madeira.html>>. Acessado 17/04/17 às 9:13.

MARINO, L. H. F. de C. Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial. XIII SIMPEP – Bauru-SP, 2006.

MARTELLI, L. L.; DANDARO, F.; Planejamento e controle de estoque nas organizações. Revista Gestão Industrial. Ponta Grossa – PR, 2015.



MENDES, A. C. P; JÚNIOR, W. P. de S.; DIAS, P. B.; LOPES, M. A. Determinação da umidade de equilíbrio higroscópico da madeira para a cidade de salinas – norte de minas gerais. Seminário de iniciação científica, 5., Anais. Montes Claros-MG, 2016.

MONTALVÃO, E.; FARIA, I. D. Energia sustentável para todos. 2012. Disponível em: <[www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/energia-sustentavel-para-todos](http://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/energia-sustentavel-para-todos)>. Acessado em 10/04/2017 às 22:48.

MORESCHI, J. C. Propriedades da madeira. Ministério da educação e do desporto setor de ciências agrárias da UFPR centro de ciências florestais e da madeira Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 4ª edição, pg 11, Curitiba, PR, 2014.

NONNENMACHER, H.; FRANTZ, J. C.; DIAS, R. de M.; STANGARLIN, H. W.; Análise da influência do teor de umidade no poder calorífico em combustível sólido para geração de vapor d'água. Salão de ensino e de extensão inovação na aprendizagem. 2011.

ONU - Organização das Nações Unidas. Departamento de Informação Pública das Nações Unidas. Fatos sobre energia sustentável. Rio + 20, O Futuro que queremos. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/energia.pdf>>. Acessado em: 03/04/2017 às 20:32, Rio de Janeiro, Brasil. 2012.

SANTOS, M. L. dos.; LIMA, O. J. de.; NASSAR, E. J.; CIUFFI, K. J.; CALEFI, P. S. Estudo das condições de estocagem do bagaço de cana-de-açúcar por análise térmica. Química Nova, vol.34. nº3. São Paulo-SP, 2011.

SHIMIZU, J. Y. *Pínus* na Silvicultura Brasileira. Embrapa Florestas, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Colombo, PR, 2008.

SOARES, M. J. Avaliação da qualidade de três diferentes tipos de cavacos de madeira do híbrido *Eucalyptus urophylla x grandis*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2016.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J de O.; Introdução à climatologia. Geographica. Série Textos Básicos de Geografia. 234pg. ISBN 978-85-61911-05-8, 2008.

VÉLAZQUÉZ, S. M. S. G.; COELHO, S. T.; JUNIOR, A. V.; A cogeração de eletricidade no setor de papel e celulose: avaliação técnica e econômica. XV-COBEM-1999, São Paulo, SP, 1999.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. Química Nova. vol.32 nº.3 São Paulo 2009.

VIDAL, A.C.F.; HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. BNDES. Biblioteca Digital. 2010.

VOSS, B. de L.; PFITSCHER, E. D.; ROSA, S. F.; RIBEIRO, M. de S. Evidenciação ambiental dos resíduos sólidos de companhias abertas no Brasil Potencialmente Poluidoras. Revista Contabilidade & Finanças. vol. 24, nº. 62, pg. 125-141. São Paulo-SP, 2013.

WIECHETECK, M. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Secretaria de Biodiversidade e Florestas Projeto. Curitiba-PR, 2009.