

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

FELIPE RIBEIRO SPELTZ

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE *Eucalyptus saligna* Smith  
e *Eucalyptus dunnii* Maiden PARA PRODUÇÃO DE DORMENTES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2015

**FELIPE RIBEIRO SPELTZ**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE *Eucalyptus saligna* Smith  
e *Eucalyptus dunnii* Maiden PARA PRODUÇÃO DE DORMENTES**

Trabalho apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Florestal, Campus Dois Vizinhos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ms Cilene Cristina Borges

**DOIS VIZINHOS**

**2015**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Dois Vizinhos  
Curso de Engenharia Florestal



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus dunnii* Maiden PARA PRODUÇÃO DE DORMENTES.

por

Felipe Ribeiro Speltz

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 06 de Fevereiro de 2015, 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. Ms. Cilene Cristina Borges  
Orientadora

---

Prof. Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. Flávia Alves Pereira  
Membro titular (UTFPR)

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

S743a Speltz, Felipe Ribeiro.  
Avaliação do potencial de uso de Eucalyptus saligna Smith e Eucalyptus dunnii Maiden para produção de dormentes / Felipe Ribeiro Speltz – Dois Vizinhos :[s.n], 2015.  
40f.:il.

Orientadora: Cilene Cristina Borges  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2015.  
Bibliografia p.37-40

1.Eucalipto. 2.Ferrovias- dormentes I.Borges,Cilene Cristina, orient. II.Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos. III.Título

CDD: 634.97

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos

A memória de meu eterno amigo Roberto Ribeiro (*in memoriam*)

DEDICO...

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela dádiva de vida, benção e proteção.

Aos meus pais Marcos e Paula, pelo total apoio emocional, espiritual e financeiro. Aos meus irmãos Gabriel e Ana Paula que de alguma forma contribuíram com a minha formação pessoal.

Aos meus familiares que me incentivaram a seguir a profissão e lutar pelo meu sucesso.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Florestal, que nas horas de necessidade sempre estiveram ao meu lado.

A minha amiga e namorada Luma Stenger, que compartilhou todos os momentos de dificuldades e alegrias nas horas que mais foi preciso.

Aos professores, que de alguma forma contribuíram para a minha formação durante a jornada acadêmica.

Gostaria de deixar registrado também minha admiração aos professores que fundaram o curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Dois Vizinhos, o Dr. Marcos Aurélio Mathias de Souza, Dr. Fernando Campanhã Bechara e o Dr. Eleandro José Brun.

A todos os colaboradores do *campus*, que direta ou indiretamente contribuem para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Tunico e Darlan, que sempre se dispuseram a nos atender nas horas que mais necessitamos.

Aos amigos que estiveram ao meu lado na fundação e consolidação da Associação Atlética Acadêmica do campus de Dois Vizinhos, nos desafios e conquistas que galgamos ao longo dessa jornada.

A oportunidade ímpar de participar da Comissão Eleitoral do curso de Engenharia Florestal na criação do Centro Acadêmico Sebastião do Amaral Machado.

A minha orientadora e amiga Ms. Cilene Cristina Borges, que soube com maestria, conduzir essa pesquisa nos momentos em que mais precisei do seu apoio.

## RESUMO

SPELTZ, Felipe Ribeiro. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DE *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus dunnii* Maiden PARA PRODUÇÃO DE DORMENTES.** 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

Desde o início da história ferroviária, há mais de 150 anos, a via permanente das estradas de ferro, tem sido construída com a utilização de dormentes produzidos de madeira. O dormente é o principal elemento que constitui a estrada de ferro. Ao longo do tempo sua edificação vem sendo continuamente melhorada e adaptada ao aumento das ações dos eixos, das velocidades dos veículos juntamente a durabilidade dos dormentes. Em 2012 foi anunciado pelo governo um pacote econômico para construção de 10 mil quilômetros de novas ferrovias no Brasil no valor de R\$133 bilhões. O *Eucalyptus* tem respondido satisfatoriamente quando utilizado com essa finalidade, apesar de apresentar alguns limitantes como a forte tendência ao fendilhamento e rachadura, tanto quanto lavrado ou serrado, além da baixa durabilidade. Desta forma o presente estudo teve o objetivo de avaliar o potencial de uso das espécies *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* para produção de dormentes de estrada de ferro, avaliando o rendimento do processo produtivo através do levantamento dos defeitos apresentados durante a etapa de secagem. A espécie que apresentou maior taxa de rendimento foi o *Eucalyptus saligna*, com (87,46%) contra (81,75%) do *Eucalyptus dunnii* após a secagem, conseqüentemente menor incidência de defeitos. Ambas as espécies se mostraram aptas a dormentação, pois não se diferenciaram estatisticamente no teste de comparação de médias. O defeito que apresentou maior porcentagem de incidência foi o fendilhamento de topo, com mais de 50% dos defeitos apresentados nas duas espécies. Destaca-se necessário um melhor controle dos teores de umidade durante a secagem, a fim de mitigar os seus efeitos. Aumentando assim a produtividade e minimizando o custo de produção, proporcionando maior margem de lucro para empresa.

**Palavras-chave:** Dormentes. *Eucalyptus*. Defeitos de secagem. Ferrovia.

## ABSTRACT

SPELTZ, Felipe Ribeiro. **ASSESSMENT OF THE POTENTIAL TO USE *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus dunnii* Maiden FOR PRODUCTION OF RAILWAY SLEEPERS.** 42 p. Final course work (graduate in Forestry Engineer) - University Federal Technologic of Paraná. Dois Vizinhos, 2015.

Since the early railway history for over 150 years, permanent way of railways, has been built with the use of sleepers made of wood. The sleeper is the main element that is the railroad. Over time a structure has been constantly improved and adapted to the increase in the Q axis, the speeds of the vehicles along the durability of the sleepers. In 2012 it was announced by the government an economic package for the construction of 10,000 kilometers of new railways in Brazil in the amount of R\$ 133 billion. Eucalyptus has responded satisfactorily when used for this purpose, despite having some limiting as the strong tendency to cracking and splitting, as drawn up or sawn, and the low durability. Thus, the present study was to evaluate the potential use of the species *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus dunnii* for production of railroad ties, assessing the performance of the production process through the increase of defects presented during the drying step. The species with the highest rate of return was the *Eucalyptus saligna*, with (87.46%) against (81.75%) of *Eucalyptus dunnii* after drying hence lower incidence of defects. Both species were able to made railways, therefore did not differ statistically in the mean comparison test. The defect with the highest percentage of incidence was the top of cracking, with over 50% of the defects in the two species. Highlights a need for better control of moisture content during drying in order to mitigate their effects. Thereby increasing productivity and minimizing the cost of production, providing higher profit margin for the company.

**Keywords:** Sleepers. *Eucalyptus*. Drying defects. Railroad



## SUMÁRIO

<b>1-INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2-OBJETIVO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 Objetivos Específicos</b> .....	<b>20</b>
<b>3-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1-<i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2-<i>Eucalyptus saligna</i> Smith</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3-Características da Madeira para Produção de Dormentes</b> .....	<b>22</b>
3.3.1 Massa específica.....	23
3.3.2 Dureza.....	23
3.3.3 Módulo de elasticidade.....	23
3.3.4 Flexão dinâmica (choque) .....	23
3.3.5 Fendilhamento .....	24
3.3.6 Contração e inchamento volumétrico .....	24
<b>3.4-Rendimento</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5-Defeitos de secagem</b> .....	<b>25</b>
<b>4-MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1-Local de Coleta do Material</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2-Amostragem e Coleta do Material</b> .....	<b>27</b>
<b>4.3-Usinagem e Dimensionamento dos Dormentes</b> .....	<b>27</b>
<b>4.4-Dispositivo Contendor de Rachaduras</b> .....	<b>29</b>
<b>4.4-Secagem</b> .....	<b>29</b>
<b>4.5-Avaliação <i>in natura</i> dos Defeitos e Rendimento</b> .....	<b>30</b>
<b>4.6-Análise Estatística</b> .....	<b>34</b>
<b>5-RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1-Rendimento Total dos Lotes</b> .....	<b>35</b>
<b>5.2-Composição dos Defeitos Encontrados</b> .....	<b>37</b>
<b>5.3-Distribuição dos Defeitos Encontrados</b> .....	<b>39</b>
<b>5.4-Análise do Teor de Umidade</b> .....	<b>42</b>
<b>6-CONCLUSÕES</b> .....	<b>44</b>
<b>7-CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>45</b>
<b>8-REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>

## 1-INTRODUÇÃO

Com a necessidade de expandir territorialmente em meados do século XX, aliada a forte pressão das grandes empresas para produzir cada vez mais a um custo cada vez menor, o Brasil passou por um período de intenso movimento industrial e de abertura de fronteiras no sentido Oeste do país. Este processo gerou grandes áreas de desmatamento, a fim de atender à necessidade de suprir as indústrias que necessitavam de madeira como matéria prima. Esta era usada como carvão, madeira estrutural, lenha, postes, dormentes entre outros.

Com isso, houve uma escassez de madeira nativa, que vem sendo suprida nos dias de hoje com a introdução de espécies exóticas, como o *Eucalyptus*. Este é amplamente difundido por todo o território nacional. Além de possuir características de desenvolvimento e adaptação edafoclimáticas, superando as nativas, o Eucalipto possui boa resistência e durabilidade.

Desde o início da história ferroviária, há mais de 150 anos, a via permanente das estradas de ferro, tem sido construída com a utilização de dormentes. Este elemento ocupa posição fundamental na superestrutura das vias ferroviárias com funções de suportar os trilhos, manter o eixo da via constante, além de transmitir ao lastro as ações dos eixos dos veículos.

Esses requisitos fazem com que seja necessário que o dormente possua uma elevada resistência, refletindo em uma grande rigidez. Concomitante a necessidade de possuir determinado nível de elasticidade, o dormente deve ser capaz de suportar altíssimas forças por ação dos trilhos (BASTOS, 1999, p.2).

O transporte ferroviário brasileiro teve seu início com Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, que recebeu a primeira concessão para construir e explorar um trecho ferroviário no Brasil. A Imperial Companhia de Navegação e Estrada de Ferro Petrópolis foi inaugurada em 1854, ia até o Porto Mauá na cidade do Rio de Janeiro (COLENCI, 2006, p. 6).

Ao longo desse tempo, a construção de novas linhas vem sendo continuamente melhorada e adaptada ao aumento das ações dos eixos e das velocidades dos veículos. Nesse período, rocha, madeira, ferro e outros materiais foram testados nos dormentes, porém o que mais se mostrou eficaz, foi o de madeira.

Inicialmente, apenas madeiras nativas foram utilizadas, mas com a escassez, ou possibilidade de uso com maior valor agregado, houve a introdução das primeiras espécies exóticas no Brasil. De acordo com Júnior e Lopes (2011, p.1), o eucalipto (*Eucalyptus* sp) foi introduzido no Brasil em 1904, tendo por objetivo suprir as necessidades de lenha, postes e dormentes das estradas de ferro na região Sudeste. O precursor foi Edmundo Navarro de Andrade, na época responsável pelos plantios da espécie, sendo ele pioneiro na introdução e pesquisas no país enquanto trabalhava na Companhia de Estradas de Ferro de São Paulo.

Atualmente, foi anunciado um pacote econômico do governo que concede à iniciativa privada a operação de estradas e ferrovias pelo Brasil, onde serão investidos R\$ 133 bilhões, incluindo a construção de 10 mil quilômetros de estradas de ferro. O dormente é um dos componentes estruturais mais importantes na construção de ferrovias, com a função de receber esforços produzidos pelos veículos ferroviários, amortecer parcialmente as vibrações, transmiti-las ao lastro e manter invariável a distância entre os trilhos ou bitola (ICIMOTO, 2013, p.13).

Os dormentes de madeira produzidos de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, através NBR 7511/05, apresentam durabilidade média de 15 anos, podendo ter sua vida útil prolongada por meio de manutenções e cuidados preventivos (ABNT NBR 7511:2005, 12 p.).

Segundo Rocha (2003, p.6), as companhias de estradas de ferro brasileiras utilizam dormentes de madeira em suas vias permanentes. Mais de 80% da malha ferroviária brasileira está operando com a utilização de dormentes de madeira e a utilização de material proveniente de reflorestamento vem se tornando uma opção cada vez mais frequente. Isso se deve aos custos atraentes e da disponibilidade.

Icimoto, (2013, p.41), relata que entre os países com mais ferrovias no mundo, o Brasil ocupa a 17ª colocação, ao classificá-los por densidade da malha ferroviária (km de ferrovias/1000 km² de terras). Em km de ferrovias, dentre os países que fazem parte do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do sul), nosso país só fica a frente da África do Sul com 40% a mais de ferrovias, contudo o Brasil é praticamente 7 vezes maior em área. A Rússia tem 3 vezes mais km de ferrovias e o dobro de área. O Canadá tem 60% mais de estradas de ferro e praticamente a mesma área. Já a Índia tem mais que o dobro de quilômetros de ferrovias que o Brasil sendo 3 vezes menor em área

Ainda de acordo com Rocha (2003, p. 6) o gênero *Eucalyptus* tem respondido satisfatoriamente quando utilizado com essa finalidade, apesar de apresentar alguns limitantes como a forte tendência ao fendilhamento do topo. Tanto lavrado quanto serrado, é baixa a durabilidade em relação a outras espécies de uso consagrado em dormentação como o Ipê (*Tabebuia* sp), Aroeira (*Astronium urundeuva*), Sucupira (*Ferreira spectabilis*); Canela Preta (*Nectandra mollis*), Jatobá Roxo (*Hymenaea stilbocarpa*), Angico Preto (*Piptadenia macrocarpa*), Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*), entre outras nativas.

O mesmo autor relata ainda que os problemas incidentes devido ao uso de espécies de reflorestamento vêm sendo minimizados. Isso porque existe o emprego de técnicas adequadas para o corte e secagem dessa madeira, bem como a utilização de espécies menos susceptíveis ao fendilhamento.

De acordo com pesquisa feita por Colenci (2006, p.75) sobre dureza nos testes de ensaio para produção de dormentes, verificou-se que a espécie *Eucalyptus saligna*, possuiu densidade média de  $0,87 \text{ g/cm}^3$ , sendo uma espécie apta a dormentação, uma vez que a dureza é uma das características desejáveis.

Existem hoje no país inúmeras serrarias que fornecem e reformam ferrovias com qualidade comprovada por grandes empresas. Porém, existe ainda a necessidade de pesquisas mais aprofundadas sobre quais espécies são mais aptas para produção de dormentes, uma vez que este tem o importante papel de fixar os trilhos, e sua vida útil reflete em custos de implantação e despesas de manutenção para as empresa.

Tendo em vista esta necessidade de pesquisas sobre as diferentes espécies e seu comportamento, este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial de uso para dormentação das espécies *Eucalyptus saligna* Smith e *Eucalyptus dunnii* Maiden por meio da avaliação do rendimento do processo de secagem como indicativo para a escolha da mais apta.

## 2-OBJETIVO

O presente estudo tem o objetivo principal de avaliar o potencial de uso das espécies de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii* para produção de dormentes.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o rendimento no processo de produção dos dormentes após o processo de secagem, para cada uma das espécies;
- Avaliar os diferentes defeitos apresentados na vistoria para cada uma das espécies, de acordo com a norma da ABNT NBR 7511 de 2005;
- Avaliar o resultado do processo de secagem, como indicativo para aproveitamento ou rejeição do material;
- Avaliar a taxa de incidência dos defeitos apresentados na vistoria para cada uma das espécies;

### 3-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1-*Eucalyptus dunnii* Maiden

Conhecido originalmente como *Sydney blue gum*, possui região com a ocorrência natural desta espécie na Austrália e restringe-se a pequenas áreas no nordeste de New South Wales no sudeste de Queensland. As latitudes variam de 28° a 30° 15' Sul e as altitudes de 300 a 780 metros aproximadamente. O clima é subtropical úmido com temperatura média e máxima do mês mais quente entre 27° e 30°C e com a média das mínimas do mês mais frio entre 0°C e 3°C, ocorrendo de 20 a 60 geadas por ano. A precipitação média anual é de 1.000 a 1.750 mm, com as máximas no verão; a precipitação mensal é sempre superior a 40 mm. A estação seca no inverno não excede há 3 meses. Possui floresta aberta e alta e as principais espécies associadas são: *E. saligna*, *E. microcorys*, *E. grandis*, *E. propinqua* (EMBRAPA, 1986).

De acordo com Rocha (2000, p.20), citando Calori & Kikuti (1997), as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* com 20 anos de idade, em função dos resultados obtidos, recomendam tal madeira para situações onde se exigem resistências mecânicas, para fins estruturais, como assoalhos, carrocerias, cabos de ferramentas, dormentes, entre outras.

Em geral o gênero *Eucalyptus*, em sua média, possui densidade básica entre 500 – 800 kg/m<sup>3</sup> e são relativamente impermeáveis e difíceis de secar. O *Eucalyptus dunnii* possui densidade básica de 800kg/m<sup>3</sup>, o que a torna uma das mais densa dentro o gênero. Quando os teores de umidade se encontram acima do ponto de saturação das fibras (PSF), o *Eucalyptus dunnii* mostra uma disposição para apresentar fendas e colapso com o aumento da temperatura (SEVERO, 2000).

Segundo Borges (2008, p.20) a madeira da espécie é considerada pesada, podendo ser utilizada em situações que exijam maior resistência mecânica, como é o caso do dormente. Como a maioria das espécies do gênero, o *Eucalyptus dunnii* apresenta elevadas tensões de crescimento, as quais se manifestam na madeira serrada através de rachaduras e empenamentos. Contudo a autora ressalva que existem diversas alternativas utilizadas para redução de tais defeitos, como o melhoramento genético, métodos de exploração, técnicas de desdobro adequadas, entre outras.

### **3.2-Eucalyptus saligna Smith**

A espécie é originalmente conhecida como *Dunn's White gum*, a principal área de ocorrência do *Eucalyptus saligna* Smith, de acordo com Silveira, et al. (1986, p.1), situa-se numa faixa de 120 km ao longo da costa, estendendo-se desde Nova Gales do Sul até o sul de Queensland, Austrália. Ocorre, ainda, de forma dispersa e um pouco isolada, no leste de Queensland, onde apresenta características muito próximas àquelas da espécie afim, o *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. A latitude, da região de distribuição natural, varia de 21° a 36° Sul e a altitude ao nível do mar até cerca de 1.100 m. O clima é temperado ao sul e subtropical ao norte.

Espécie endêmica da Austrália, com ocorrências de plantios no Brasil: desde Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Sua madeira possui cerne e alborno distintos pela cor, com o cerne avermelhado ou castanho-avermelhado-claro; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade média; grã direita; textura média.

Pode ser considerada fácil de ser desdobrada quando utilizados os métodos corretos, no trabalho em operações de usinagem como torneamento, furação e lixamento, além de apresentar bom acabamento. Sua secagem é classificada como rápida, com a ocorrência de rachaduras e empenamentos (IPT, 2014).

As características da madeira a tornam indicada para: laminação, móveis, estruturas, caixotaria, postes, escoras, mourões, celulose e carvão. Possui densidade básica de 0,900 g/cm<sup>3</sup>. Apresenta susceptibilidade às geadas severas, tolera fogo baixo e tem alta capacidade de regeneração por brotação das cepas. Em função do sucesso alcançado com a espécie no Estado de São Paulo, ela é recomendada para todas as regiões, com restrições em locais onde ocorram geadas ou deficiências (IPEF, 2014).

### **3.3-Características da Madeira para Produção de Dormentes**

O dormente é um dos componentes fundamentais da ferrovia, já que o seu perfeito estado de conservação propicia a consistência da linha, mantendo as condições de segurança do tráfego e a substituição adequada dos dormentes com tempo de vida útil vencido, contribuindo assim na manutenção da linha. Segundo a

Revista da Madeira em sua publicação de nº75 (REMADE, 2003), as principais características desejadas da madeira pra este tipo de uso são:

**3.3.1 Massa específica** – é uma das mais importantes características físicas, uma vez que se correlaciona com várias outras características anatômicas, mecânicas e químicas, tornando-se um bom indicador de qualidade da madeira. Ela é definida como a relação entre massa e volume medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão. Algumas literaturas tratam massa específica como densidade. Ela reflete bem a textura das fibras, conferindo à madeira resistência aos efeitos mecânicos. Os dormentes, ao sofrerem a ação de pesadas cargas, estão sujeitos a severos desgastes nas zonas de entalhe, pelo patim dos trilhos. Algumas espécies de *Eucalyptus* possuem altos valores de massa específica, e já se mostraram aptas para a produção de dormentes. Como caso do *Eucalyptus saligna* que possui valores de massa específica que variam entre 0,446 a 0,538 g/cm<sup>3</sup>.

**3.3.2 Dureza** – como a madeira trabalha em contato direto com a ferragem dos trilhos ou de blocos de apoio ou com as pedras de lastre, é conveniente que a madeira utilizada para a fabricação de dormentes tenha uma dureza Janka, variando entre 645 a 1.108 kg/cm<sup>2</sup>. A madeira de eucalipto apresenta uma dureza média de 871 kg/cm<sup>2</sup>, com um valor médio para essa propriedade muito superior aos encontrados na maioria das madeiras nativas.

**3.3.3 Módulo de elasticidade** – é o comportamento dos materiais que se deformam ao serem submetidos a ações externas (forças devido ao contato com outros corpos), retornando à sua forma original quando a ação externa é removida. O módulo de elasticidade à compressão e à flexão, o gênero *Eucalyptus*, apresenta valores superiores aos encontrados nas espécies nativas utilizadas. Os valores variam de 126.700 do *Eucalyptus tereticornis* a 193.400 kgf/cm<sup>2</sup> *Eucalyptus Paniculata*.

**3.3.4 Flexão dinâmica (choque)** - como as solicitações das cargas rolantes se apresentam sob a forma de choques sucessivos e de intensidade variável, a flexão dinâmica ou choque se torna um índice muito importante para a previsão do comportamento do material na linha férrea, uma vez que esta permite conhecer o



limite de carga que o dormente pode suportar. Os valores do coeficiente de resiliência para o uso do dormente variam entre 0,71 do *Eucalyptus maculata* a 0,99 para o *Eucalyptus botryoides*.

**3.3.5 Fendilhamento** – além de interferir no rendimento, o fendilhamento é uma das características mais importantes na qualidade da madeira para dormente. As rachaduras e o fendilhamento provocam o afrouxamento dos pregos, exigindo-se furar novamente a peça e, conseqüentemente, causando o enfraquecimento do sistema de fixação. Algumas espécies de eucalipto, como *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, apresentam uma tendência de fendilhamento na seção radial, rachando em duas partes e inviabilizando a utilização posterior do dormente. Dentre as espécies testadas pelo IPT, às espécies *Corymbia citriodora* 12,0 kgf/cm<sup>2</sup>, *Eucalyptus siderophloia* e *Eucalyptus paniculata* 12,2 kgf/cm<sup>2</sup> mostraram-se altamente resistentes ao fendilhamento e dispensaram quaisquer outros tratamentos para evitar o problema de rachaduras. Em contrapartida, as espécies *Eucalyptus tereticornis* com limites de 9,8 kgf/cm<sup>2</sup>, *Eucalyptus rostrata* e *Eucalyptus botryoides* 9,9 kgf/cm<sup>2</sup> e *Eucalyptus maculata* 8,8 kgf/cm<sup>2</sup> apresentaram leve e moderada tendência ao fendilhamento (VLI, 2013, p.17).

**3.3.6 Contração e inchamento volumétrico** - a mudança de volume da madeira verificada entre 0%U e o PSF, devido à desorção ou adsorção de água, é considerada uma de suas propriedades físicas mais importantes, afetando e limitando consideravelmente o seu uso industrial. Isso se dá em função de manter a estabilidade entre os trilhos a fim de manter a bitola mínima e evitar o descarrilamento (MORESCHI, 2012, p.54).

### 3.4-Rendimento

A produtividade da serraria é influenciada por diversos fatores, destacando-se: a característica da matéria prima, a qualidade e o tipo de equipamento, o tamanho da planta e os tipos de produtos a serem produzidos. O rendimento de uma serraria é determinado pela relação entre o volume de produto ao final da etapa de desdobro e o volume de madeira roliça que entrou no conjunto de serras (SOUZA et al., 2007 p.222).

Além da tensão de crescimento ser uma das principais causas do baixo rendimento em madeira serrada dos *Eucalyptus* de acordo com Grosser (1980) citado por Scanavaca & Garcia (2003, p.33), apontam a conicidade como outro fator que influencia diretamente no rendimento do processo de desdobro da espécie.

Para Steele (1984, p.2), a porcentagem de aproveitamento ou o rendimento é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume da tora antes do desdobro, expresso em porcentagem. Esse valor é afetado pela interação de diversos fatores, como diâmetro, comprimento, conicidade, qualidade das toras e o número de produtos alternativos.

Rocha & Trugilho (2006, p.315), afirmam que são diversas as alternativas utilizadas para redução desses defeitos, como o melhoramento genético, métodos de exploração, técnicas de desdobro adequadas quando se deseja obter madeira de relativa qualidade. Uma simples comparação de rendimentos de madeira serrada não pode ser feita sem que se estabeleça uma combinação entre as espécies, as idades, os diâmetros, as origens das espécies e árvores.

Ainda em pesquisa sobre tensões de crescimentos, Souza (2006, p.13) relata que existem outros fatores que as afetam. Elas são diretamente responsáveis no rendimento do desdobro das toras, citando a taxa de crescimento, desrama, desbaste, espaçamento, manejo, tipo de solo e ação dos ventos, como outros fatores que interferem nas tensões de crescimento.

Segundo Valério et al. (2007, p.388), *apud* Ferreira et al. (1989), o aproveitamento quantitativo da transformação de uma tora em tábuas, considerando-se uma tora com casca, pode ser separado em 40% de madeira processada, sendo os 60% restantes assim alocados como 10% de aparas de plaina, 26% de aparas do corte, 13% de pó de serra e 11% de cascas.

### **3.5-Defeitos de secagem**

Em geral a madeira de eucalipto apresenta problemas de secagem. Esta deve ser feita, cuidadosamente, em estufas ou secadores que permitam, em qualquer época do ano, ajustar o teor de umidade a um valor médio. Também deve levar em consideração as flutuações da umidade de equilíbrio da madeira, na região em que vai ser utilizada (GALVÃO, 1975 p.54).

Segundo Severo (2000, p.109), a secagem é hoje reconhecida como um elemento vital que deve ser agregada ao processamento da madeira sólida, existindo atualmente uma forte ênfase em melhorar a qualidade de secagem bem como reduzir seus custos. Sua função é assegurar que a madeira seja dimensionalmente tão estável quanto antes do uso em uma estrutura.

Pesquisas conduzidas pelo mesmo autor, citam Brennan et al. (1966), e mostram que a secagem de *Eucalyptus*, em sua fase inicial, deve ser realizada, utilizando-se baixa temperatura, alta umidade relativa e baixa velocidade do ar, enquanto que, na segunda fase da secagem, temperaturas mais elevadas são aceitas sem maiores problemas.

Em estudos semelhantes, Scanavaca & Garcia (2003, p.34) concluíram que o comprimento das rachaduras de topo, presentes na madeira serrada, é influenciado pela posição diametral em que foi retirado o material, sendo que as peças centrais (contendo a medula) apresentaram maior índice de rachaduras quando comparado com as peças retiradas próximo da casca.

No processo de secagem, o aumento da temperatura provocará um aumento na incidência do colapso e das rachaduras. A redução na umidade relativa do ar ou uma velocidade de secagem acima da recomendada causará uma rápida secagem na superfície que, devido à reduzida permeabilidade da madeira, resultará em rachaduras superficiais, endurecimento superficial, aumento na incidência do colapso e um acentuado gradiente de umidade entre a superfície e o interior da peça (JANKOWSKY, 1995 p.113).

Ainda segundo Jankowsky (1995, p.110) apud Campbell & Hartley (1984, p.110), a maior parte dos defeitos passíveis de se manifestarem durante a secagem tais como rachaduras, empenamentos, gradientes de umidade, colapso, tensões de secagem e são citados como de ocorrência na madeira de *Eucalyptus*.

## **4-MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1-Local de Coleta do Material**

Foram analisados nesse trabalho, dormentes de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, provenientes de reflorestamentos de 20 anos, da cadeia produtiva de uma determinada madeireira, localizada no município de Reserva (24°38' S e 50°50' O), estado do Paraná. De acordo com Simões et al. (1971, p.36), o clima local é o subtropical úmido mesotérmico, de verões frescos e com ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca bem definida. A média de temperatura dos meses mais quentes é inferior a 22°C, e a dos meses mais frios é inferior a 18°C (MARÇAL, 200, p.1) *apoud* (FERREIRA, 1996).

### **4.2-Amostragem e Coleta do Material**

Em virtude da disponibilidade produtiva da empresa, optou-se por fazer a amostragem na forma de censo, o qual foi possível avaliar todas as peças dos lotes que estavam em produção no período em que ocorreram as avaliações das espécies citadas anteriormente. Desta forma foram avaliados 413 dormentes, sendo 126 peças de *Eucalyptus dunnii* e 287 de *Eucalyptus saligna*.

### **4.3-Usinagem e Dimensionamento dos Dormentes**

O material sofreu o processo de usinagem enquadrando os dormentes de acordo com a NBR 7511:2005 sobre Dormentes de Madeira, sendo necessário o preparo com dimensões maiores em virtude das contrações decorrentes do processo de secagem. Para isso levou-se em consideração os coeficientes de retratibilidade de cada uma das espécies (ICIMOTO, 2013, p. 65).

A madeira recebida pela empresa, para o processo de produção, é proveniente de plantio de *Eucalyptus* com árvores abatidas vivas e sãs, com fibras duras, compactas e isentas de defeitos de reflorestamento. E não são utilizadas árvores queimadas, com presença de casca e qualquer tipo de deterioração biológica.

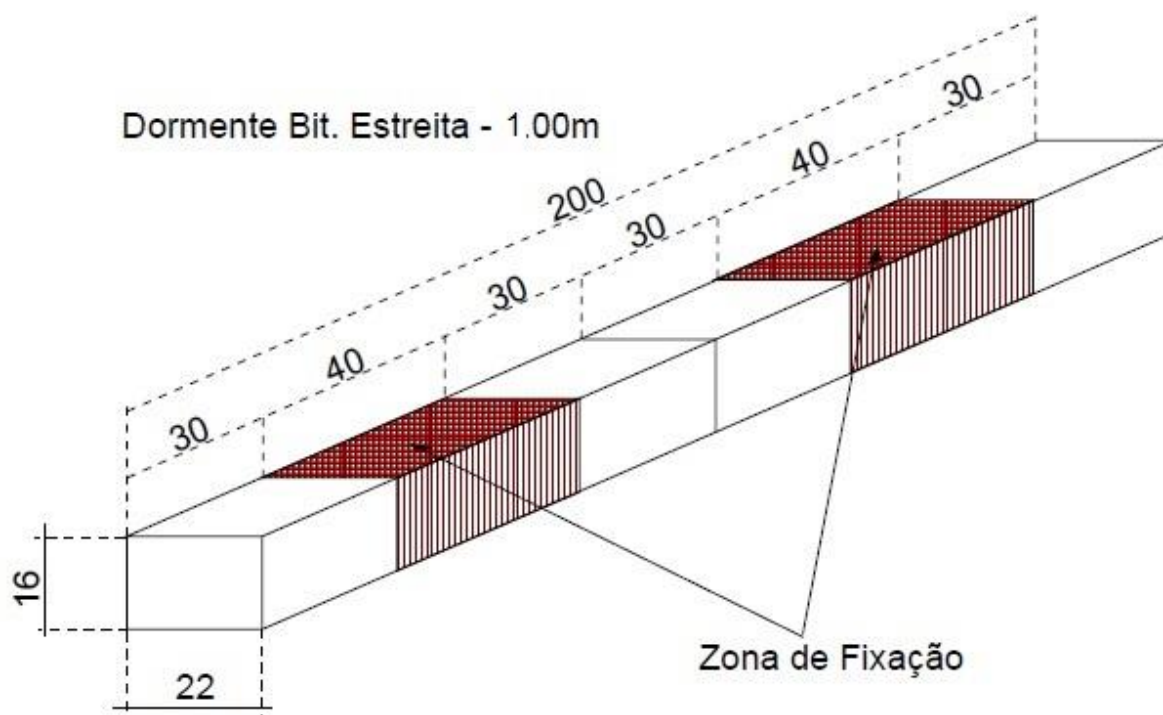
As peças de dormentes são do tipo prismático, serradas na forma de paralelepípedo retangular, com 16 cm de altura, 22 cm de largura e 200 cm de comprimento, os quais seguiram as tolerâncias dimensionais de acordo com a bitola que transitará pela via permanente, segundo as normas da ABNT, na tabela abaixo:

**Tabela 1: Dimensões nominais e tolerâncias dos dormentes prismático, de acordo com as normas da ABNT NBR 7511:2005 Dormentes de madeira:**

Bitola m	Largura (b) cm		Altura (a) cm		Comprimento (L) cm	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Métrica (1,000)	22	24	16	18	190	205
	22	26	16	19	220	235
Normal (1,435)	22	26	16	19	260	270
Larga (1,600)	24	26	17	19	260	285

Fonte: adaptado da ABNT NBR 7511:2005

Esse dimensionamento se deu em virtude das ferrovias brasileiras adotarem, em grande maioria de suas estradas de ferro, a bitola do tipo Métrica em função da carga que o sistema é capaz de transportar. Assim a demanda da empresa pra produção de dormente é do tipo Métrica, conforme figura:



**Figura 1: dimensionamento do dormente prismático para bitola métrica.**  
Fonte: adaptado de NBR 7511 de 2005.

#### 4.4-Dispositivo Contentor de Rachaduras

Os dormentes provenientes de madeira apresentam uma propensão grande ao fendilhamento, por isso são instalados em suas extremidades duas placas conhecidas por “anti-rachas”, com recobrimento da área da seção transversal mínima de 70% não podendo ultrapassar a dimensão máxima da lateral do dormente. Estas possuem um sistema de identificação o qual permite o operário saber a data de fabricação e rastreamento local de origem, conforme Figura 2 abaixo:



**Figura 2: dispositivo anti-racha com identificação**  
Fonte: VLI, 2013.

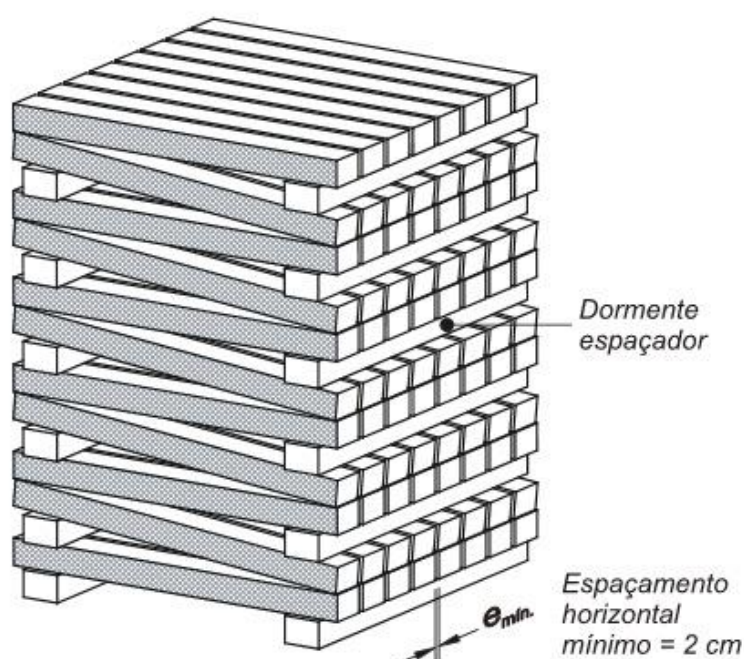
#### 4.4-Secagem

As peças dos dormentes passaram pelo processo de secagem natural ou secagem ao ar livre, até que se atingiu teor de umidade menor ou igual a 30%. O processo foi controlado com utilização de medidor de umidade do tipo Digisystem® modelo DL 2000.

Desta forma realizou-se uma amostragem, fixada pela empresa, de no mínimo 20 dormentes, escolhidos aleatoriamente e aferidos nas 4 faces laterais e nas 2 dos topos. Somente após esse levantamento é que o lote foi liberado para fiscalização. Caso reprovado, o lote deve permanecer no pátio de secagem da empresa para que os teores de umidade baixem até o estabelecido, e posteriormente será feita uma nova vistoria (NBR 7511 de 2005).

O local de secagem possuía topografia plana, favorecendo a movimentação, secagem e drenagem a fim de manter o solo seco e resistente, insolação e ventilação que não provocam a excessiva rapidez da secagem, ausência de vegetação mesmo rasteira e matéria orgânica, de acordo com a NBR.

Para o processo, foram feitas pilhas ao ar livre a fim de manter as quatro faces livres para facilitar a circulação do vento. Para isso foi necessário a utilização de um dormente espaçador (traveseiro), espaçados 2 cm entre dormentes adjacentes, e 30 cm do solo, conforme Figura 3:



**Figura 3: disposição das peças para empilhamento e secagem**  
Fonte: adaptado Especificação Técnica VLI, 2013.

#### **4.5-Avaliação *in natura* dos Defeitos e Rendimento**

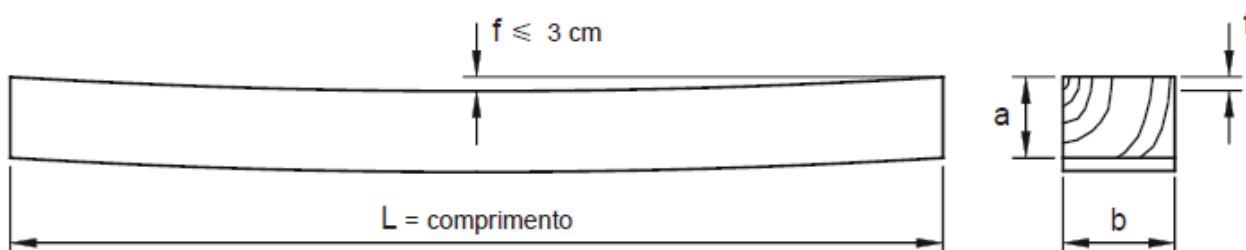
Após realização da usinagem, concomitantemente ao processo de secagem natural, foi realizada a classificação das peças quanto aos seus defeitos, visando avaliar a taxa de rendimento do processo.

Quanto aos defeitos, a NBR 7511:2005 afirma que os dormentes devem estar secos, sem a presença de casca e qualquer tipo de deterioração biológica (fungos apodrecedores e insetos), além de estarem isentos de lama e de restos de vegetação. A presença de alburno, em qualquer quantidade, não descaracteriza a

qualidade do dormente produzido, porém a norma exige que para dormente prismático seja aceitável até 30% de alburno.

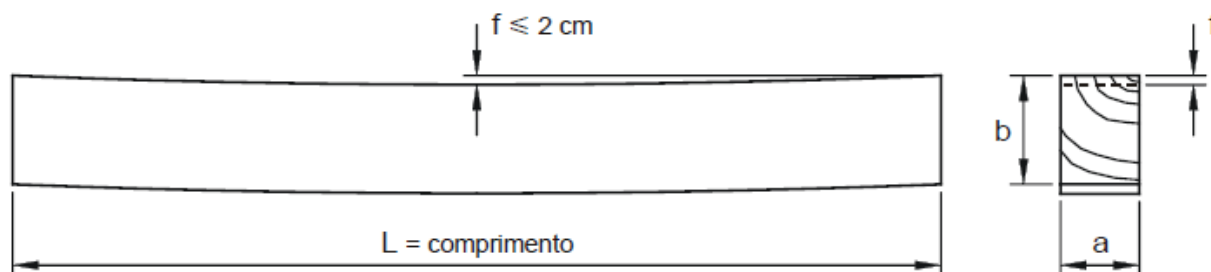
A inspeção com vista nos defeitos deu-se na forma de censo, nas quatro faces e dois topos de cada uma. Desta forma, segundo a norma, o dormente poderá apresentar um dos seguintes defeitos, desde que:

a) Arqueamento (curvatura no plano horizontal), desde que, regular e com flechas avaliadas no comprimento total do dormente inferior a 3 cm (Figura 4);



**Figura 4: Arqueamento, sendo: a) altura; b) base; f) flecha.**  
Fonte: adaptado da NBR 7511, de 2005.

b) Encurvamento (curvatura no plano vertical), desde que, com flechas avaliadas no comprimento total do dormente inferior a 2 cm (Figura 5);



**Figura 5: Encurvamento, sendo: a) altura; b) base; f) flecha.**  
Fonte: adaptado da NBR 7511, de 2005.

c) Esmoadado (desquinado), somente em uma face do dormente, desde que, asseguradas às dimensões mínimas indicadas na Tabela 1 (Figura 6);



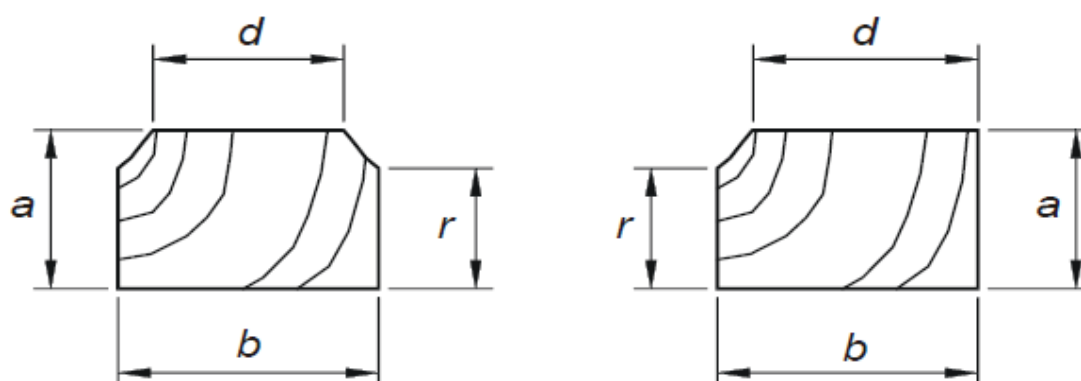


Figura 6: Esmoado/desquinado, sendo: a) altura; b) base; d) base reduzida; r) altura reduzida; Fonte: adaptado da NBR 7511, de 2005.

d) Saliência/reentrância: de até 2 cm, desde que, fora da zona de fixação;

e) Nó são (nó vivo), desde que, fora da zona de fixação das chapas;

f) Nó vazado (nó morto ou cariado) ou furos de brocas, desde que, com diâmetro inferior a 2,5 cm, profundidade menor que 5 cm e desde que fora da zona de fixação das chapas. A soma dos diâmetros médios não deve exceder 5 cm;

g) Fendilhamento (fenda fora do topo do dormente), desde que se localize fora da zona de fixação das chapas, com comprimento máximo de 15 cm e abertura máxima de 2 mm (ver Figuras7);

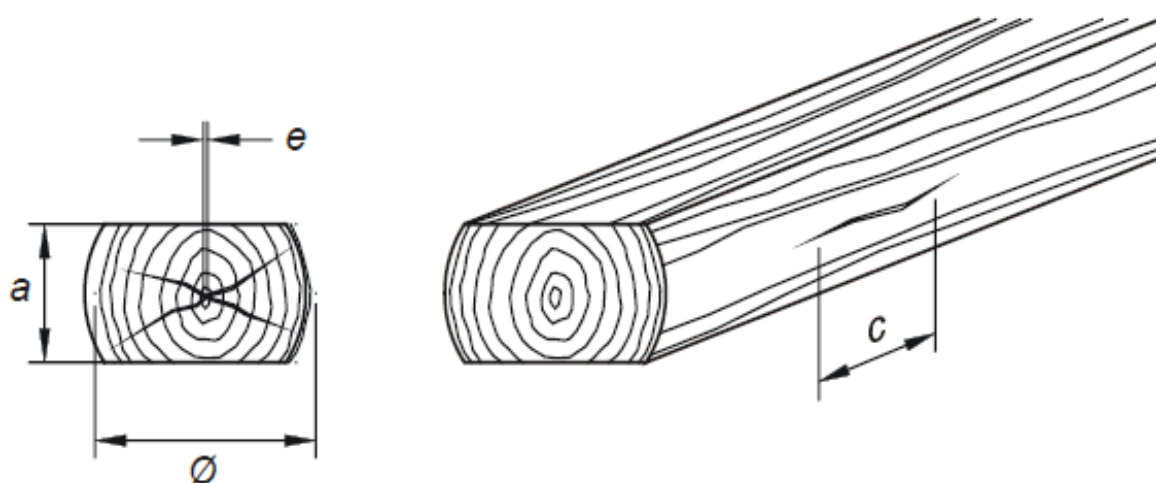
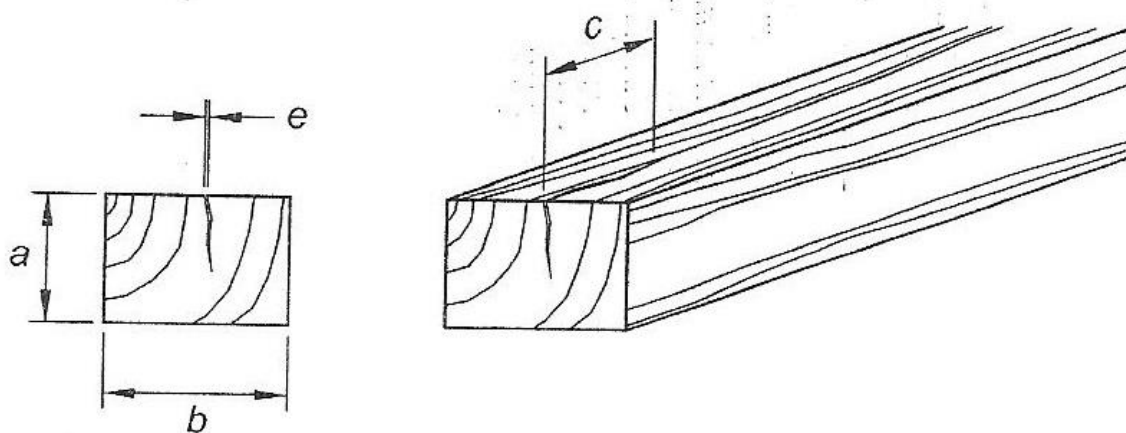


Figura 7: Fendilhamento: Ø) diâmetro; a) altura; e) abertura da fenda; c) comprimento. Fonte: adaptado da NBR 7511, de 2005.

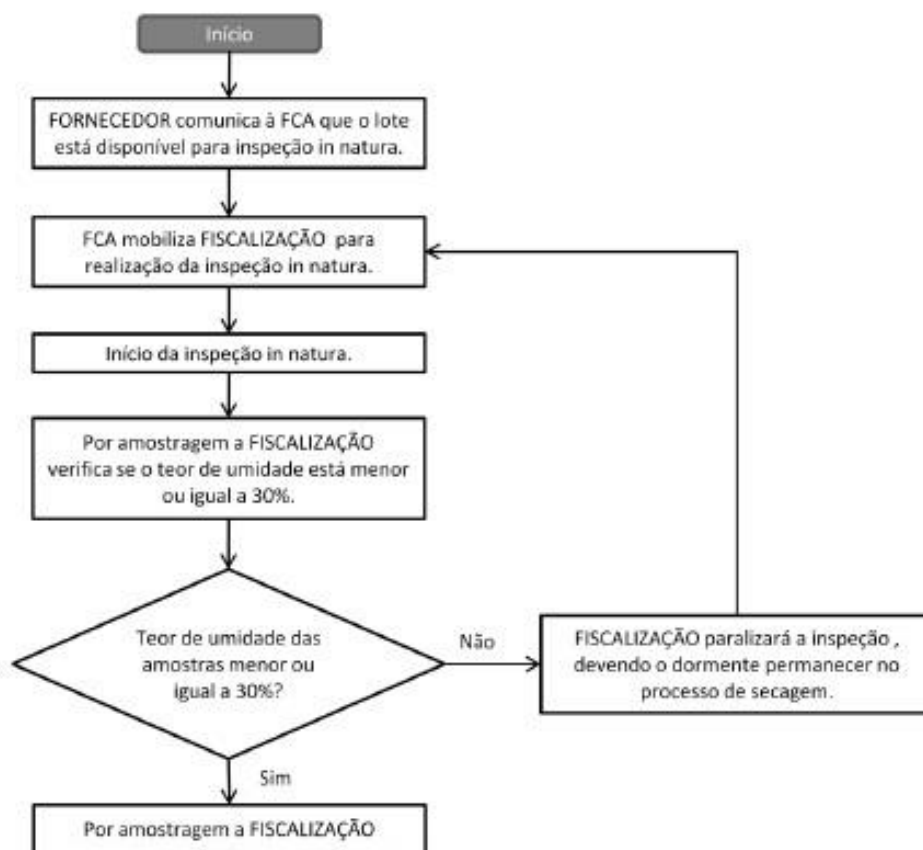
h) Medula vazada, apodrecida ou com qualquer avaria, desde que fora da zona de fixação;

i) Rachadura (fenda no topo do dormente), com comprimento máximo de 15 cm e abertura máxima fora da zona de fixação de 3 mm (ver Figura 8);



**Figura 8:** Rachadura, sendo: a) altura; b) largura; c) comprimento; e) abertura da fenda.  
Fonte: adaptado da NBR 7511, de 2005.

Para a realização da inspeção *in natura*, levou-se em consideração o fluxograma criado pela empresa que orienta os procedimentos para o operador realizar a inspeção, conforme Figura 9:



**Figura 9: fluxograma de inspeção *in natura***  
 Fonte: Adaptado da Especificação Técnica, VLI, 2013.

#### 4.6-Análise Estatística

No teste estatístico, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com diferentes números de repetições. Foi realizada análise estatística simples com a análise de variância do teste F. O teste de comparação de médias foi o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos foram dois sendo as espécies *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*. Cada uma com diferentes números de repetições, sendo 287 e 126 dormentes, respectivamente. As análises foram realizadas no programa estatístico ASSISTAT<sup>®</sup>, versão 7.7 beta.

## 5-RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1-Rendimento Total dos Lotes

O percentual de rendimento de qualquer processo produtivo é de suma importância para viabilidade econômica de qualquer negócio. De acordo com os resultados da avaliação, com base na NBR 7511 de 2005 da ABNT e na Especificação Técnica com os requisitos mínimos para dormentes (DT-061/2013) da VLI, a espécie *Eucalyptus saligna*, foi a que obteve o maior rendimento (87,46%) de peças aprovadas.

Assim, os totais dos dormentes rejeitados alcançaram um percentual de (12,54%), resultado inferior ao *Eucalyptus dunnii*, com (18,25%) de rejeito. Defeitos estes que inviabilizaram o uso de 36 dos 287 dormentes de *Eucalyptus saligna*. Porém, as médias dos tratamentos não diferenciaram estatisticamente entre si no Teste de Tukey a 5% de significância, como ilustrado no gráfico 1 com as médias acompanhadas pela mesma letra (a):

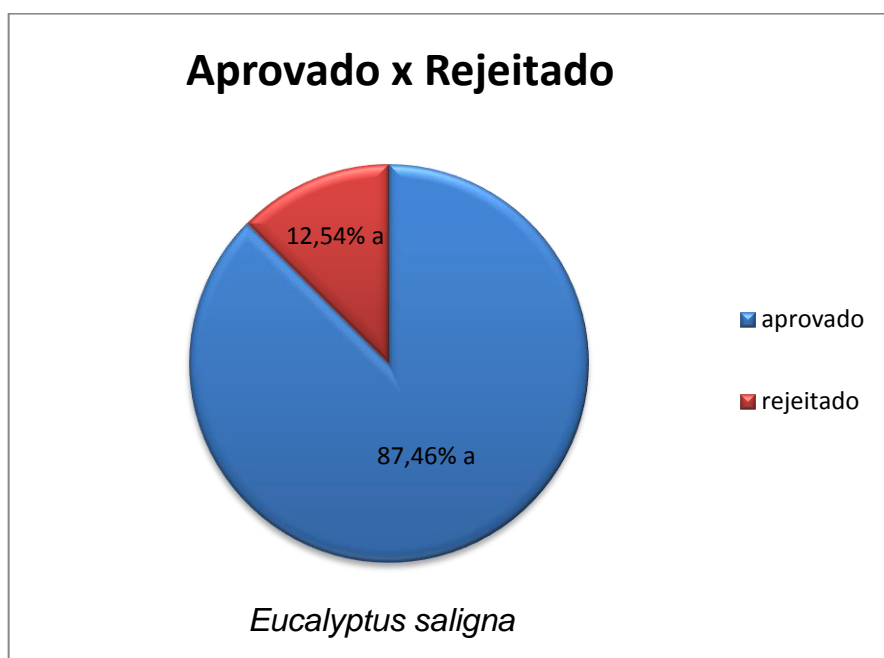
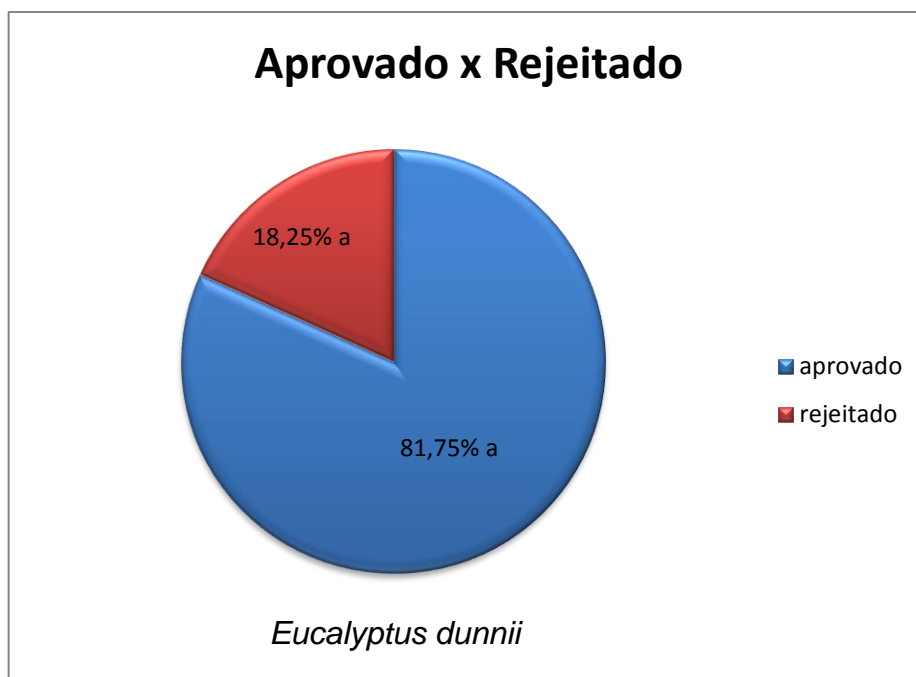


Gráfico 1: total de dormentes aproveitados e rejeitados de *Eucalyptus saligna*.  
Fonte: O autor, 2015.

O percentual de dormentes aprovados da espécie *Eucalyptus dunnii* foi inferior ao da outra espécie em questão, com um total de (81,75%), o que

inviabilizou 23 dos 126 dormentes avaliados, conforme demonstrado no gráfico 2 a seguir. Da mesma forma, os resultados obtidos não se diferenciaram estatisticamente a 5% de significância no Teste de Tukey para comparação de médias.



**Gráfico 2: total de dormentes aproveitados e rejeitados de *Eucalyptus dunnii*.**  
Fonte: O autor, 2015.

Observa-se que o desempenho do lote de dormentes de *Eucalyptus saligna* foi superior ao de dormentes do *Eucalyptus dunnii*, ilustrado no gráfico 2 anteriormente citado, porém eles não se diferenciaram estatisticamente ilustrado nos resultados das médias acompanhadas pela mesma letra (a).

Os valores obtidos não inviabilizaram o uso do *Eucalyptus dunnii* para produção de dormentes e, conforme análise estatística de teste F apresentado na tabela 2, observa-se que o valor F de 2,3336 é não significativo, ou seja, os resultados obtidos são estatisticamente iguais para ambas as espécies analisadas.

**Tabela 2: Análise da variância (ANOVA) do rendimento do processo de secagem das espécies de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*.**

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamento	1	0.28552	0.28552	2.3336 n.s.
Resíduo	411	50.28591	0.12235	
Total	412	50.57143		

**Obs: O valor de F seguido da letra maiúscula (n.s.) não é significativo e não difere estatisticamente pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.**

Fonte: O autor, 2015.

Onde: FV= fator de verificação; GL= graus de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; F= estatística do teste F.

## 5.2-Composição dos Defeitos Encontrados

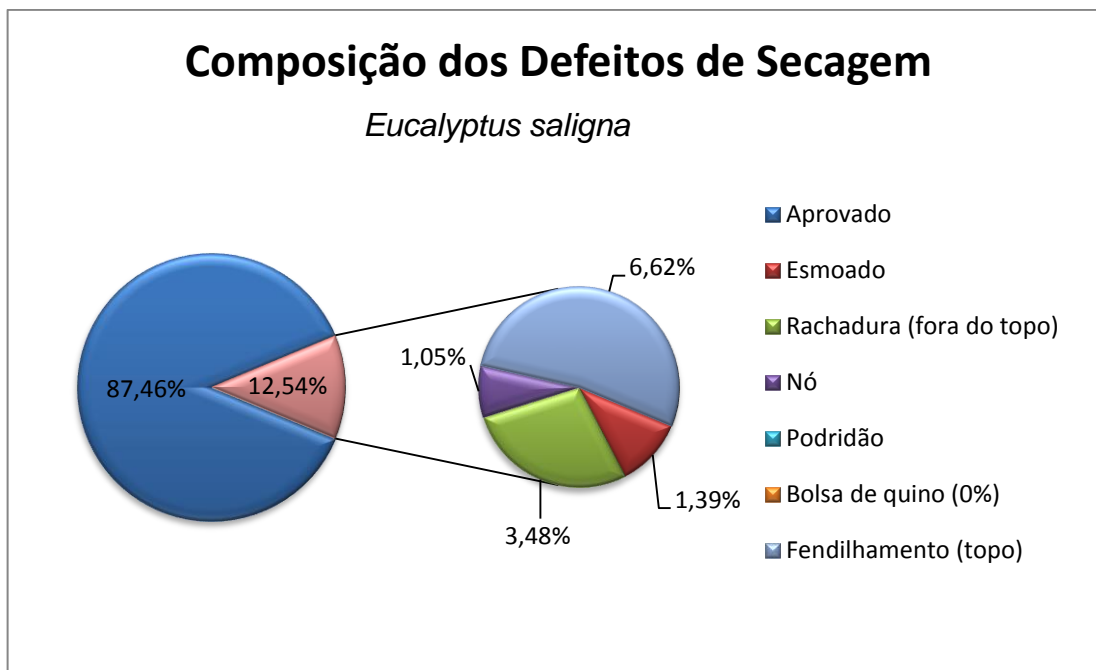
A composição dos defeitos de secagem de cada lote é de grande relevância para conhecermos o comportamento e as consequências deste processo em cada uma das espécies analisadas.

Observa-se que o *Eucalyptus saligna* apresentou o fendilhamento (6,62%) como o defeito de maior percentual, seguido pela rachadura fora do topo (3,48%), resultado semelhante ao obtido em pesquisa (3,70%), por Batista (2009, p.59). O esmoado ficou em terceiro (1,39%) e por último o surgimento de nó na zona fixação dos trilhos (1,05%), conforme o gráfico 3.

O maior percentual de fendilhamento, segundo Andrade (1961, p.20) é um defeito comum e característico da espécie, que também foi observado por Severo (2000, p.109), que obteve um percentual de 10% de fendilhamento em pesquisa sobre a secagem de *Eucalyptus dunnii*. Possivelmente, isso se deve ao rápido crescimento do *Eucalyptus*, o que gera as tensões de crescimento e também as tensões de secagem nas direções radiais e tangencial durante o processo de secagem. E que segundo os requisitos técnicos e normas da empresa, inviabilizam o seu uso.

. Para Jankowsky (1995, p.109) em pesquisa sobre o controle de rachadura de topo em *Eucalyptus*, relata que esse é um comportamento comum da espécie quando submetida à secagem e concluiu que as tensões internas de crescimento e de secagem são as principais causadoras dessas rachaduras de topo e podem ser neutralizadas através de técnicas adequadas, como controle da umidade durante o processo de secagem.

Ainda segundo o mesmo autor (1986, p.44), em pesquisa sobre a prevenção e o controle de rachaduras de topo em *Eucalyptus*, cita as tensões internas de crescimento como a principal causadora das rachaduras de topo nas toras da espécie. O autor ainda ressalta que estas tensões podem ser neutralizadas através da utilização de técnicas adequadas, como o emprego do anelamento da tora após seu abate.

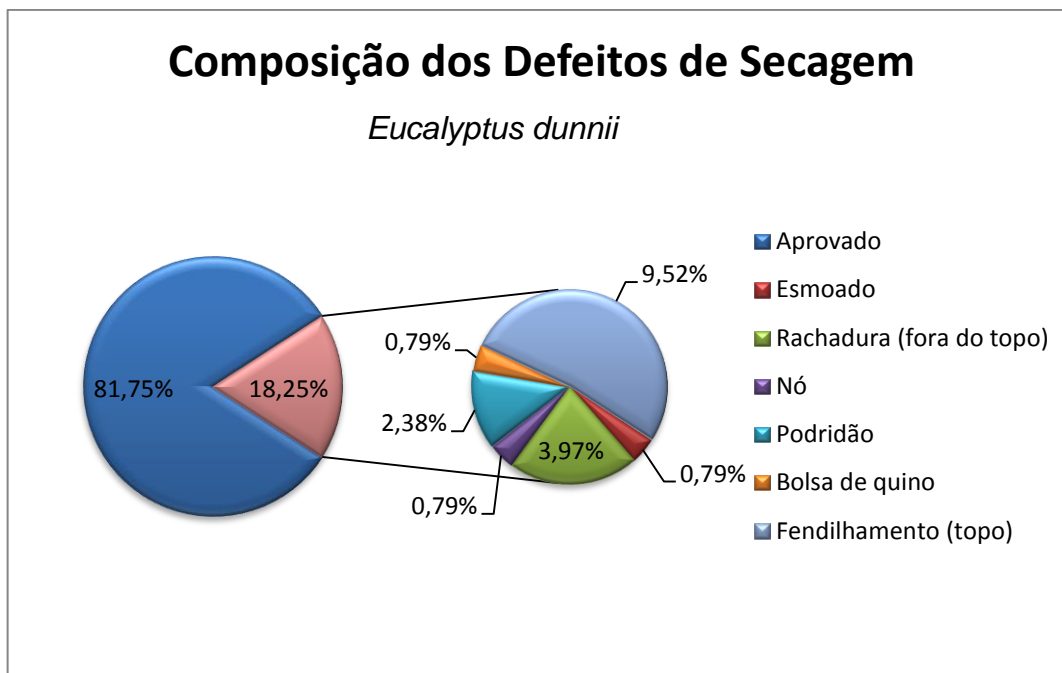


**Gráfico 3: composição dos defeitos do lote de *Eucalyptus saligna***  
Fonte: O autor, 2015.

O *Eucalyptus dunnii* apresentou o fendilhamento (9,54%) como o defeito de maior incidência, seguido pela rachadura fora do topo (3,97%). Andrade (2009, p.59), em pesquisa sobre secagem convencional da espécie, observou o mesmo comportamento no *Eucalyptus dunnii* para o defeito fendilhamento (9,88%) e de rachadura fora do topo (4,94%).

Mesmo passando pelo processo convencional de secagem ao ar livre, o que implica em mais tempo, as duas espécies apresentaram como principal defeito fendilhamento de topo. Isso devido principalmente à tensão das fibras conhecida também como tensão de crescimento, e a tensão de secagem que exerce uma força de tração nas fibras, resultando no fendilhamento do topo do dormente (PONCE, 2005 p.52).

Contudo, alguns defeitos encontrados no *Eucalyptus dunnii* não ocorreram no *Eucalyptus saligna*, como a podridão (2,38%), que ocupou o terceiro lugar entre as causas de rejeito e a bolsa de quino (0,79%) natural da espécie, que interfere na resistência a perfuração (LIMA et. al, 2006, p.1). Já o esmoado e o nó apresentaram um mesmo percentual baixo de defeitos (0,79%), de acordo com gráfico 4 abaixo:



**Gráfico 4: composição dos defeitos do lote de *Eucalyptus dunnii*.**  
Fonte: O autor, 2015.

Os defeitos oriundos do processo de secagem, exceto nó e a bolsa de quino, podem ser evitados ou mitigados quando identificados de acordo com Colenci (2002 p.22). Conhecendo o comportamento do *Eucalyptus*, e levando-se em consideração os resultados obtidos, recomenda-se um maior controle desse processo, seja pelo controle de umidade dos dormentes durante a secagem, seja pelo tempo em que as peças ficam expostas ao sol até que se atinjam a umidade desejada.

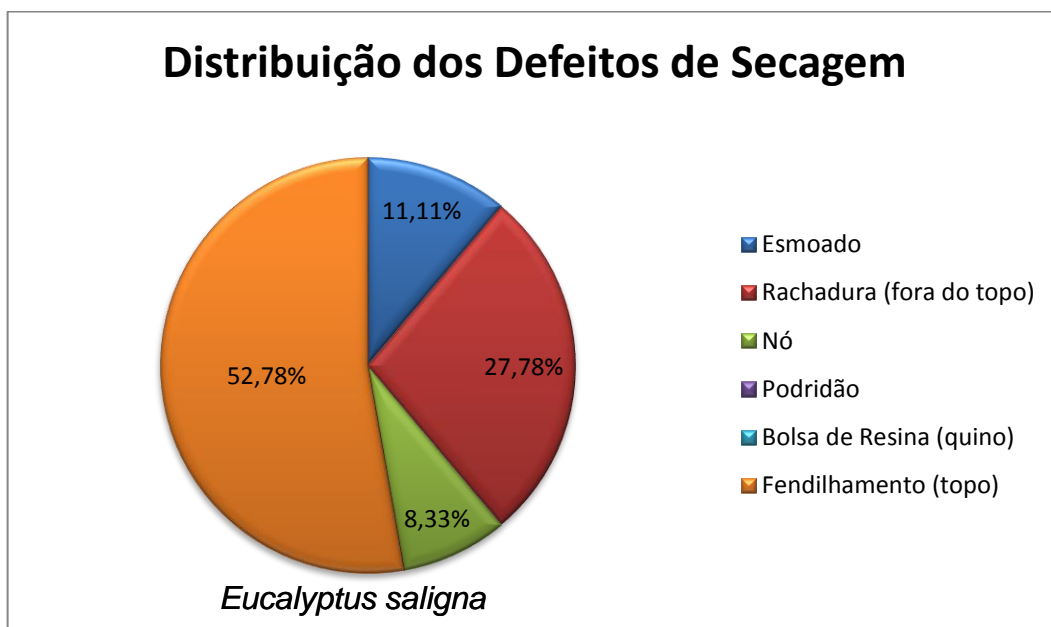
### 5.3-Distribuição dos Defeitos Encontrados

Com o intuito de avaliar os defeitos *in loco*, de acordo com os resultados obtidos, montou-se sua distribuição representada em percentagem. Com o somatório total dos defeitos sendo 100% para cada lote de cada gênero, a repartição dos defeitos ilustra-se através do gráfico 5.

Desta forma, nota-se que o *Eucalyptus saligna* apresentou o fendilhamento de topo como o defeito de maior percentual entre seus defeitos (52,78%). Em seguida, a rachadura fora do topo (27,78%) ocupou o segundo lugar em causa de rejeitos. Os dormentes esmoados representaram (11,11%) do total



avaliado da espécie. Por último, as peças que apresentaram nó representaram (8,33%) dos dormentes rejeitados pela avaliação, como mostra o gráfico 5 abaixo:



**Gráfico 5: distribuição dos defeitos de secagem do *Eucalyptus saligna*.**  
Fonte: O autor, 2015.

O *Eucalyptus dunnii* também apresentou defeitos do tipo fendilhamento em mais da metade dos dormentes (52,17%), podendo inferir que este representa muito provavelmente o maior problema oriundo da secagem nas duas espécies. A rachadura fora do topo ficou também em segundo lugar (21,74%), porém com menor percentual de incidência que o *Eucalyptus saligna* (27,78%).

Sobre o fendilhamento, Aguiar & Jankowsky (1986, p.12) relatam ainda alguns dispositivos que restringem a evolução do fenômeno. Esses dispositivos, normalmente conectores anti-rachadura tipo Gang-Nail e ganchos em forma de "S" ou "C", não reduzem as tensões internas de crescimento, porém auxiliam na diminuição desse defeito. Além disso, elas conservam as faces dos topos intactas até que a secagem permita o equilíbrio dessas tensões de crescimento.

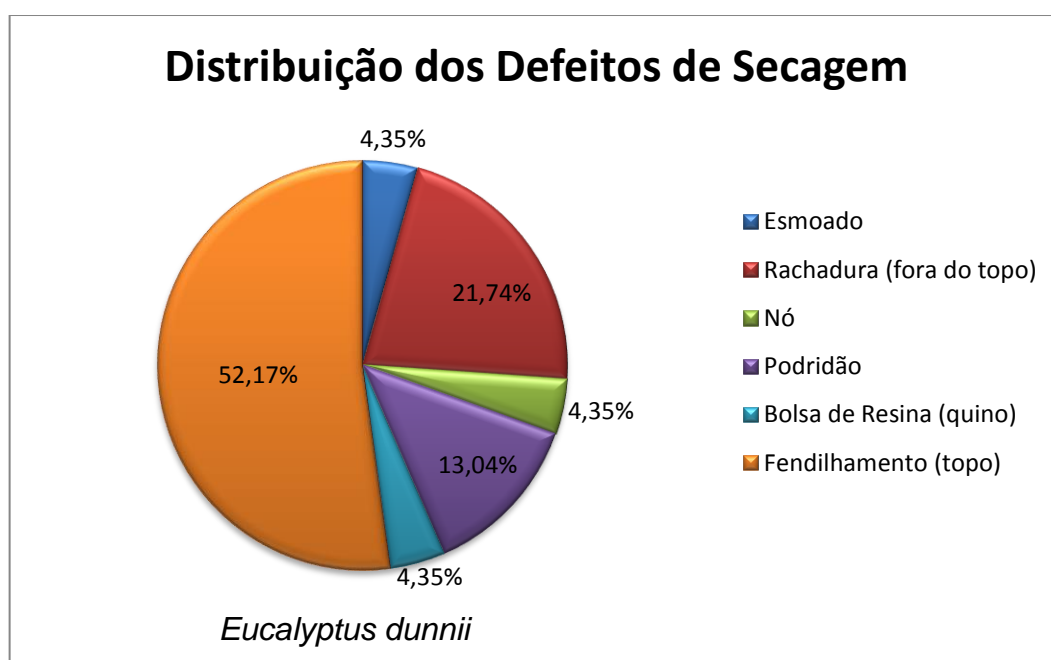
O *Eucalyptus dunnii* mostrou ser mais susceptível ao ataque de organismos xilófagos que causam a podridão, pois apresentou uma alta taxa de incidência deste defeito (13,04%), contra nenhuma incidência no *Eucalyptus saligna*. Oliveira et al. (2005, p.998) em pesquisa, analisou o comportamento de 7 espécies de *Eucalyptus* e sua resistência aos fungos apodrecedores e relata que em média

10% das amostras apresentaram sinais de podridão e classifica o *Eucalyptus saligna* como moderada a altamente resistente ao ataque desses fungos.

A quantidade de nó foi o dobro entre as duas espécies, com (8,33%) para o *Eucalyptus saligna* e (4,35%) do *Eucalyptus dunnii*. Assim torna-se recomendável um melhor zelo na execução da atividade de desrama durante os tratos silviculturais, para as duas espécies. Uma vez que a desrama artificial proporciona melhoria na qualidade do lenho de árvores em um povoamento florestal, principalmente produzindo madeira limpa, livre de nós, desde que ocorra cicatrização completa dos ferimentos causados pela desrama (POLLI et al., 2006, p.558).

Ainda sobre nós, Vale et al. (2002, p.296), em pesquisa sobre a qualidade de madeira de *Eucalyptus* submetidos a desrama artificial, concluiu-se que a as amostras das espécies que foram submetidas à operação silvicultural, sofreram alterações no número de nós em virtude da desrama.

Outros dois defeitos encontrados no *Eucalyptus dunnii*, concomitante ao restante dos defeitos, influíram para a espécie apresentar a maior percentagem de defeitos (18,25%), cerca de (5,71%) a mais que o *Eucalyptus saligna*, foi a bolsa de resina (quino) e os esmoados com 4,35%, respectivamente, conforme observa-se no gráfico 5 a seguir:



**Gráfico 6: distribuição dos defeitos de secagem do *Eucalyptus saligna*.**  
 Fonte: O autor, 2015.

Em relação aos defeitos apresentados, pode-se observar que ambas as espécies apresentaram, em sua maioria, defeitos provenientes do processo de secagem. Contudo vale ressaltar o surgimento de um defeito que não é resultado desse processo, a bolsa de resina (quino), também observado por Fabrowski et al. (2006, p.96) em pesquisa sobre anatomia do lenho de *Eucalyptus*.

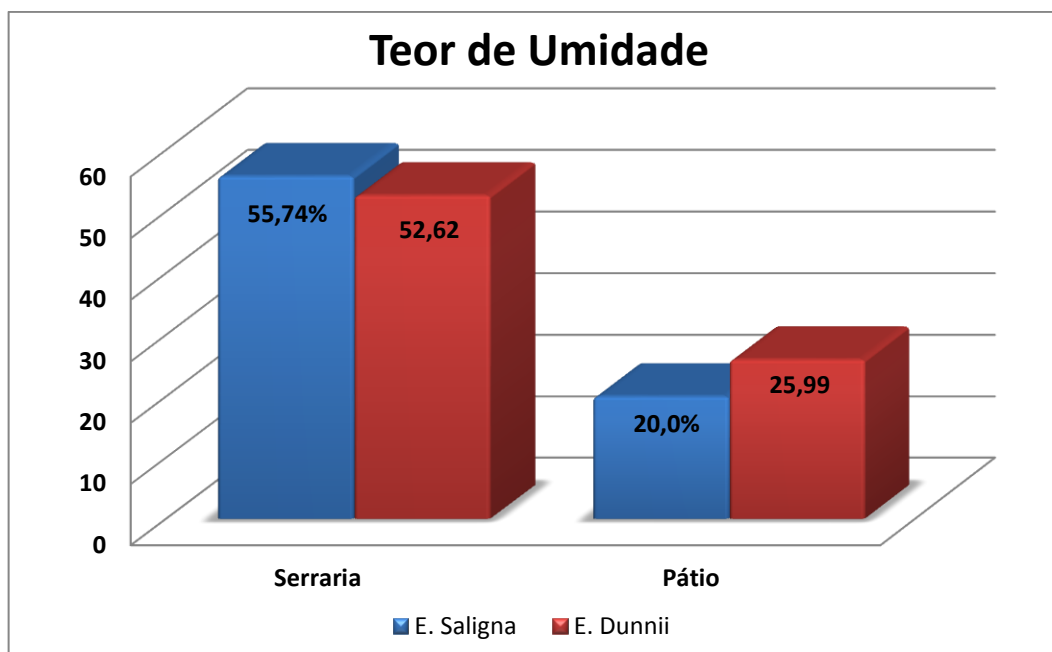
A presença da bolsa de quino nos dormentes foi observada também no *Eucalyptus dunnii*, em pesquisa por Ponce (1995, p.55), e pouco frequente no *Eucalyptus saligna*, sendo uma característica indesejável em virtude do seu rejeito.

#### **5.4-Análise do Teor de Umidade**

O teor de umidade é uma condicionante para o processo de tratamento do dormente, uma vez que a aprovação do lote para inspeção só ocorre quando este se encontra em equilíbrio com o meio, sendo abaixo ou igual a 30%. Com isso, verificaram-se os teores de umidade com o objetivo de acompanhar o processo de secagem das peças da serraria após usinagem, até o pátio de secagem, antes da realização da inspeção. O procedimento adotado pela empresa para a vistoria está esquematizado na forma de fluxograma conforme figura 9, citada no item 4.5-Avaliação *in natura*, da Especificação Técnica da VLI (DT – 061/2013).

Nota-se assim, que houve uma diferença entre as duas espécies nos dois cenários (serraria e pátio) quanto ao teor de umidade. Após o processo da usinagem do dormente, percebe-se que o *Eucalyptus saligna* (55,74%) possui uma pequena diferença no teor de umidade comparada ao *Eucalyptus dunnii* (52,62%).

Contudo a espécie que apresentou maior queda e permaneceu com menor percentual após a secagem, foi o *Eucalyptus saligna* (20,0%) contra o *Eucalyptus dunnii* (25,99%), cerca de 6% a menos, de acordo com o gráfico 6 abaixo:



**Gráfico 7: diferença do teor de umidade avaliado na serraria e no pátio**  
 Fonte: O autor, 2015.

Levando em consideração o alto teor de umidade do *Eucalyptus dunnii* (25,99%) em relação ao *Eucalyptus saligna* (20%), associado o alto percentual de fendilhamento (9,52%) contra (6,62%) respectivamente, pode-se afirmar que o *Eucalyptus dunnii* apresentou maior dificuldade no processo de secagem. Dificuldade também encontrada por Severo (2000, p.121) em pesquisa sobre a secagem de *Eucalyptus dunnii*, que observou um percentual alto de colapso com 37,5% das amostras e 10% de rachaduras, indicando assim uma secagem mais lenta e com baixa temperatura para a espécie.

Pesquisas conduzidas por Brandão (1989, p.12) mostram que a taxa de secagem média até 30%, do *Eucalyptus saligna* com umidade inicial de 91,8%, foi de 2,50 gramas por hora, considerada de fácil secagem quando comparada com a média da espécie de 0,03 gramas por hora, também observado nos resultados obtidos entre as espécies analisadas.

Batista (2009, p.46) em pesquisa sobre a qualidade da secagem de diferentes espécies de *Eucalyptus*, observou que o *Eucalyptus dunnii* demonstrou maior dificuldade de secagem em relação ao *Eucalyptus saligna*. O autor atribuiu o problema de secagem da espécie à sua maior densidade, o que dificulta a difusão da água pela madeira, gerando as tensões de secagem e consequentemente seus defeitos.

## 6-CONCLUSÕES

A partir deste trabalho e de seus resultados obtidos através da inspeção dos lotes das espécies de *Eucalyptus saligna* e de *Eucalyptus dunnii*, e de acordo com a NBR 7511/2005 de ABNT e a Especificação Técnica da VLI (DT-061/2013), pode-se concluir que:

- A espécie que apresentou maior taxa de rendimento foi de *Eucalyptus saligna*, com (87,46%) dos dormentes aprovados após a secagem, contra (81,75%) de rendimento do *Eucalyptus dunnii*, conseqüentemente menor incidência de defeitos. Porém ambas as espécies apresentaram-se aptas ao processo de dormitação, uma vez que suas médias não se diferenciaram estatisticamente no teste de Tukey a 5% de significância.
- O defeito que apresentou maior porcentagem de rejeito dos dormentes foi o fendilhamento de topo, com mais de 50% dos defeitos apresentados em ambas as espécies.
- Para o *Eucalyptus saligna*, depois do fendilhamento de topo, os defeitos mais encontrados foram rachadura fora do topo, esmoado e nó na zona de fixação dos dormentes.
- Para o *Eucalyptus dunnii*, além do fendilhamento de topo, foram encontrados os defeitos de rachadura fora de topo, podridão, bolsa de quino, esmoado e nó na zona de fixação.
- A espécie que aparentemente obteve uma maior facilidade no processo de secagem foi o *Eucalyptus saligna*, que ao final da secagem apresentou um teor de umidade no final da secagem (20%), concomitante a menor taxa de rejeito (12,54%).

## 7-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término e as conclusões do presente trabalho, vale ressaltar algumas observações e sugestões, a fim de contribuir para a melhoria contínua do processo produtivo de dormentes oriundos da madeira de *Eucalyptus*.

Após conhecer os mecanismos e processos da empresa, conclui-se que existe a necessidade de criar procedimentos operacionais que acompanhem o desenvolvimento da etapa de secagem e recursos que possam mitigar os defeitos desta. Seja pelo controle da umidade através de irrigação com o uso de aspersores ou por bombas costais ou, seja pelo controle do tempo em que os lotes permanecem no pátio durante o processo.

Sabe-se da efetividade do dispositivo anti-racha, porém recomenda-se o teste de outros aparelhos com uma área de recobrimento da seção superior de 70%, por apresentar baixo custo de produção.

Ainda há necessidade de mais pesquisas sobre o comportamento e as propriedades físicas dos dormentes oriundos das espécies de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus dunnii*, através de testes laboratoriais para comprovação das características desejadas. Completa-se assim o estudo e a viabilidade do seu uso para dormentes de estrada de ferro, contribuindo assim para embasar os empresários para uma melhor decisão.

## 8-REFERÊNCIAS

AGUIAR, O.J.R., JANKOWSKY, I.P. Prevenção e controle das rachaduras de topo em toras de *E. grandis*. IPEF, Piracicaba, nº. 33 p.39-46, 1986.

ASSISTAT<sup>®</sup> software versão 7.7 beta. Desenvolvido por SILVA, Francisco. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2015.

ANDRADE, Edmundo Navarro de. Dormentes. In: \_\_ **O eucalipto**. 2.ed. Jundiaí: Oficinas tipográficas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, p.17-36, 1961.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT. NBR 7511:2005**: Dormentes de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 12 p, 2005.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Análise experimental de dormentes de concreto protendido reforçados com fibras de aço. 254 p. **Dissertação** (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP, 1999.

BATISTA, Djeison Cesar. Qualidade da Secagem Convencional conjunta de Madeira de nove Clones do gênero *Eucalyptus*. **Dissertação** (Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal). Curitiba-PR, 2009.

BRANDÃO, A.T.O. Determinação de Metodologia para a Indicação de Programas de Secagem de Madeiras. 100p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

BRENNAN, L. J.; FRICKE, K. W.; KAUMAN, W. G. et al. Pre-drying in Australia. **The Australian Timber Congress Issue.**, p.360-369, 1966.

BORGES, Cilene Cristina. Potencial de uso de cruzetas de madeira tratada. 105 p. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2008.

CAMPBELL, G. S. & HARTLEY, J. - Drying and dried wood. In: HILLIS, W. E. & BROWN. AG. -Eucalypts for wood production. **Academic Press**, p. 322, 1984.

CALORI, J. V. & KIKUTI, P. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 20 anos de idade. In: **Eucalypts: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalypts**. Salvador, Brasil. 1997. p. 321-326.

COLENCI, Roberto Antônio. Desenvolvimento de equipamentos para avaliação em campo da dureza de madeiras para dormente ferroviário. 83 f. **Dissertação** (Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu-SP, 2006.

EMBRAPA FLORESTAS. **Zoneamento Ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba-PR. p. 30, 1986.

Especificação Técnica Dormente de Eucalipto- FCA – 1ª Categoria. VLI (DT 061 de 2013).

FABROWSKI, Fernando José; MUÑIZ, Graciela Inés Bolzon de; NAKASHIMA, Tomoe; NISGOSKI, Silvana; KLOCK, Umberto. Investigação da presença de óleo essencial em *Eucalyptus smithii* r.t. Baker por meio da anatomia de seu lenho e casca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 95-106, 2003.

FERREIRA, C. E. M.; CARRASCO, E. V. M.; HELMEISTER, J. C. Tecnologia de adesivos poliuretanos: propriedades e aplicações em madeiras. In: Encontro brasileiro em madeiras e estruturas de madeiras, 3., 1989, São Carlos. **Anais...** São Carlos: LaMEM/EESC-USP, p. 39 – 74, 1989.

FERREIRA, João Carlos. **O Paraná e seus municípios**, p.569-570, 1996.

GALVÃO, Antônio. Paulo Mendes. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF** n.11, p.53-65, 1975.

GROSSER, Diego. Defeitos da madeira. **Série técnica FUPEF**, n.2, p.1-62, 1980.

ICIMOTO, Felipe Hideyoshi. Dormentes em Madeira Laminada Colada de *Pinus oocarpa*. 115 p. **Dissertação** (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF. **Informação sobre algumas espécies de *Eucalyptus***. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/#saligna>. Acesso Julho de 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS FLORESTAIS – IPT. **Chave de identificação de espécies florestais (CIEF)**. Disponível em: [http://www.ipt.br/consultas\\_online/informacoes\\_sobre\\_madeira/busca](http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca). Acesso em Julho de 2014.



JANKOWSKY, Ivaldo Pereira. Equipamento e processos para secagem de madeira. In: Seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria. **Anais**. São Paulo - SP, 1995.

JANKOWSKY, Ivaldo Pereira. Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Anais**. IPEF, n.33, p.39-46, São Paulo, 1986.

JÚNIOR, Eder Duarte Fanaya; LOPES, Adriano da Silva. **Características físicas do solo em diferentes tratamentos na cultura do eucalipto em Aquidauana - MS**. 6 p. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Unidade Universitária de Aquidauana-MS, 2011.

LIMA, José Tarcísio; HEIN, Paulo Ricardo Gherardi; TRUGILHO, Paulo Fernando; SILVA, José Reinaldo Moreira. Adequação do Resistograph® para a estimativa da Densidade Básica da madeira de *Eucalyptus*. In: 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. EMBRAMEM, **ANAIS**. São Pedro-SP, 2006.

MARÇAL, Wilmar Sachetin; GASTE, Laurenil; NETTO, Ney Carlos Reichert; MARQUES, Marcelo Carlos Gargantini; FERNANDES, Reginaldo Pontes; MONTEIRO, Alexandre Amorim. Ocorrência de intoxicação aguda em bovinos pela samambaia (*Pteridium aquilinum*, L. Kuhn) no norte do Paraná-Brasil. **Semina: Ci. Agrárias**, Londrina, v. 22, n.2, p. 139-144, jul./dez. 2001.

MORESCHI, Joao Carlos. **Propriedades Tecnológicas Da Madeira**. 1ª edição: fevereiro/2005; 4ª edição: Novembro/2012 Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. Curitiba-PR, 2012.

OLIVEIRA, José Tarcísio; TOMASELLO, Mário; SILVA, José de Castro. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.6, p.993-998, 2005.

POLLI, Henrique Quero; REIS, Geraldo Gonçalves; REIS ;Maria das Graças Ferreira; VITAL, Benedito Rocha; PEZZOPANE, José Eduardo Macedo; FONTAN, Ivan da Costa Ilhéu. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v30, p.557-566, 2006.

PONCE, Reinaldo Herrero. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. IPEF, **Anais do Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria**. São Paulo-SP, p.50-58, 2005.

REVISTA DA MADEIRA - REMADE. **A madeira de eucalipto para dormentes.** Edição nº75 - Agosto de 2003. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=398&subject=Dormentes&title=A%20madeira%20de%20eucalipto%20para%20dormentes](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=398&subject=Dormentes&title=A%20madeira%20de%20eucalipto%20para%20dormentes). Acesso em Julho de 2014.

ROCHA, Ricardo Ramos. Avaliação não destrutiva de madeiras para dormentes ferroviários. 112 p. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu-SP, 2003.

ROCHA, Márcio Pereira. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias. 186 p. **Dissertação** (Dourado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia; Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2000.

ROCHA, Márcio Pereira; TRUGILHO, Paulo Fernando. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de Umidade **CERNE**, vol. 12, núm. 4, Outubro-Dezembro, p. 314-321, Universidade Federal de Lavras-MG, 2006.

SCANAVACA, Laerte Junior; GARCIA, José Nivaldo. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **SCIENTIA FORESTALIS** n. 63, p. 32-43, jun. 2003

SEVERO, Elias Taylor Durgante. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p.109-124, 2000.

SILVEIRA, Roberto Alonso; MONTAGNER, Lise Helene; ONUKI, Marcelo. Variação de resistência a ventos em procedências de *Eucalyptus saligna* Smith na região de Guaíba, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo-PR, n. 13, p.1-8, dez. 1986.

SIMÕES, João Walter; SPELTZ, Raul Mário; SPELTZ, Geraldo Érico; MELLO, H. A. Adubação mineral na formação de mudas de eucalipto. **Institutos de Pesquisa Florestal - IPEF** n.2/3, p.35-49, Curitiba-PR, 1971.

SOUZA, Marcos Aurélio Mathias. **Metodologias não destrutivas para avaliação das tensões de crescimento em *Eucalyptus dunnii* Maiden.** Dissertação (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia; Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2006.

SOUZA, Álvaro Nogueira; OLIVEIRA, Antônio Donizette; SOLFORO, José Roberto Soares; MELLO, José Marcio; CARVALHO, Luiz Marcelo Tavares. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de eucalipto cultivado em sistema agroflorestal. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 13, n. 2, p. 222-238, Abr./Jun. 2007.

STEELE, Philip H. Factors determining lumber recovery in sawmilling. Gen. Tech. Rep. FPL-39. 8 p. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, **Forest Service, Forest Products Laboratory**, 1984.

VALE, Rodrigo Silva; MACEDO, Renato Luiz Grisi; VENTURIN, Nelson; MORI, Fábio Akira; MORAIS, Augusto Ramalho. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de Eucalipto em sistema agrossilvipastoril. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.3, p.285-297, 2002.

VALÉRIO, Álvaro Felipe; WATZLAWICK, Luciano Farinha; SANTOS, Robi Tabolka; BRADELEIRO, Catize; KOEHLER, Henrique Soares. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) o. Kuntze. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, Set./Dez. 2007.