

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LAIRO DAVID FEUCHARD

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE  
*Casuarina equisetifolia*

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2012

LAIRO DAVID FEUCHARD

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE  
*Casuarina equisetifolia*

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Orientador: Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira.

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO  
2012

LAIRO DAVID FEUCHARD

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE  
*Casuarina equisetifolia*

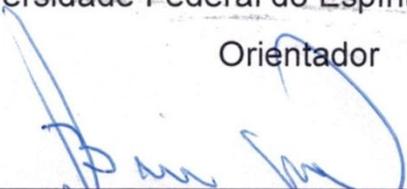
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção de título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovado em 23 de Outubro de 2012.

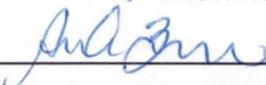
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. D.Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Orientador



Prof. D.Sc. Juarez Benigno Paes  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Examinador



Ana Carolina Boa  
Mestranda em Ciências Florestais  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Examinadora

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, família e amigos.

A minha mãe, Maria de Lourdes David Feuchard, ao meu pai, José Ademir Martins Feuchard e meu irmão Lucas David Feuchard, pela paciência e apoio durante todos esses anos.

A toda a minha família pelo apoio incondicional.

A Universidade Federal do Espírito Santo pela oportunidade de realização do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Ao professor José Tarcísio da Silva Oliveira pela orientação, oportunidades e conselhos.

Ao professor Juarez Benigno Paes pelas oportunidades e orientação em algumas etapas deste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e Departamento de Engenharia Rural pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso.

Aos alunos de mestrado Brunela P. Rodrigues, Flavio Cipriano, Rogy, Thiago Leite, Dercilio Verly e alunos de graduação Pedro Licio, Jair Krause, Rafael Andrade, Allan Ewerton, Thais Pereira pela amizade e ajuda em algumas etapas deste trabalho.

Ao marceneiro Elecy Palácio Constantino e ao funcionário do Laboratório de Ciência da Madeira, José Geraldo Lima de Oliveira, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

A minha Namorada Joseana Pimentel Furiere pela paciência e carinho.

Aos meus amigos de república, Luciano, Jairo e Lucas pela paciência e amizade durante esses anos.

Aos meus amigos de graduação, amizade e bons momentos de convivência.

A todos que ajudaram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

Muito Obrigado.

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de caracterizar tecnologicamente a madeira de *Casuarina equisetifolia*. A caracterização da madeira de casuarina foi realizada mediante a descrição anatômica, determinação das propriedades físicas e mecânicas, estudo da adesão e avaliação da resistência ao ataque de organismos xilófagos (fungos e cupins) em laboratório. A densidade básica apresentada por esta espécie variou de média a alta. A madeira de casuarina apresentou altos valores de contração, sendo classificada como uma madeira instável dimensionalmente. Os resultados das propriedades mecânicas também foram considerados altos e satisfatórios. Quanto à resistência ao ataque de organismos xilófagos, a casuarina foi resistente tanto ao ataque de cupins subterrâneos quanto ao ataque de fungos apodrecedores.

Palavras-chave: Descrição anatômica, propriedades tecnológicas, durabilidade natural, adesão da madeira.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELA .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O problema e sua importância .....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo geral .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 <i>Casuarina equisetifolia</i> .....	4
2.2 Anatomia da madeira .....	4
2.3 Propriedades físicas e mecânicas da madeira .....	5
2.3.1 Massa específica aparente.....	6
2.3.3 Resistência à flexão estática .....	7
2.3.4 Resistência à compressão paralela as fibras .....	8
2.3.5 Resistência ao cisalhamento.....	8
2.3.6 Dureza Janka .....	9
2.4 Colagem da madeira .....	9
2.5 Durabilidade natural da madeira.....	10
2.5.1 Microrganismos xilófagos.....	11
2.5.2 Insetos xilófagos.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13
3.1 Descrição do material.....	13
3.2 Caracterização anatômica.....	13
3.3 Teor de umidade e Massa específica aparente básica.....	14
3.4 Retratibilidade.....	15

3.6 Propriedades mecânicas .....	15
3.7 Adesão da madeira .....	16
3.7.1 Adesivos.....	16
3.7.2 Ensaio de adesão.....	17
3.8 Resistência natural da madeira .....	18
3.8.1 Ensaio com cupins subterrâneos .....	18
3.8.2 Ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório .....	19
3.9 Análise estatística.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
4.1 Características anatômicas .....	21
4.2 Propriedades físicas .....	24
4.3 Propriedades mecânicas da madeira .....	25
4.4 Colagem da madeira .....	26
4.5 Durabilidade natural da madeira .....	27
5 CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Ficha de avaliação do desgaste provocado pelos cupins subterrâneos nos corpos de prova (ASTM D- 3345).....	19
Tabela 2 – Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos (ASTM – 2017, 2005).....	20
Tabela 3 - Caracteres anatômicos da madeira de <i>Casuarina equisetifolia</i> .....	21
Tabela 4 - Raios em agregados da madeira de <i>Casuarina equisetifolia</i> .....	23
Tabela 5 – Valores médios de densidade básica e retratibilidade.....	24
Tabela 6. Propriedades mecânicas da madeira de <i>Casuarina equisetifolia</i> a12% de umidade.....	26
Tabela 7 - Valores da resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e percentual de falha na linha de cola da madeira de <i>Casuarina equisetifolia</i> .....	27
Tabela 8 – Perda de massa, desgaste, mortalidade e tempo para a morte dos cupins no ensaio de alimentação forçada.....	28
Tabela 9 – Valores médios para o ensaio de apodrecimento acelerado	28

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Corpo de prova utilizado no ensaio de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola.....	17
Figura 2 – Frascos com cupins utilizados no ensaio de alimentação forçada.....	19
Figura 3. Fotomicrografia do plano transversal (A), longitudinal tangencial (B) e longitudinal radial (C).....	22
Figura 4. Raios em agregados da madeira de <i>Casuarina equisetifolia</i> .....	23

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo de produtos de base florestal se intensificou com o passar dos anos, levando a utilização predatória das florestas nativas, ocasionando problemas graves como o desmatamento desordenado de grandes faixas florestais. Nesse contexto de crescimento da demanda de produtos de base florestal, as florestas plantadas desempenham importante papel para diversos segmentos das indústrias que tem a madeira como a principal fonte de matéria prima.

O setor florestal brasileiro se destaca a cada ano, isto se deve a fatores como, condições edafoclimáticas favoráveis e ao rápido crescimento de espécies lenhosas que possuem alto potencial produtivo, sejam estas espécies nativas ou exóticas (MOTTA, 2011).

Com o passar dos anos foram introduzidos no país diferentes espécies madeireiras por meio de programas que visavam o reflorestamento. O grande aumento no plantio florestal ocorreu nos anos de 1960 aos 80 onde o governo concedia incentivos fiscais a empresas que mantinham atividades de reflorestamento (SOUZA, 2004).

No Brasil pode-se destacar o *Pinus sp.*, e o *Eucalyptus sp.* como sendo os gêneros mais utilizados para plantios de reflorestamento compreendendo uma área com 6.515.844 ha (Associação Brasileira de Produtores de Floresta plantada - ABRAF, 2012). No entanto pesquisas com outras espécies estão ganhando cada vez mais espaço, como no caso da teca (*Tectona grandis*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e acácia (*Acácia mearnsii* e *Acácia mangium*) (Sistema Nacional de Informações Florestais - SNIF, 2010).

A *Casuarina equisetifolia* é uma espécie da família Casuarinaceae. É nativa das regiões costeiras da Austrália e do Sudeste Asiático (PARROTA, 1993). O gênero *Casuarina* compreende um grupo com cerca de 80 espécies de arbustos e árvores (FERREIRA, 2004).

Esta espécie é largamente utilizada como barreira contra vento e para controle de erosão ao longo de costas arenosas, dunas e margens de rios (DUNLEY, 2004). O gênero é muito importante para reabilitação de terras degradadas e naturalmente estéreis, por que apresenta alta capacidade de fixação de nitrogênio (PARROTA, 1993).

A madeira é um material heterogêneo e complexo, possui vários tipos de células adaptadas a desempenharem diferentes tipos de funções. As variações físicas, químicas e anatômicas são grandes entre as espécies, variando também dentro da mesma espécie e até mesmo dentro da mesma árvore (TRUGUILHO et al., 1996).

O conhecimento científico da madeira permite que sua utilização deixe de ser artesanal e atinja o processamento industrial. Para que se possa aplicar a madeira para um determinado uso, o conhecimento tecnológico da matéria prima é de grande importância.

É comprovado que a correta utilização de um material está associada as suas características. A madeira não foge a regra, tornando-se importante o conhecimento de suas variações, a fim de prognosticar seu comportamento em diferentes situações de uso (PAES et al., 1995).

A caracterização tecnológica da madeira da *Casuarina equisetifolia* possibilita relacionar as diferentes propriedades da madeira sejam elas físicas, químicas ou mecânicas com as características anatômicas, além de outras informações que classificam a madeira para determinada utilização, como a resistência natural a organismos xilófagos.

A caracterização anatômica avalia a estrutura anatômica qualitativa, descreve a morfologia dos diferentes tipos de células componentes da estrutura da madeira, como quantitativamente, pela mensuração dos elementos celulares quanto as suas dimensões e frequência de ocorrência (MOTTA, 2011).

O conhecimento da matéria prima é importante para o melhor aproveitamento e utilização da mesma, a madeira de casuarina apesar de já conhecida no Brasil, ainda necessita de pesquisas para à caracterização de suas propriedades tecnológicas, para que assim se possa obter produtos de qualidade, evitando-se o emprego inadequado e o desperdício.

### **1.1 O problema e sua importância**

As pesquisas por novas espécies de madeiras que possam ser utilizadas nos processos produtivos dos diversos segmentos da indústria madeireira vêm aumentando com o passar dos anos. Estas pesquisas se concentram no setor de celulose e papel, outros segmentos da indústria madeireira também devem investir

na busca por novos materiais, visando assim adequar sua matéria prima ao seu tipo de segmento.

A madeira de *Casuarina equisetifolia* é conhecida em algumas regiões do Brasil, no entanto faltam pesquisas que visem à caracterização tecnológica da mesma.

Por estes motivos a caracterização tecnológica da desta madeira é de grande importância para que se possa utilizá-la de maneira racional e eficiente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Caracterizar tecnologicamente a madeira de *Casuarina equisetifolia*.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar as seguintes propriedades mecânicas:
  - Flexão estática;
  - Compressão paralela às fibras;
  - Cisalhamento;
  - Dureza Janka.
- Determinar as seguintes propriedades físicas:
  - Retratibilidade;
  - Densidade.
- Descrever anatomicamente a madeira no que diz respeito às fibras, vasos e raios;
- Avaliar a resistência natural da madeira a fungos e cupins;
- Verificar o comportamento de adesão da madeira.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Casuarina equisetifolia*

A *Casuarina equisetifolia* é originária do sudeste asiático, sendo mais comumente encontrada na Índia, Malásia e Austrália (PARROTA, 1993). Segundo El-osta et al. (1981), é uma árvore de médio a grande porte, sendo mais utilizada na reabilitação de solos e geração de energia, se destacando no controle da erosão do solo.

A espécie é conhecida popularmente como casuarina ou pinheiro australiano, no entanto ela é uma Angiosperma da família Casuarinaceae, sendo uma árvore de rápido crescimento, podendo chegar a 45m de altura (DUNLEY, 2004). Segundo Whistler et al. (2006), a sua árvore pode atingir 20 metros de altura em menos de 12 anos.

De acordo com Dunley (2004) a madeira de casuarina é de difícil trabalhabilidade, por isto é amplamente utilizada como matéria prima de postes, cerca e remos.

A casuarina é uma espécie que produz lenha de boa qualidade e madeira de alta densidade com boa resistência a decomposição (LEAL, 2004). A madeira de casuarina é suscetível ao ataque de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), sendo apropriada para a produção de polpa química, semi-química e papel (PARROTA, 1993).

### 2.2 Anatomia da madeira

Segundo Burger e Richter (1991), a anatomia da madeira é o estudo dos diversos tipos de células que constituem o lenho, suas funções, organização e peculiaridades estruturais, com o objetivo de conhecer a madeira visando seu emprego correto, identificar espécies, distinguir madeiras aparentemente idênticas e prever utilizações adequadas de acordo com as características anatômicas da madeira. Os conhecimentos da anatomia da madeira constituem-se como elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar a madeira (SILVA, 2005).

De acordo com Gonçalves (2006), o conhecimento da estrutura anatômica da madeira, é um elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar a madeira, visto que seu comportamento mecânico, secagem, adesão e trabalhabilidade está intimamente associado à sua estrutura celular.

Segundo Oliveira (2005), os caracteres anatômicos importantes em uma família, não tem necessariamente valor equivalente em outra. Na identificação de madeiras é essencial discriminar-se os caracteres que são relativamente constantes e os que variam sob diferentes condições de crescimento.

Influenciados pelo o ambiente, os caracteres quantitativos variam notavelmente, como o caso da frequência dos vasos, do comprimento dos elementos vasculares e quantidade de parênquima axial (OLIVEIRA, 2005). Os elementos anatômicos podem variar entre as espécies, entre as árvores, podendo ocorrer variações dentro da mesma árvore (TRUGILHO et al., 1996).

Segundo Chimelo (2007), os vasos/poros devido as suas grandes dimensões e paredes delgadas, são estruturas que não propiciam resistência mecânica a madeira, porém sua frequência, diâmetro e distribuição influencia na resistência mecânica da madeira.

Pela observação da estrutura anatômica macroscópica da madeira é possível prever algumas de suas propriedades, madeiras que apresentam cerne com vasos grandes e desobstruídos são facilmente tratáveis com produtos preservantes de madeira, sendo também mais fáceis de secar, no entanto madeiras com vasos grandes não dão bom acabamento com vernizes e tintas, não sendo indicadas principalmente para pisos (CHIMELO, 2007).

### **2.3 Propriedades físicas e mecânicas da madeira**

Vários estudos são realizados com o objetivo de identificar as propriedades físico-mecânicas da madeira. De acordo com a NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997), existem um total de 10 propriedades da madeira que devem ser determinadas, três propriedades físicas e sete propriedades mecânicas. As propriedades físicas a serem determinadas são a massa específica aparente, retratibilidade e umidade, já as propriedades mecânicas são a resistência

a flexão estática, a compressão paralela as fibras, ao cisalhamento, a tração normal as fibras, a tração paralela as fibras, ao fendilhamento e a dureza.

As propriedades mecânicas são dependentes principalmente da densidade básica, da porcentagem de madeira juvenil, da largura dos anéis, do ângulo das microfibrilas, da inclinação da grã, da quantidade de extrativos, do teor de umidade, da intensidade do ataque de insetos, do tipo e da localização e quantidade de nós, dentre outros fatores EVANS et al., (2000) apud LOBÃO et al., (2004).

A determinação das propriedades mecânicas da madeira permite o correto dimensionamento dos diversos componentes que formam o conjunto estrutural (TEIXEIRA, 2008). Diversos estudos têm procurado identificar quais os fatores que afetam as propriedades físicas e mecânicas da madeira e os que podem ser inerentes a própria madeira, como também o ambiente no qual a árvore se desenvolve (LOBÃO et al., 2004).

Os ensaios de determinação das propriedades mecânicas são realizados com pequenos corpos de prova, isentos de defeitos e com as fibras bem orientadas, deve-se levar em consideração que na utilização em serviço, pode ocorrer nas peças desvios de grã nos elementos estruturais o que pode acarretar na diminuição dos valores reais dos esforços a que as peças possam resistir quando em uso (OLIVEIRA, 2007).

A determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira auxilia no conhecimento de sua estrutura e na otimização de sua utilização, sobretudo para utilização como material de construção e para a indústria moveleira (MOTTA, 2011).

### **2.3.1 Massa específica aparente**

Entre as propriedades físicas da madeira, a que se destaca como sendo de importância para a produção tecnológica e utilização da madeira é a massa específica aparente ou densidade como é conhecida popularmente, uma vez que esta propriedade se correlaciona com praticamente todas as demais (GONÇALVES et al., 2009).

A densidade é uma propriedade que fornece inúmeras informações sobre as características da madeira, tornando-se um parâmetro importante, utilizado para qualificar a madeira nos diversos segmentos das atividades industriais (SILVA, 2005).

De acordo com CHIMELO (1980), a massa específica esta correlacionada com a retratibilidade, trabalhabilidade, impregnabilidade, durabilidade natural e com outras propriedades mecânicas da madeira. Em função das variações da dimensão e proporção dos tecidos lenhosos a massa específica aparente da madeira varia de 0,13 a 1,40 g/cm<sup>3</sup> (SILVA, 2005).

### **2.3.2 Retratibilidade da madeira**

A madeira é um material higroscópico e por isto apresenta contração quando o seu teor de umidade é reduzido do ponto de saturação das fibras (PSF %) até a condição seca ou anidra. A contração e o inchamento são dois pertinentes problemas práticos que ocorrem durante a utilização da madeira, por causa da variação de umidade (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com OLIVEIRA (2007), por ser a madeira um material anisotrópico, mais importante que avaliar a retratibilidade volumétrica total, é ter o conhecimento das variações lineares nas direções transversal, radial e longitudinal, sendo esta última não preocupante uma vez que seus valores são pequenos.

Com os valores da contração no sentido transversal, pode-se obter um importante índice conhecido como fator de anisotropia, que é a relação entre a contração tangencial e a radial com a qual se pode ter uma ideia do comportamento das madeiras em relação à secagem, indicando uma maior ou menor propensão das peças a terem defeitos (OLIVEIRA, 2007).

### **2.3.3 Resistência à flexão estática**

De acordo com Oliveira (2007), a resistência à flexão é uma das mais importantes propriedades mecânicas da madeira quando utilizada para a construção, sendo fator principal na construção de pontes, telhados, construções marítimas e em todas as demais construções de madeiras.

A NBR 6230 da ABNT (1985), determina que para a avaliação qualitativa devem ser utilizados 80 corpos de prova, metade ensaiada na condição verde (acima de 30% de umidade) e a outra metade a 15% de teor de umidade, com dimensões de 2,0 x 2,0 X 30,0 cm, com a ultima dimensão na direção longitudinal do corpo de prova.

Para a determinação do módulo de elasticidade da madeira a NBR 6230 da ABNT (1985), recomenda a utilização de uma serie de 12 corpos de prova, com

umidade acima de 30% de umidade, com dimensões de 6,0 x 6,0 x 100,0 cm. Para os valores de módulo de ruptura e módulo de elasticidade, para fins estruturais, deverão prevalecer os ensaios nestes últimos corpos de prova mencionados.

Segundo Oliveira (2007), nos ensaios de flexão estática, a determinação do módulo de elasticidade é de grande importância, uma vez que tal informação irá fornecer a rigidez da madeira, bem como sua capacidade de resistir à deformação quando sujeita aos esforços de flexão.

#### **2.3.4 Resistência à compressão paralela as fibras**

Segundo Oliveira (2007), a resistência à compressão depende da densidade da madeira e aumenta com o aumento desta, sendo também relacionada com a espécie, o teor de umidade da madeira e o esforço aplicado paralelo ou perpendicular as fibras da madeira.

A NBR 6230 da ABNT (1985), determina que para a avaliação qualitativa devem ser utilizados 80 corpos de prova, metade ensaiada na condição verde (acima de 30% de umidade) e a outra metade a 15% de teor de umidade, com dimensões de 2,0 x 2,0 X 3,0 cm, com a última dimensão na direção longitudinal do corpo de prova.

Um dos motivos para a utilização de muitos corpos de prova para a determinação das propriedades mecânicas é a grande variabilidade que ocorre nestas. De acordo com Oliveira (2007), em muitas espécies a resistência à compressão axial ou paralela as fibras com o teor de umidade a 15%, são superiores a 50% do valor da propriedade na madeira verde.

#### **2.3.5 Resistência ao cisalhamento**

A resistência ao cisalhamento é a capacidade que a madeira tem em resistir à ação de forças que tendem a fazer com que uma parte do material deslize sobre outra adjacente. A madeira com teor de umidade acima de 28% é por volta de 30% menos resistente ao cisalhamento que aquela seca ao ar (OLIVEIRA, 2007).

A NBR 6230 da ABNT (1985), determina que para a avaliação qualitativa devem ser utilizados 48 corpos de prova, metade ensaiada na condição verde acima (de 30% de umidade) e a outra metade a 15% de teor de umidade.

### 2.3.6 Dureza Janka

De acordo com Oliveira (2007), dureza é a capacidade do material resistir à abrasão superficial, além de fornecer uma noção da resistência ao desgaste, este método também mede a resistência da madeira a penetração de ferramentas.

O método de determinação da dureza proposto por Janka, consiste na introdução de uma semi-esfera de aço, de 1 cm<sup>2</sup> de seção diametral até uma profundidade igual ao raio na face transversal e nas faces longitudinais, radial e tangencial.

Neste ensaio são utilizados 12 corpos de prova de dimensão 6,0 x 6,0 x 15,0 cm, sendo metade ensaiada acima de 30% e a outra a 15% de umidade.

## 2.4 Colagem da madeira

A utilização dos sistemas adesivos vem substituindo com o passar dos anos os sistemas de fixação mecânica em várias aplicações de interesse industrial madeireiro, isso devido às grandes vantagens para o setor, como a colagem de lâminas finas, madeira sólida ou partículas (CARNEIRO et al., 2007).

Segundo Carneiro et al. (2007), a utilização de adesivos na colagem pode contribuir para o aumento da estabilidade dimensional e diminuição da anisotropia da madeira, além disso, a linha de cola pode servir como barreira para a umidade, e outros materiais como plásticos ou metais podem ser unidos a madeira.

A formação de uma junta colada depende das ligações químicas e físicas desenvolvidas na linha de cola (CARNEIRO et. al., 2007). De acordo com Watai (1987), as principais teorias de adesão, de uma forma geral podem ser classificadas como, teoria mecânica, teoria da difusão de polímeros e teoria da adesão química.

A teoria da adesão mecânica parte de uma chave mecânica, ou ancoramento, do adesivo dentro de cavidades, poros e asperezas da superfície para ser o principal fator determinante da resistência adesiva, o adesivo flui e penetra a superfície da madeira através das cavidades celulares dos substratos o que levaria a formação de ganchos fortemente presos aos substratos após a solidificação destes (REMADE - Revista da Madeira, 2007; TIENNE, 2006).

Na teoria de adesão química esta se daria por meio de ligações primárias (iônicas, covalentes, coordenadas e metálicas) e, ou, pelas forças secundárias intermoleculares (força de Kaeson, Debye e London) (CARNEIRO et al. 2007).

Já teoria da difusão de polímeros, a adesão ocorre pela difusão de segmentos de cadeias de polímeros, a nível molecular, enquanto na teoria da adesão química, a adesão ocorre pelas ligações primárias (iônicas ou covalentes) e/ou forças secundárias intermoleculares (DIAS, 2005).

As madeiras de massa específica elevadas possuem um maior grau de dificuldade de adesão. Uma das razões é que este tipo de madeira possui menos espaços vazios, isto dificulta a penetração do adesivo, diminuindo assim o ancoramento feito pelo adesivo gerando um pequeno percentual da adesão mecânica (TIENNE, 2006).

A realização de uma colagem adequada e seu desempenho depende de uma série de fatores ligados ao adesivo, substrato (material a ser colado), procedimentos de colagem e as condições da matéria prima a ser colada (REMADE, 2007).

No processo de colagem de juntas de madeira é importante observar a formulação do adesivo e a quantidade de adesivo a ser aplicado em função da espécie, espessura da lâmina e área específica das partículas de madeira (DIAS, 2005).

As propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira possuem uma significativa influência na colagem, a variabilidade da densidade e porosidade, a presença de lenho inicial e tardio, cerne e alburno, lenho juvenil e lenho adulto, direção da grã são fatores que influenciam a colagem da madeira (CARNEIRO et al. 2007).

## **2.5 Durabilidade natural da madeira**

A madeira por ser um material orgânico está sujeita ao ataque de organismos biodeterioradores (fungos e insetos) e as espécies de madeira apresentam diferenças quanto a sua resistência biológica ou durabilidade natural ao ataque destes organismos (BRAZOLIN, 2007).

De acordo com Silva (2007), a madeira é degradada, pois, os agentes biológicos, reconhecem nos polímeros naturais da parede celular uma fonte de nutrição retirando dela, a energia necessária para a sua sobrevivência. Sob condições favoráveis de umidade e pH, a madeira torna-se suscetível ao ataque de organismos xilófagos (PAES et. al., 2007).

Segundo Brazolin (2007), o Brasil por possuir um clima tropical com média de temperatura de aproximadamente 25°C e grande biodiversidade, os processos naturais de biodeterioração ocorrem de maneira mais rápida.

Silva (2005) afirma que as madeiras mais resistentes à ação desses organismos são aquelas que possuem alta massa específica, por apresentarem uma estrutura mais fechada, de elevado teor de substâncias especiais, impregnando as paredes de suas células. De acordo com o mesmo autor, abundância de tecido parenquimático proporciona uma baixa durabilidade natural. Os principais organismos que utilizam a madeira como fonte de alimento são fungos, insetos e organismos marinhos.

### **2.5.1 Microrganismos xilófagos**

De acordo com Brazolin (2007), podem-se dividir os microrganismos que degradam a madeira em dois grandes grupos. O primeiro grupo é composto por organismos que não degradam a parede celular da madeira, composto por fungos manchadores e emboloradores. O segundo grupo é composto por organismos que degradam a parede celular da madeira, composto por bactérias, fungos de podridões mole, parda ou branca.

Os fungos emboloradores e manchadores alimentam-se de substâncias de fácil assimilação na madeira, não degradando a parede das células. De acordo com Brazolin (2007), economicamente o principal problema causado por este grupo de fungos na madeira é de ordem estética, uma vez que as propriedades mecânicas são pouco afetadas.

Os fungos causadores da podridão mole distinguem-se dos demais por atacar superficialmente a madeira, já os causadores da podridão parda despolimerizam a celulose, porém, afetam pouco a lignina, já os fungos de podridão branca deterioram lignina, celulose e hemiceluloses (ZIGLIO, 2010).

Os fungos causadores da podridão parda são capazes de degradar principalmente celulose e hemicelulose, ocasionando a perda de resistência com a madeira tendendo a colapsar parcialmente, ocorrendo também à formação de trincas, já fungos de podridão branca são capazes de degradar particularmente a lignina e ou celulose e hemicelulose, tornando a madeira esponjosa, fibrosa e laminada (JESUS, 2003).

### **2.5.2 Insetos xilófagos**

A madeira está sujeita ao ataque de insetos, desde a árvore viva até aquela em condições de serviço, os insetos a utilizam como fonte de alimento ou como fonte de substrato para reprodução ou moradia, sendo as principais ordens que a atacam a Isoptera (cupins), Coleoptera (brocas) e com menor importância Hymenoptera (Vespas e formigas) (TREVISAN, et al., 2008).

Os cupins, também denominados térmitas, são os insetos que constituem a ordem Isoptera. Atualmente com 2500 espécies descritas, apenas 10% delas são consideradas xilófagas (LELIS, 2000).

Os cupins são insetos sociais que vivem em colônias e de modo geral, as espécies que atacam a madeira podem ser divididos como cupins subterrâneos e de madeira seca (TREVISAN, et al., 2008).

Cupins subterrâneos são aqueles que desenvolvem sua colônia no solo, eles atingem o seu alimento por meio de túneis escavados no solo ou construídos sobre a sua superfície (BRAZOLIN, 2007).

Cupins de madeira seca formam sua colônia dentro da peça de madeira da qual se alimentam, a denominação cupins de madeira seca, vem do fato das peças de madeira atacada possuírem teores de umidade relativamente baixo (BRAZOLIN, 2007).

Os usuários da madeira conhecem as vantagens desse material, mas desconhecem ou negligenciam aspectos importantes da sua biodeterioração (LELIS, 2000).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do material

O material estudado foi procedente da madeira de *Casuarina equisetifolia* com idade de 16 anos, proveniente de um plantio da Empresa Florestal Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA S.A., situada no município de Belo Oriente no Vale do Rio Doce – Minas Gerais.

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM/CCA/UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro, Sul do Espírito Santo.

#### 3.2 Caracterização anatômica

A caracterização anatômica da madeira de *Casuarina equisetifolia* foi realizada pela descrição dos caracteres microscópicos. Para esta descrição seguiram-se recomendações da Comissão Pan-Americana de Normas Técnicas - COPANT (1974). Foi utilizada também a lista de características microscópicas para a identificação de madeira da Associação Internacional de Anatomistas de Madeira IAWA (1989).

Para a mensuração dos vasos e raios, corpos de prova foram retirados com dimensões de 1,0 x 1,5 x 2,0 cm, nas direções radiais, tangenciais e longitudinais, respectivamente. As amostras foram amolecidas em água a temperatura de ebulição, e fixadas em micrótomo de deslize para a obtenção de cortes histológicos com espessura variando de 18 a 20  $\mu\text{m}$  nos três planos de observação, e posterior montagem de lâminas temporárias, na solução de glicerina e água na proporção de 1:1.

Foram obtidas fotomicrografias das lâminas temporárias com o auxílio de uma câmera digital acoplada a um microscópio comum e as imagens foram avaliadas por meio de um sistema de análise de imagem provido do software Image Pro Express 6.0, sendo possível mensurar a frequência vascular ( $\text{n}^\circ/\text{mm}^2$ ) e diâmetro tangencial dos poros ( $\mu\text{m}$ ). Para os raios foi mensurado a altura ( $\mu\text{m}$  e  $\text{n}^\circ$  de células), largura ( $\mu\text{m}$  e  $\text{n}^\circ$  de células) e frequência de raios ( $\text{n}^\circ/\text{mm}$ ).

Para a mensuração das fibras, do plano radial das amostras foram obtidos cavacos, que posteriormente foram submetidas ao processo de maceração. Os cavacos foram transferidos para frascos de 25 mL contendo solução de ácido acético e peróxido de hidrogênio na proporção de 1:1, sendo posteriormente completamente lacrados e transferidos para estufa, mantidos a uma temperatura de 60°C, durante 48 horas, sendo este método proposto por Nicholls e Dadswel e descrito por Ramalho (1987).

Esgotada a solução macerante, a suspensão de células foi lavada em água destilada e colorida em safranina e lâminas histológicas foram montadas, com uso de água destilada e glicerina na proporção de 1:1. Foram obtidas fotomicrografias com uso de câmera digital, acoplada a um microscópio óptico simples e com o auxílio de um sistema de análises de imagem provido de software Image Pro Express 6.0, foi possível à mensuração das fibras.

Para mensuração das fibras foram seguidas recomendações da COPANT (1974), sendo mensurado comprimento, largura de fibra ( $\mu\text{m}$ ) e diâmetro de lume ( $\mu\text{m}$ ), com a espessura de parede determinada de forma indireta. A espessura da parede foi obtida diminuindo a largura da fibra pelo diâmetro do lume e dividindo o resultado da subtração por 2.

### **3.3 Teor de umidade e Massa específica aparente básica**

Para a determinação do teor de umidade foi utilizado o método gravimétrico, seguindo recomendações da NBR 6230 da ABNT (1985). O teor de umidade foi determinado para o controle dos ensaios físicos e mecânicos.

No ensaio da densidade foram utilizados 20 corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm, sendo esta última dimensão no sentido das fibras, para determinação da densidade básica.

O volume das amostras saturadas foi medido pelo método da balança hidrostática, preconizado pelo MB 26(1940) da ABNT. A massa das amostras foi determinada em uma balança de precisão de 0,01g.

A massa seca das amostras foi obtida pela medição da massa após os corpos de prova serem secos em estufa a uma temperatura de  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  e, para maior controle da secagem a perda de massa dos corpos de prova foi monitorada até obtenção de massa constante.

### 3.4 Retratibilidade

As deformações específicas foram consideradas como índice de estabilidade dimensional, determinadas para cada um dos planos de orientação, em função de suas dimensões, observadas quando a madeira se encontrava em estado de saturação (verde) e seca. Determinaram-se a contração volumétrica e contrações lineares nos sentidos longitudinal, radial e tangencial de acordo com recomendações da NBR 6230 da ABNT (1985).

Inicialmente 20 corpos de prova com dimensão de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm sendo esta última dimensão no sentido longitudinal das fibras, foram colocados em um dissecador com água acoplado em uma bomba de vácuo, onde permaneceram até estarem saturados.

As medidas nos sentidos radial e tangencial foram realizadas com micrômetro digital, de precisão de 0,001mm e no sentido longitudinal foi utilizado paquímetro digital com precisão de 0,01mm.

Para a medição da massa seca e das dimensões na condição seca, as amostras foram colocadas em estufa a uma temperatura de  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Para maior controle da secagem a perda de massa dos corpos de prova foi monitorada até permanecer constante. Ao final foi determinado o fator anisotrópico total da madeira, dividindo-se a contração tangencial média pela contração radial média.

### 3.6 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas determinadas foram à resistência à flexão estática, a compressão paralela às fibras, ao cisalhamento e dureza. Todas as propriedades mecânicas foram determinadas de acordo com a MB26 da ABNT de (1940). As amostras foram retiradas do pranchão central da tora. Os ensaios foram realizados apenas para a madeira seca ao ar. Nos ensaios de cisalhamento, flexão estática e compressão axial foram utilizados 40 corpos de prova em cada ensaio. Já no ensaio de dureza janka foram utilizados 20 corpos de prova.

Os ensaios de resistência mecânica foram realizados em máquina universal de ensaio com capacidade de 10 toneladas, com sistema de aquisição de dados automatizada.

Após a realização de cada ensaio, corpos de prova utilizados nos ensaios mecânicos, foram usados para determinação do teor de umidade.

### **3.7 Adesão da madeira**

Para a realização do ensaio de colagem, seguiram-se os procedimentos da norma da American Society for Testing and Materials D-905 (2008).

#### **3.7.1 Adesivos**

No ensaio de adesão foram utilizados 3 tipos de adesivos, sendo 2 termofixos (cura irreversível) (Cascophen RS-216-M e o Cascamite PL-2030) e um termoplástico (cura reversível) (Cascorez 2500), produzidos pela empresa Hexion™.

Para melhor visualização dos adesivos e avaliação da falha na linha de cola, foi adicionada à mistura, corante (anilina) verde para o Cascamite PL-2030 e para o Cascorez-2500, para o Cascophen RS-216-M não foi necessária à adição de corante, pois, este adesivo já possui coloração que permite a avaliação na linha de cola.

O Cascophen RS-216-M é uma resina a base de resorcinol- formaldeído, em solução álcool e água, recomendada para colagens resistentes à água fria ou fervente, a muitos solventes orgânicos, bolores, mofos e ao calor seco ou úmido. Pode ser utilizado na colagem de todos os tipos de madeira, chapas duras e outros materiais semelhantes, proporcionando uma união durável (Hexion™).

De acordo com as recomendações do fabricante foram adicionados 20% de catalisador para a secagem a frio, denominado Preparado Endurecedor FM-60-M (em pó) e 5% de álcool para melhorar a penetração da cola.

O Cascamite PL-2030 É uma resina sintética aquosa, à base de Uréia-formaldeído, indicada para colagem de madeiras em geral, folheações, chapas duras e fabricação de compensados, com características de baixa emissão de formol (Hexion™).

De acordo com as recomendações do fabricante, para a prensagem a frio foi adicionado Catalisador Preparado Endurecedor HLE-30, juntamente com um extensor a base de farinha de trigo. Foi utilizada a seguinte proporção: 100 partes de adesivo, 20 partes de farinha de trigo, 20 partes de água e 7 de catalisador.

O Cascorez 2500 é um adesivo de emulsão aquosa à base de acetato de polivinila (PVA), isentos de formaldeído que emprega água como diluente, indicado para colagem de artefatos de madeira, formulado para ser aplicado onde se queira alta resistência térmica e resistência à umidade, pelos processos de prensagem a frio, a quente e a alta frequência (Hexion™).

Seguindo as recomendações do fabricante foi utilizado para prensagem a frio 5% de catalisador denominado CL.

### 3.7.2 Ensaio de adesão

Para a formação das juntas, as dimensões das peças de madeira foram reduzidas para 30,0 x 6,0 x 2,0 cm (comprimento x largura x espessura). As peças foram pesadas e separadas aos pares com massas semelhantes, para posterior preparo das juntas e da face de colagem devidamente aplainada.

Foram aplicados 300 g/m<sup>2</sup> de adesivo em linha de cola dupla com auxílio de uma espátula. Após aproximadamente 15 minutos as juntas foram unidas e prensadas em máquina de universal de ensaio de 10 toneladas, por um período de seis horas a uma pressão de 1,18 MPa

Depois da prensagem das juntas foi estabelecido um período de 30 dias, de acordo com as recomendações do fabricante dos adesivos, para a correta cura do adesivo e posterior confecção dos corpos de prova, de acordo com a ASTM D-905 (2008). O ensaio de resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola foi realizado utilizando a máquina universal de ensaio de 10 toneladas. O corpo de prova utilizado no ensaio de adesão pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1 – Corpo de prova utilizado no ensaio de cisalhamento por compressão na linha de cola.

O desempenho da colagem foi avaliado tanto pela análise da resistência ao cisalhamento paralelo médio apresentado na linha de cola, como pelo percentual de falhas da madeira ocorrido nas juntas ASTM D-3110 (1994).

A análise da falha de cada corpo de prova foi realizada com o auxílio de uma malha quadriculada, com suas respectivas áreas delimitadas em porcentagem, que atribui valores à porcentagem de falhas na madeira, assim como descrito por Motta (2011).

### **3.8 Resistência natural da madeira**

#### **3.8.1 Ensaio com cupins subterrâneos**

O ensaio foi executado seguindo recomendações da ASTM D-3345 (2005), que padroniza o teste de resistência de madeiras ao ataque de cupins de solo. Para facilitar a coleta e montagem do experimento, foram utilizadas modificações propostas por PAES (1997).

A colônia utilizada no trabalho foi coletada nas proximidades do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, situado no município de Jerônimo Monteiro-ES.

O ensaio de alimentação forçada foi montado em frascos de 400 mL, preenchidos com 200g de areia esterilizada à temperatura de  $130 \pm 2$  °C, durante 48 horas. Após resfriados, foram adicionados 37 mL de água destilada para a correção da umidade, para que a mesma atingisse 75% da capacidade de retenção de água.

Para a avaliação da resistência da madeira a cupins subterrâneos em laboratório, foram utilizadas amostras de 2,54 x 2,54 x 0,64 cm com a última medida no sentido tangencial, que foram secos em estufa a temperatura de  $103 \pm 2$  °C, por 48 horas. Após esfriarem, as amostras foram pesadas para verificar a massa anidra das mesmas. Os corpos de prova foram transferidos para os frascos contendo areia esterilizada. Em cada frasco, foi introduzido um corpo de prova e  $1 \pm 0,05$ g do cupim de solo do gênero *Nasutitermes sp.* equivalente a aproximadamente 360 indivíduos, com proporção média de 88 % de operários e 12% de soldados.

Após a adição dos cupins, os frascos foram levemente tampados, a fim de permitir a circulação de ar nos mesmos. Para a realização deste ensaio foram utilizados 20 corpos de prova da madeira de *Casuarina equisetifolia* e 20 corpos de

prova da madeira de *Pinus sp.*, que serviram como padrão de comparação na avaliação do ensaio de alimentação forçada (Figura 2).



Figura 2 – Frascos com cupins utilizados no ensaio de alimentação forçada.

As amostras permaneceram em sala climatizada ( $27 \pm 2$  °C e  $60 \pm 5\%$  de umidade relativa), por 28 dias. Para avaliação da resistência natural, foram computados a perda de massa e o desgaste provocado pelos cupins nos corpos de prova segundo a (Tabela 1).

Tabela 1 - Avaliação do desgaste provocado pelos cupins subterrâneos nos corpos de prova

Tipos de Desgaste	Nota
Sadio, possuindo escairificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0

Fonte: ASTM D- 3345 (2005).

### 3.8.2 Ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório

Este ensaio foi realizado seguindo especificações da American Society for Testing and Materials - ASTM D – 2017 (2005). Foram utilizados corpos de prova de casuarina com dimensões de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm com a última dimensão no sentido longitudinal das fibras. Amostras de *Pinus sp.*, foram utilizadas para avaliação da perda de massa operacional.

O ensaio foi montado em frascos de vidro de 500 mL de capacidade, preenchido com 350g de solo. Após o preenchimento, o solo foi umedecido com água destilada, adicionados dois alimentadores de madeira de *Pinus* sp., e esterilizados a  $121 \pm 2$  °C, por 30 minutos.

Com os frascos resfriados, fragmentos obtidos de culturas puras do fungo *Postia placenta* foram inoculados sobre os alimentadores. Após o desenvolvimento e colonização do solo pelo fungo foram adicionados corpos de prova secos em estufa à temperatura de  $103 \pm 2$  °C, por 48 horas e posteriormente pesados. Os frascos ficaram em sala climatizada ( $27 \pm 2$  °C e  $60 \pm 5\%$ ) de umidade, durante o período de 12 semanas.

Em paralelo ao ensaio foram mantidos frascos com corpos de prova de *Pinus* sp. Assim garantiu-se que as perdas observadas foram, de fato, atribuídas ao ataque do fungo xilófago, e não a outros fatores operacionais.

Na Tabela 2, encontram-se transcritas as classes de resistência para madeira, utilizadas para a avaliação da resistência da madeira de *Casuarina equisetifolia* ao ataque do fungo apodrecedor, seguindo especificações da ASTM D – 2017 (2005).

Tabela 2 – Classes de resistência da madeira a fungos xilófagos

Classe de resistência %	Perda de Massa (%)	Massa Residual
Altamente resistente	0 – 10	90 – 100
Resistente	11 – 24	76 – 89
Resistência moderada	25 – 44	56 – 75
Não-resistente	$\geq 45$	$\leq 55$

Fonte: ASTM D-2017 (2005).

### 3.9 Análise estatística

A análise estática utilizada neste trabalho foi à estatística descritiva, foi calculado média, desvio padrão e coeficiente de variação. A estatística descritiva foi à escolhida, pois, o objetivo do trabalho foi quantificar os caracteres da madeira de casuarina.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características anatômicas

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios, máximos e mínimos, assim como o coeficiente de variação para a variação dos caracteres anatômicos microscópicos da madeira de *Casuarina equisetifolia*.

Tabela 3 - Caracteres anatômicos da madeira de *Casuarina equisetifolia*

Caracteres Anatômicos		Média	Máximo	Mínimo	CV (%)
Vasos	Diâmetro tangencial ( $\mu\text{m}$ )	97,96	141,73	34,65	25,09
	Frequência ( $\text{n}^\circ / \text{mm}^2$ )	10,42	26,00	4,00	41,70
Raios	Frequência ( $\text{n}^\circ / \text{mm}$ )	8,88	12,00	6,00	16,24
	Altura ( $\mu\text{m}$ )	281,35	549,63	92,93	35,96
	Altura ( $\text{n}^\circ$ de células)	21,76	39,00	6,00	36,07
	Largura ( $\mu\text{m}$ )	16,48	33,11	6,30	34,13
	Largura ( $\text{n}^\circ$ de células)	2,38	6,00	1,00	41,44
	Fibras	Comprimento ( $\mu\text{m}$ )	1153,24	1627,18	587,97
Largura ( $\mu\text{m}$ )		18,29	24,70	12,65	16,25
Diâmetro do lume ( $\mu\text{m}$ )		6,02	13,16	2,02	44,98
Espessura da parede ( $\mu\text{m}$ )		6,13	9,43	3,96	21,86

Para a classificação dos elementos vasculares de acordo com a COPANT (1974), pode-se observar que os elementos vasculares possuem diâmetro tangencial que varia de pequenos 34,65  $\mu\text{m}$  a médios 141,73  $\mu\text{m}$ , com predominância de poros pequenos 97,96  $\mu\text{m}$ . Os poros foram classificados como solitários, não estando obstruídos. Os valores de diâmetro médio dos vasos e frequência vascular apresentados, foram semelhantes aos encontrados por EL-Osta et al. (1981).

A frequência vascular média de 10,42 classifica a madeira de *Casuarina* como madeira de poros pouco numerosos, com uma variação de 4 a 26 poros por  $\text{mm}^2$ , possuindo frequência média de 10,42 poros por  $\text{mm}^2$ , como observado na Tabela 3.

Os raios da madeira de *Casuarina* foram classificados como baixos, com altura média de 281,35  $\mu\text{m}$ , sendo a altura mínima igual a 92,93  $\mu\text{m}$  e altura máxima de 549,63  $\mu\text{m}$ . A altura média em número de células foi de 21,76 células, variando de 6 a 39 células.

Os raios da madeira de *Casuarina equisetifolia* são finos, com largura média de 17,61  $\mu\text{m}$ , largura mínima de 6,30  $\mu\text{m}$  e largura máxima de 33,11  $\mu\text{m}$ . A largura dos raios em número de células variou de 1 a 6 células, com valor médio de 2,38 células. A frequência média dos raios foi de 8,88 raios por mm, classificando-a como poucos raios por mm.

O comprimento das fibras teve variação de 587,97 a 1627,18  $\mu\text{m}$ , com média de 1.153,24  $\mu\text{m}$ , classificando as fibras desta madeira como curtas. Em relação a largura das fibras, esta obteve média de 18,29  $\mu\text{m}$ , variando de 12,65 a 24,70  $\mu\text{m}$ . O comprimento e largura das fibras encontradas no trabalho foram maiores do que a observada por Mahomood (1993), que encontrou comprimento médio da fibra de 978,28  $\mu\text{m}$  e largura média de 14,81  $\mu\text{m}$ .

O diâmetro do lume obteve média de 6,02  $\mu\text{m}$ , mínimo de 2,02  $\mu\text{m}$  e máximo de 13,16  $\mu\text{m}$ . A espessura da parede das fibras foi de 6,13  $\mu\text{m}$ , ou seja, fibras muito espessas. A espessura da parede das fibras foi maior do que a encontrada por EL-Osta et. al. (1981), que encontraram espessura média de parede de 4,4  $\mu\text{m}$ . As fotomicrografias dos três planos anatômicos são apresentados na Figura 3.

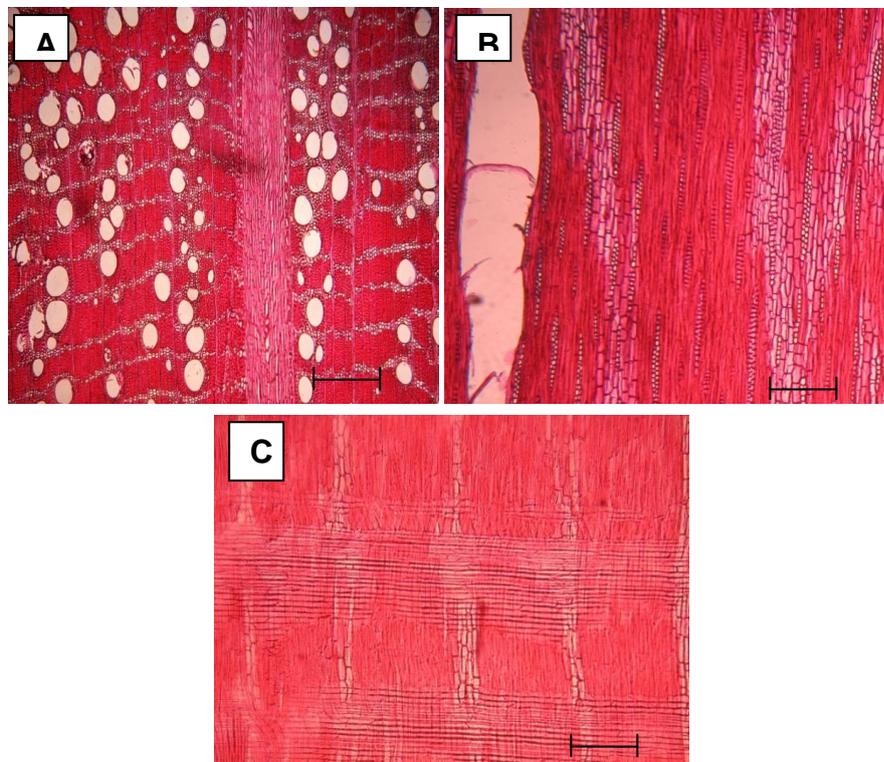


Figura 3 - Fotomicrografia do plano transversal (A), longitudinal tangencial (B) e longitudinal radial (C). Largura da barra = 100  $\mu\text{m}$ .

A madeira de casuarina possui raios que se destacam dos demais, podendo a altura destes ser visualizada em lupa de 10 aumentos, com as dimensões sendo apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Raios em agregados da madeira de *Casuarina equisetifolia*

Caracteres anatômicos		Média	Máximo	Mínimo	CV (%)
Raios em Agregados	Altura (mm)	9,33	10,00	8,00	12,37
	Altura (n° de células)	234,67	316,00	183,00	30,38
	Largura (µm)	372,00	417,00	327,00	17,11
	Largura (n° de células)	36,67	45,00	25,00	28,39

Estes raios que se diferenciam dos demais, possuem altura média de 9,33 mm o que os classificam como raios altos. A altura média em número de células foi de 234,67 células. A largura média dos raios foi de 372,00 µm, com 36,67 células. A fotomicrografia dos raios em agregados pode ser visualizada na figura 4.



Figura 4 – Fotomicrografia do plano longitudinal radial evidenciando raio alto e largo. Largura da barra = 100 µm.

## 4.2 Propriedades físicas

A madeira de *Casuarina equisetifolia*, apresentou densidade básica média de 0,70 g/cm<sup>3</sup>, de acordo com a COPANT (1974), este valor a classifica como madeira de média-alta densidade. A média-alta densidade encontrada no trabalho foi menor do que a encontrada por outros autores. Parrota (1993) em seu estudo encontrou a densidade básica da casuarina variando de 0,80 a 1,20 g/cm<sup>3</sup>, já Reys et al. (1992), obtiveram em sua pesquisa a densidade de 0,83 g/cm<sup>3</sup> para a madeira da casuarina.

Segundo Silva (2005), a densidade da madeira é uma complexa combinação dos seus constituintes internos. De acordo com Oliveira (2003), as variações da densidade dependem da variação dos vasos e da espessura da parede das fibras, em que o crescimento da densidade pode ser o resultado do aumento da espessura da parede celular das fibras.

A densidade da madeira varia na árvore na direção radial, ao longo do tronco e dentro do anel de crescimento, segundo o autor a causa desta variação pode ser explicada pelos aspectos genéticos, fisiológicos ou pela intensidade do manejo (ROQUE, 2005).

Portanto, a densidade básica da *Casuarina equisetifolia* apresentou densidade média, quando correlacionada à densidade básica com a espessura da parede das fibras, pode-se concluir que a espessura da parede das fibras possa ter contribuído para a média densidade básica da madeira encontrada no presente estudo. Na Tabela 5, encontram-se os valores médios para a densidade básica e retratibilidade.

Tabela 5 – Valores médios de densidade e retratibilidade

	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Densidade Básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,70	0,04	5,19
Contração Tangencial (%)	13,83	1,44	10,42
Contração Radial (%)	4,52	0,76	16,72
Contração Longitudinal (%)	1,02	0,66	64,28
Contração Volumétrica (%)	18,35	1,59	8,67
Coefficiente de Retratabilidade Volumétrica (%)	0,60	0,05	8,67
Fator Anisotrópico	3,15	0,62	19,63

Segundo Rodrigues et al. (2008), a retratibilidade é comumente utilizada como índice de qualidade da madeira. A retratibilidade está associada a defeitos da madeira como empenamentos e rachaduras nas peças de madeira serrada.

De acordo com Oliveira (1988), os valores obtidos para o fator de anisotropia podem variar de 1,3 para madeiras de elevada estabilidade dimensional, até valores acima de 3,0 para madeiras de elevada instabilidade dimensional.

A madeira de *Casuarina equisetifolia* apresentou neste estudo valor médio do fator anisotrópico igual a 3,15, o que de acordo com Oliveira (1988) a caracteriza como sendo uma madeira de elevada instabilidade dimensional, o que pode limitar o seu uso em alguns segmentos madeireiros.

Segundo Oliveira et al. (2010), o conhecimento das variações lineares nas direções transversal e longitudinal é mais importante do que avaliar retratibilidade volumétrica. De acordo com os autores a retratibilidade na direção longitudinal não é preocupante, uma vez que seus valores são muito pequenos, ou menos de 1% para madeiras normais.

A madeira de casuarina apresentou valor médio de retratibilidade de 1,02% na direção longitudinal, sendo a variação nesta direção menor do que nas outras direções.

A contração observada foi maior do que a encontrada por Chowdhury et al. (2006), com valores médios para a retratibilidade tangencial, radial e longitudinal de 10; 5,3; 0,4 %, respectivamente.

### **4.3 Propriedades mecânicas da madeira**

Para a classificação das propriedades mecânicas da casuarina, foi utilizado à tabela de classificação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - IBAMA. Os valores médios das propriedades mecânicas da madeira de *Casuarina equisetifolia* a 12 % de umidade são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Propriedades mecânicas da madeira de *Casuarina equisetifolia* a 12% de umidade

Propriedades		
Flexão Estática	MOR (MPa)	137 (15,35)* (11,21)**
	MOE (MPa)	12964 (1540,82) (11,19)
	Trabalho (J)	21 (6,98) (32,63)
Compressão Axial	Compressão (MPa)	75 (7,00) (0,09)
Cisalhamento	Cisalhamento (MPa)	17 (2,79) (0,17)
Dureza Janka	Paralela as fibras (Mpa)	88 (6,12) (0,07)
	Média (tangencial/radial) (MPa)	77 (17,86) (0,24)

\*Desvio Padrão \*\* Coeficiente de variação em (%).

A madeira de *Casuarina* apresentou os seguintes valores para o MOR e MOE respectivamente 137 e 12964 MPa respectivamente. Esses valores classificam a madeira de *Casuarina equisetifolia* como sendo de alta resistência a flexão estática.

A compressão média foi de 75 Mpa. O resultado da compressão paralela obtido na pesquisa qualifica a madeira de casuarina como sendo de alta resistência a compressão.

A resistência ao cisalhamento obtido no estudo pela madeira de casuarina foi de 17 MPa, o que a qualifica como madeira de alta resistência ao cisalhamento.

O resultado da dureza axial e transversal obtido no ensaio foi de 88 e 77MPa respectivamente, o que a qualifica como madeira de dureza média no sentido transversal e madeira de alta dureza no sentido axial.

#### 4.4 Colagem da madeira

Encontram-se na Tabela 7, os valores médios da resistência ao cisalhamento na linha de cola, assim como o desvio padrão e coeficiente de variação dos mesmos.

Tabela 7 - Valores da resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola e percentual de falha na linha de cola da madeira

Adesivo	Resistência ao cisalhamento	Falha na madeira
	Kgf/cm <sup>2</sup>	(%)
Resorcinol-formaldeído	180	60
Uréia-formaldeído	161	21
PVA	124	52

Analisando a Tabela 7, pode-se afirmar que o adesivo a base de resorcinol-formaldeído obteve o melhor resultado e o adesivo que obteve a menor resistência ao cisalhamento foi aquele a base de Uréia-Formaldeído.

Quanto à falha na madeira, as juntas unidas com o resorcinol-formaldeído apresentaram maior percentual de falha na madeira. O adesivo que apresentou menor porcentagem de falha na madeira foi o PVA.

O único adesivo que atendeu o que é exigido pela ASTM D-3110 (ASTM, 1994) que exige um valor de falha na madeira acima de 60% foi o resorcinol-formaldeído, que apresentou valor médio de falha na madeira próximo aos 60%.

Quando se compara a resistência ao cisalhamento da madeira de 17 MPa, aos resultados da Tabela 7 para a resistência ao cisalhamento na linha de cola pode-se observar que o resorcinol apresentou valor maior 17 MPa. O PVA apresentou valor médio da resistência ao cisalhamento na linha de cola de 16 MPa, valor próximo ao da madeira sólida, já a uréia apresentou valor inferior ao da madeira sólida.

De acordo com Burguer & Richter (1991), a presença de substâncias obstrutoras como tiloses e gomas-resinas, podem influenciar negativamente a adesão de juntas coladas.

#### 4.5 Durabilidade natural da madeira

Na Tabela 8 encontram-se os valores médios da perda de massa, mortalidade, desgaste e tempo de dias necessários para a morte dos cupins subterrâneos no ensaio de alimentação forçada em laboratório, para a madeira de casuarina e de pinus.

Tabela 8 – Perda de massa, desgaste, mortalidade tempo para a morte dos cupins do ensaio de alimentação forçada

Madeira	Perda de Massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (nota)	Tempo (dias)
<i>Casuarina</i>	4,39	90	9,00	12
<i>Pinus sp</i>	4,70	100	9,19	10

Pode-se observar na Tabela 8 que a madeira de *Pinus sp.*, utilizada como padrão de comparação sofreu uma baixa perda de massa 4,70%, desgaste (nota) de 9,19 e causou mortalidade de 100% dos cupins, isso indica que cupins subterrâneos utilizados no trabalho não tinham o hábito de se alimentarem de madeira de pinus. Os cupins são muito seletivos na sua dieta, eles não atacam espécies com a qual tem pouco contato (PAES et al., 2010).

Pode-se observar a alta mortalidade dos cupins tanto para a madeira de casuarina quanto para o pinus, sendo superior a 90% para a madeira de casuarina e 100% para a madeira de pinus. O tempo necessário para a morte dos cupins foi considerado curto.

Quanto ao desgaste, a madeira de pinus foi pouco atacada tendo recebido nota média de 9,19, o que caracteriza o ataque dos cupins como superficial. A casuarina recebeu nota 9,00, o que caracteriza o ataque dos cupins como sendo superficial, o tempo necessário para a morte dos cupins foi de 12 dias.

Na Tabela 9 encontram-se os valores médios da perda de massa para o ensaio de apodrecimento acelerado. A madeira de Casuarina apresentou uma perda média de massa de 12,39, o que a caracteriza como uma madeira resistente ao ataque de fungos apodrecedores de acordo com a ASTM D-2017 (2005).

Tabela 9 – Valores médios para o ensaio de apodrecimento acelerado.

	Perda de Massa (%)
<i>Casuarina</i>	12,39
<i>Pinus sp.</i>	48,93

A madeira de pinus apresentou perda de massa de 48,93, o que a caracteriza como sendo uma madeira pouco resistente ao ataque de fungos. A alta perda de massa do pinus no ensaio de apodrecimento acelerado indica que a madeira de pinus utilizada para a confecção dos corpos de prova não continham agentes preservantes.

## 5 CONCLUSÕES

Quanto à descrição das características microscópicas da madeira de *Casuarina equisetifolia*, observou-se que a mesma possui predominantemente vasos com diâmetro pequeno e poros pouco numerosos. Os raios da madeira foram classificados como baixos e finos, apresentando poucos raios por mm. A casuarina possui fibras de paredes espessas, o que pode ser uma explicação para os bons resultados dos ensaios mecânicos. Deve-se destacar os raios em agregados, no entanto deve-se salientar que estes raios não são tão frequentes.

Quanto às propriedades físicas da madeira, constatou-se que a mesma possui densidade básica média, estabilidade dimensional baixa, com altos valores de contração volumétrica e anisotropia de contração. O valor do fator de anisotropia da casuarina pode impossibilitar o seu uso em alguns segmentos da indústria de madeireira, como no caso do segmento moveleiro, civil, de pisos. No entanto apesar do elevado valor do fator de anisotropia a madeira de casuarina apresentou valores de resistência mecânica considera alta.

Quanto à adesão, a maior resistência ao cisalhamento na linha de cola foi do adesivo a base de resorcinol-formaldeído que também apresentou a maior porcentagem de falha na madeira, sendo indicado como o melhor adesivo para a colagem da madeira de casuarina. O adesivo a base de ureia-formaldeído foi o que apresentou menor resistência ao cisalhamento por compressão na linha de cola. Pelo menos para dois adesivos a colagem foi considerada insatisfatória no que se diz respeito ao percentual de falha na madeira.

Quanto à resistência natural da madeira, esta apresenta alta resistência ao ataque de cupins de solo e fungos apodrecedores.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Colagem varia de acordo com as propriedades da madeira. **Revista da madeira**. n. 88. 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM. Standard specification for adhesives used in nonstructural glued lumber products. ASTM D-3110. **Annual book of A.S.T.M.** Standards, v.12.06, p.184-192, 1994.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM D-3345: **Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods**. Philadelphia, 2005.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM D-905. Standard Test method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression loading. **Annual Book of A.S.T.M.** Standards, 2008. 5 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM D-2017: **Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods**. Philadelphia, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. MB-26/40: **Ensaio físicos e mecânicos da madeira**. Rio de Janeiro, 1940. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 71/90: **Projeto em estruturas de madeira**. Projeto de revisão NBR 7190. Rio de Janeiro, 1997.107 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6230: **Metodos de ensaio para madeiras**. Projeto de revisão. Rio de Janeiro, 1985. 89 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS-ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, DF. 150 p, 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

BURGER, L. M; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p. 1991.

BRAZOLIN, S. Biodeterioração e preservação da madeira. In. OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: Aquarius, 2007. p. 343-365.

CHIMELO, J. Anatomia e propriedades gerais da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: Aquarius, 2007. p. 107-124.

CHIMELO, J. P. **Development of a probability based computerized characterization system for identification and for properties prediction of**

**selected tropical hardwoods.** Blacksburg, 1980. 206 f. Tese (Ph.D.) – Virginia Polytechnic Institute and State University.

CHOWDHURY, MD. Q.; RASHID, A. Z. M.; NEWAZ, MD. S.; ALAM, M. Effects of height on physical properties of wood of jhau (*Casuarina equisetifolia*). **Australian Forestry.** v. 70, n. 1, p. 33-36, 2007.

CARNEIRO, A. C.O; VITAL, B. R. PEREIRA, F. A. Adesivos e sua importância na indústria madeireira In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II.** Vitória: Aquarius, 2007. p. 129-163.

Comission Panamericana de Normas Técnicas – COPANT. **Descripción de Características Generales, Macroscópicas de Las Maderas Angiospermas Dicotiledóneas.** COPANT, v.30, p, 1-19, 1974.

DIAS, F. M. **Aplicação de resina poliuretana a base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada.** São Carlos. 2005. 178 f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

DUNLEY, B. S. **Avaliação de dois padrões de colonização da Casuarina equisetifolia L. (Casuarinales: Casuarinaceae).** 2004. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Formação Profissional em Ciências Ambientais. Arraial do Cabo, RJ. 2004.

EL-OSTA, M. L. M.; EL-LAKANY, H.; MEGAHED, M. M. **Anatomical characteristics of some Casuarina species grown in Egypt.** IAWA Buletins n.s., v. 2 (2-3), University Alexandria, 1981.

FERREIRA, M. G. R. F. **Potencialidade da utilização da Casuarina equisetifolia em reflorestamento.** Embrapa Rondônia. Disponível em: <<http://www.fazendeiro.com.br/Cietec/artigos/ArtigosTexto.asp?Codigo=354>>. Acesso em: 14 mar. 2012.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M.; SARTÓRIO, S. C. Estudos de algumas propriedades mecânicas da Madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p. 501-509, 2009.

GONÇALVES, T. A. P. **Contribuição ao conhecimento da anatomia da madeira das famílias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Apocynaceae e Araliaceae, através de amostras carbonizadas do lenho de espécies brasileiras.** Seropédica. 2006. 116 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

IAWA Committe. **IAWA list of microscopic feature for hardwood identificacion.** IAWA Bulletin, v.10, n.3, p. 219-332, 1989.

**Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos renováveis – IBAMA.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa>>. Acesso em: 31 maio 2012.

JESUS, M. A. **Efeito dos estratos obtidos de *Swartzia argentea* Spruce ex BENTH., *S. laevicarpa* AMSHOFF, *S. panacoco* (ABULET) COWAN, *S. polyphyla* DC. E DE *S. sericea* Vogel da Amazônia central sobre fungos degradadores de madeira.** 2003. 106 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

LEAL, A. C. **Avaliação de espécies florestais para arborização de cafeeiros no norte do Paraná: Efeitos na produtividade e na proteção contra geadas de radiação.** 2004. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

LELIS, A. T. Insetos deterioradores de madeira no meio urbano. In: SIMPOSIO DO CONE SUL SOBRE MANEJO DE PRAGAS E DOENÇAS DE PINUS. São Paulo, 1., 2000. **Anais...** São Paulo: IPEF, 2000. p. 81-90. Série Técnica, v.13, n. 33.

LOBÃO, M. S.; DELLA LUCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeirada de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p. 889-894, 2004.

MAHOMOOD, A. **Suitability of *Casuarina equisetifolia* wood for pulp and paper industry in Pakistan.** Pak. J. Bot., v.25, n.2, p.179-182, 1993.

MESKAU, R. **Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Morus nigra* e potenciais aptidões de uso.** 2010. 59 f. monografia (Pós Graduação em Gestão da Indústria moveleira) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MOTTA, J. P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L. F. Proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais.** 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

OLIVEIRA, J. T. S. **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira de pindaíba (*Xylopia sericea* St. Hill.).** 1988. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro.** Vitória: Aquarius, p. 129-163, 2007.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* SM. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p. 381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO, M. FILHO.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.5, p. 929-936, 2010.

OLIVEIRA, A. S. **Anatomia da madeira de quatro espécies da subtribo Bacharinae Lessing (Asteraceae)**. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

OLIVEIRA, J. G. L. **Propriedades anatômicas da madeira de dois clones de eucalipto implantados em diferentes localidades**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2009.

PAES, J. B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal em suas propriedades preservativas**. 1997. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PAES, J. B.; FONSÊCA, C. M. B.; LIMA, C. R.; SOUZA, A.D. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v.16, n.2, p. 217-225, 2010.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de madeiras a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Ciência Agrária**, Belém, n.47, p. 199-210, 2007.

PARROTA, J. A. **Casuarina equisetifolia**. International Institute Of tropical Forestry, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Rio Piedras, 1993.

PIZZOL, V. D. **Secagem natural de *Eucalyptus grandis* sob dois ambientes de exposição**. 2010. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. 2010.

PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DE MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA. São Paulo, 1995. **Anais...** Piracicaba, São Paulo: IPEF, 1995. p. 50-58.

RAMALHO, R. S.O **uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 4p.

ROQUE, R. A. M. **Variação da anatomia e da densidade básica de *Gmelina arborea* (Roxb.), em diferentes condições de clima e manejo na Costa Rica**. 2005. 202 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais, com opção em Tecnologia de Produtos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

RODRIGUES, E. A. C; ROSADO, S. C. S; TRUGUILHO, P. F; SANTOS, A. M. Seleção de clones de *Eucalyptus* para as propriedades da madeira avaliada em árvores no campo. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 147-152, 2008.

REYS, G.; BROWN, S.; CHAMPMAN, J.; LUGO, A. E. **Wood densities of tropical tree species**. New Orleans, Louisiana: United States Department of Agriculture. 1992.

REMADE – REVISTA DA MADEIRA. Retratibilidade da madeira. **Revista da Madeira**. n, 59. 2001. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=26&subject=Retratibilidade&title=A%20Retratibilidade%20da%20Madeira](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=26&subject=Retratibilidade&title=A%20Retratibilidade%20da%20Madeira)>. Acesso em: 11 jun. 2012.

REMADE – REVISTA DA MADEIRA. Pinus e Eucalyptus para a produção de painéis. **Revista da madeira**. n, 103. 2007. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1054&subject=Pain%20e%20eucalipto%20para%20produ%20de%20pain%20](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1054&subject=Pain%20e%20eucalipto%20para%20produ%20de%20pain%20)>. Acesso em: 12 jun. 2012.

SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa, MG. 2005. 140 p.

REMADE – REVISTA DA MADEIRA. Madeira preservada e seus conceitos. **Revista da Madeira**. n. 103. 2007. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1061&subject=Preservantes&title=Madeira%20preservada%20e%20seus%20conceitos](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1061&subject=Preservantes&title=Madeira%20preservada%20e%20seus%20conceitos)>. Acesso em 14 jun. 2012.

SOUSA, L. C. **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influencia na produção de polpa celulósica**. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS – SNIF. **As Florestas Plantadas**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

TEIXEIRA, B. M. R. **Variabilidade radial e longitudinal de propriedades de madeira de Angico-Vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng.)**. 2008. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

TRUGILHO, P. F; LIMA, J. T; MENDES, L. M. Influencia da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus Saligna. **Cerne**, Lavras, v. 2, n.1, p. 1-15, 1996.

TREVISAN, H; MARQUES, F. M. T; CARVALHO, A. G. DE. Degradação natural de toras de madeira de espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, p. 33-41, 2008.

TIENNE, D. L. C. **Qualidade da adesão de juntas coladas expostas a condição de serviço externo e interno**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

WATAI, L. T. **Painéis derivados da madeira**. São Paulo. Associação Brasileira de Painéis de Madeira – ABPM. n. 52, 1987.

WHISTLER, A. W.; ELEVITCH, C. R. **Species Profiles For Pacific Island Agroforestry**. *Casuarina equisetifolia* (Beach She-Oak), *C. cunninghamiana* (river She-Oak). Disponível em: <<http://www.traditionaltree.org/>>. Acesso em: 01 jun. 2012.

ZIGLIO, A. C. **Uso da capsaicina como preservante de madeiras ao ataque de fungos apodrecedores**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.