



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ALEXSANDHER VARGAS

**SECAGEM DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* SERRADO EM ESTUFA
INDUSTRIAL DESTINADO PARA A INDÚSTRIA MOLDUREIRA**

Tubarão

2022



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ALEXSANDHER VARGAS

**SECAGEM DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* SERRADO EM ESTUFA
INDUSTRIAL DESTINADO PARA A INDÚSTRIA MOLDUREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade do Sul de
Santa Catarina como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Dr. Jasper José Zanco

Tubarão

2022

ALEXSANDHER VARGAS

**SECAGEM DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* SERRADO EM ESTUFA
INDUSTRIAL DESTINADO PARA A INDÚSTRIA MOLDUREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade do Sul de
Santa Catarina como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

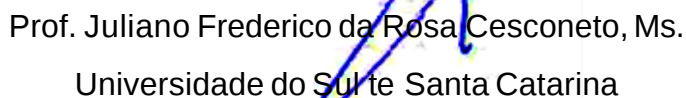
Tubarão, junho de 2022.



Professor e orientador: Jasper Jose Zanco, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Júlio César de Oliveira Nunes, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Juliano Frederico da Rosa Cesconeto, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, Iara Vargas, Djalma dos Passos e Inara Vargas, por me incentivar, apoiar e mostrar que o estudo é o melhor caminho.

A minha esposa, Silvia Cristina dos Santos, pelo apoio e incentivo para me esforçar cada vez mais para conseguirmos cumprir nossos objetivos e constituir nossa futura família.

A Universidade do Sul de Santa Catarina, pela oportunidade de permitir essa experiência magnífica de conhecer pessoas incríveis e aprender a importância da agronomia para o mundo.

Ao meu professor e orientador Jasper José Zanco, pela sua sabedoria e companheirismo, que é apreciada por muitos alunos.

Aos professores do curso de agronomia que compartilharam seus conhecimentos e suas experiências conosco.

A Empresa Indústria de Molduras Moldurarte pela oportunidade de execução do estágio e TCC, permitindo a minha formação ser menos apreensiva quando eu estava pensando onde conseguiria realizar os dois sem me preocupar em abandonar o meu emprego.

Aos meus colegas de trabalho, Evandro L. Boeing, Matheus G. Righez e Ronoel Jerônimo pela ajuda ao fornecer dados e conselhos de como realizar o estágio.

E aos meus colegas de faculdade, em especial, Eri Igor Aparecido dos Santos, Randriele Souza, Luana Gonçalves, Rodrigo Amboni, Rômulo P. Moya, Cristian Nunes, Vitor Tramontin, Emilio Savi, Tarcísio Rocha, Gabriel Santin e Vinícius Weber, pelo companheirismo demonstrado durante o curso, os melhores amigos e colegas que alguém poderia ter.

Conhecendo tanto a derrota quanto a vitória,
derramando lágrimas,
é assim que você se torna um verdadeiro homem.

(Shanks, One Piece).

シャンクス- ワンピース

RESUMO

Com o crescimento da indústria madeireira, a demanda por matérias-primas a granel e de qualidade aumenta, aumentando a pressão sobre a floresta tradicional, criando a necessidade de recorrer a plantações florestais, com nutrientes de rápido crescimento e manejados para atender a essa necessidade e além. Além disso, é importante tratar a madeira, inclusive secá-la, para reduzir ou eliminar problemas relacionados à umidade para que a madeira seja processada com eficiência para a produção do produto final. Sobre a floresta cultivada, em nosso país, a geração mais representativa é o *Eucalyptus* e o *Pinus*. O estudo visa avaliar a secagem de *Eucalyptus urograndis* serrada que já foi seca ao tempo por 12 meses, com uma estufa industrial para a indústria moldureira, analisando dados da curva de secagem, de umidade e rachaduras antes e pós secagem com o objetivo de avaliar a eficiência da secagem e averiguar as perdas causadas por rachaduras e fissuras.

Palavras-chave: Secagem. Estufa. Eucalipto. *Eucalyptus urograndis*.

ABSTRACT

With the growth of the timber industry, the demand for raw materials in bulk and quality increases, increasing pressure on traditional forest, creating the need to resort to forest plantations, with fast growing nutrients managed to meet this need and in addition. In addition, it is important to treat the wood, including drying it, to reduce or eliminate moisture-related problems, so that the wood is efficiently processed to produce the final product. Regarding the cultivated forest, in our country, the most representative generation is *Eucalyptus* and *Pinus*. The study aims to investigate samples of *Eucalyptus urograndis* sawn that has been weather-dried for 12 months, with an industrial oven for the molding industry, analyzing data from the drying curve, of humidity and cracks before and after drying in order to evaluate the drying efficiency and to investigate the losses caused by cracks and fissures.

Keywords: Drying. Stove. *Eucalyptus*. *Eucalyptus urograndis*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Pacote de madeira.....	14
Figura 2- Placa de identificação da caldeira.....	15
Figura 3 - Estufas industriais da Indústria de Molduras Moldurarte UN 4 LTDA.....	15
Figura 4 - Painel de controle das estufas.....	16
Figura 5 – Aparelho para medição de umidade.....	17
Figura 6 – Relatório de umidade (Antes).....	18
Figura 7 – Relatório de umidade (Depois).....	19
Figura 8 – Curva característica de secagem.....	21
Figura 9 – Diagrama de Kollmann.....	28
Figura 10 – Dados média das amostras de Eucalipto pelo medidor da estufa.....	29
Figura 11 – Valores médios da velocidade do ventilador.....	30
Figura 12 – Valores médios da umidade de vapor, em função do tempo.....	30
Figura 13 – Dados da umidade e velocidade do ventilador.....	31
Figura 14 – Dados de umidade observada ao longo do período de secagem.....	31
Figura 15 – Grampos antirrachadura para madeira.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medição de rachaduras - Pré-secagem.....	33
Tabela 2 - Medição de rachaduras - Pós-secagem.....	34
Tabela 3 - Diferença.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2 CURVA DE SECAGEM DO EUCALIPTO.....	20
3 PROBLEMAS QUE PODEM CORRER DURANTE E APÓS A SECAGEM.....	22
3.1 RACHADURAS E TRINCAS	22
3.2 QUÍMICOS / MANCHAS QUÍMICAS	23
3.3 EMPENAMENTO.....	24
3.4 COLAPSO	25
4 IMPACTO DA UMIDADE NO EUCALIPTO.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6 FORMAS DE REDUZIR PERDAS.....	35
7 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas, vem conseguido mostrar sua força dentro do cenário econômico presente do país, apesar dos problemas econômicos que a economia vem enfrentando, o setor de árvores plantadas no Brasil tem sido responsável por 1,2% do PIB Nacional, podendo chegar à receita bruta de R\$ 97,4 bilhões de reais em 2019 (IBA, 2020).

A produção proveniente de florestas plantadas distribui-se atualmente para os seguintes setores: 35% da área plantada pertencem ao segmento industrial de celulose e papel, 30% a produtores florestais independentes, 13% à indústria de siderurgia a carvão vegetal, 9% a investidores financeiros, 6% à indústria de painéis e pisos laminados, 4% à indústria de produtos sólidos de madeira e 3% a outros segmentos industriais (IBA, 2018).

No Brasil, as plantações ainda estão amplamente distribuídas nas províncias do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo, fornecendo principalmente celulose e papel, carvão, queima de madeira, serragem, tábuas e madeira serrada e painéis reconstruídos (aglomerado, chapa de fibra e MDF) (MEDRADO, 2003).

O eucalipto foi introduzido no Brasil em 1904 com o objetivo de fornecer madeira, toras e alojamento ferroviário, na região Sudeste, a partir da década de 1950, o eucalipto passou a ser utilizado como matéria-prima no abastecimento das fábricas de Papel e Celulose. O crescimento cultural mais significativo ocorreu durante os incentivos fiscais (décadas de 60, 70 e 80), que é um dos marcos históricos das florestas brasileiras. Ao fim dos benefícios fiscais, houve um crescimento negativo no plantio de eucalipto, fora, porém, da siderurgia a carvão (DOSSA, 2003).

A região de Santa Catarina abrange uma área de 95.443 km, que corresponde a 1,1% da área nacional e apenas 3% da população do Brasil. O estado é muito importante para a economia nacional, ocupando o 7º lugar na produção de riquezas

no Brasil, respondendo por 3,98% do PIB do país. Também é responsável por 5,06% das exportações, sendo o 6º maior exportador. Separado dos indicadores brasileiros, o PIB catarinense será o 8º maior da América Latina, à frente de países como Equador, Uruguai, Bolívia e Paraguai (JUNIOR, 2007).

De acordo com as florestas cultivadas, em nosso país, a geração mais representativa é a de Eucalipto e Pinus, onde a anterior se destaca pelas qualidades que a tornam uma importante fonte de recursos industriais, entre os quais sua capacidade produtiva, diversidade e, sobretudo, diversidade de espécies e a possibilidade de que o tipo atenda aos requisitos técnicos dos mais diversos componentes da produção industrial de madeira (ASSIS, 1999).

Segundo QUILHÓ e cols. (2000), há um grande número de espécies de madeira de *Eucalyptus* com características físicas e estéticas muito diferentes, permitindo a adaptação de algumas espécies nativas com folhas largas. A madeira de eucalipto tem diversos usos como: lenha, postes, postes, carvão, celulose e papel, fibra e aglomerado e a tendência de uso do melhor, como construção de casas, móveis e edificações, principalmente na região Sudeste e no Sul, onde as florestas naturais são escassas. Outro grande representante da floresta cultivada é o gênero Pinus, que é uma importante fonte de indústrias subdesenvolvidas, com grande parte de suas plantações localizadas no sul do Brasil, especialmente nas regiões do Paraná e Santa Catarina (MURARA JUNIOR et al., 2005).

O *Eucalyptus urograndis*, é um híbrido entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*, que apresenta resistência à deficiência hídrica. Sua madeira é considerada moderadamente leve, com o seu cerne bem diferenciado. O rendimento em comparação as espécies convencionais são consideradas superiores, podendo ter um desenvolvimento em diâmetro de 20% em relação às demais espécies, com adaptação comprovada em todas as regiões do país, menos o Sul, pois é susceptível a geadas severas (BENTEC, 2020).

Em quase todas as áreas de consumo de madeira, o monitoramento da umidade é um fator muito importante, pois o comportamento dessa matéria-prima varia de acordo com a quantidade de água presente. Quando se trata de monitorar o teor de umidade da madeira, o desenvolvimento de métodos de determinação

rápidos, baratos e confiáveis é muito necessário. A relação entre resistência elétrica e resistência à umidade tem sido utilizada com sucesso na determinação da quantidade real de água presente em uma peça ou amostra de madeira. Comparado com o método gravimétrico, onde a determinação do teor de umidade é feita pela diferença de massa das amostras, antes e após a passagem do processo de secagem na estufa, o método do medidor elétrico apresenta vantagens em termos de desempenho e rapidez, pois é muito importante. na indústria madeireira, onde a umidade das peças de madeira produzidas precisa ser feita de forma honesta e rápida.

Dada a importância crítica do setor florestal no estado de Santa Catarina, são necessários estudos que visem identificar barreiras para esse setor. O objetivo principal deste estudo é investigar a secagem de eucalipto na região de Santa Catarina.

1.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Indústria de Molduras Moldurarte, CNPJ: 86.429.834/0004-85, localizado em São Ludgero, Santa Catarina, Brasil (-28°19'17.76"S, -49°10'53.43"O). Foram utilizadas as estruturas da gradeadeira, estufa, caldeira e galpões para a realização do estudo.

Na Moldurarte, a unidade de São Ludgero realiza o recebimento e processamento das madeiras serradas, principalmente de *Pinus taeda* e *Eucalyptus urograndis*, enquanto as outras unidades realizam o acabamento e o armazenamento e distribuição do produto final, que é a moldura em barra.

No pátio há pilhas de eucalipto com madeiras que acabam não sendo necessárias com urgência e ficam secando ao ar livre, porém a secagem ao ar livre tem dificuldade de prosseguir quando a madeira chega aos 30% de umidade (CARNEIRO e OLIVEIRA, 2013). O estudo avaliará os pacotes com 12 meses de secagem ao ar livre, avaliando sua umidade e rachaduras antes e pós secagem para

determinar, se vale a pena deixar que pacotes fiquem tanto tempo para do e as perdas que podem acontecer pela rachadura após a secagem.

Foram avaliados 4 pacotes com 18 amostras em cada, para a medição das rachaduras nas pontas e no meio das tábuas (Figura 1).

Figura 1 – Pacote de madeira



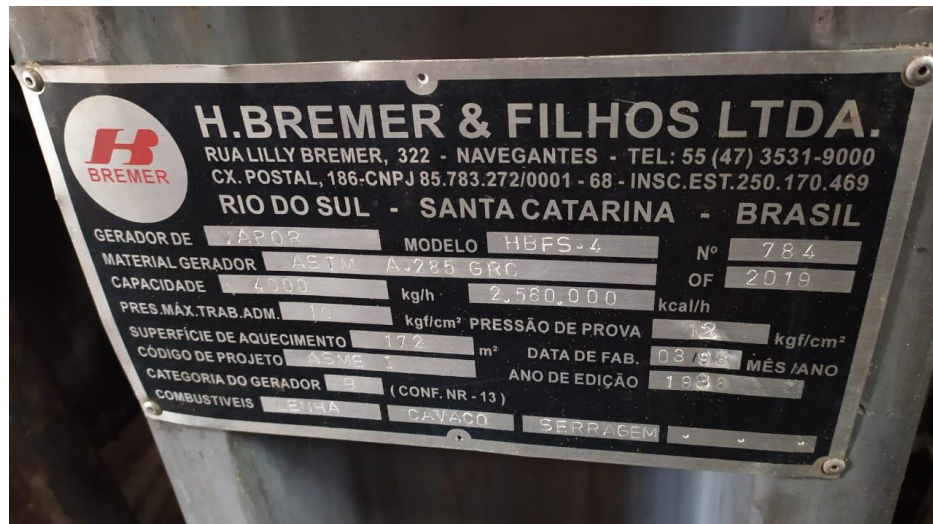
Fonte: Autor, 2022. As tábuas dos pacotes identificados numericamente.

As tábuas com as rachaduras medidas nos 4 pacotes foram identificadas de 1 à 18 e com um spray laranja e os pacotes foram identificados com os seus respectivos números de 1 à 4.

O sistema de secagem é composto pela caldeira e estufa, em que a caldeira de modelo HBFS – 4 da empresa H. Bremer e Filhos LTDA (Figura 2), realiza a queima de lenhas, provenientes de rejeitos da própria produção, ou seja, é autossuficiente o fornecimento de combustível para a queima, que ferve a água à

altas temperaturas, gerando assim o vapor que é transportado através de um sistema de encanamento suspenso que abastece as 7 estufas que a empresa possui (Figuras 3 e 4).

Figura 2 – Placa de identificação da caldeira



Fonte: Autor, 2022. Placa de identificação da caldeira modelo HBFS-4 da H. Bremer & Filhos LTDA.

Figura 3 – Estufas industriais da Indústria de Molduras Moldurarte UN 4 LTDA



Fonte: Autor, 2022. Estufas Industriais fabricadas pela Gotttert S.A.

Figura 4 – Painel de controle das estufas



Fonte: Autor, 2022. Paine de controle das estufas Industriais da empresa.

O processo de secagem da madeira ocorre com o aquecimento através do vapor, que faz a umidade deslocar-se das camadas internas da madeira para superfície e assim evaporando conseqüentemente, acontece o processo semelhante com a madeira seca ao ar livre, porém é utilizada a temperatura ambiente e o clima, e isto acaba tomando muito tempo, por isso a utilização de estufas industriais é muito vantajoso.

Além disso as estufas possuem ambiente controlado que pode ser facilmente alterado de acordo com a curva de secagem e necessidade da empresa, como temperatura, tempo, velocidade e circulação do ar através dos ventiladores que tem a função de distribuir o calor do vapor uniformemente.

A madeira seca sofrerá significativa redução de peso, facilitando o seu transporte e manuseio durante o processo de preparação da madeira e também sua resistência ao apodrecimento é significativamente aumentada, por conta da umidade que é reduzida. Além disso dá uma melhor resistência a deformação, empenamentos e rachaduras, e também facilitar a aplicação de verniz e pintura (Informativo técnico, Secamaq, 2018).

1.1.1 COLETA DE DADOS

Foi realizada uma coleta de dados sobre o teor de umidade dos pacotes de *Eucalyptus urograndis*, para isso foi utilizado um medidor portátil da Marrari Automação (Figura 5) que utiliza sensores não invasivos para medir a umidade, no caso, apenas o contato com a madeira é necessário. Esses sensores emitem um campo elétrico de alta frequência, que penetra na madeira, medindo sua umidade com uma variedade de correntes de produção.

Figura 5 – Medidor de umidade

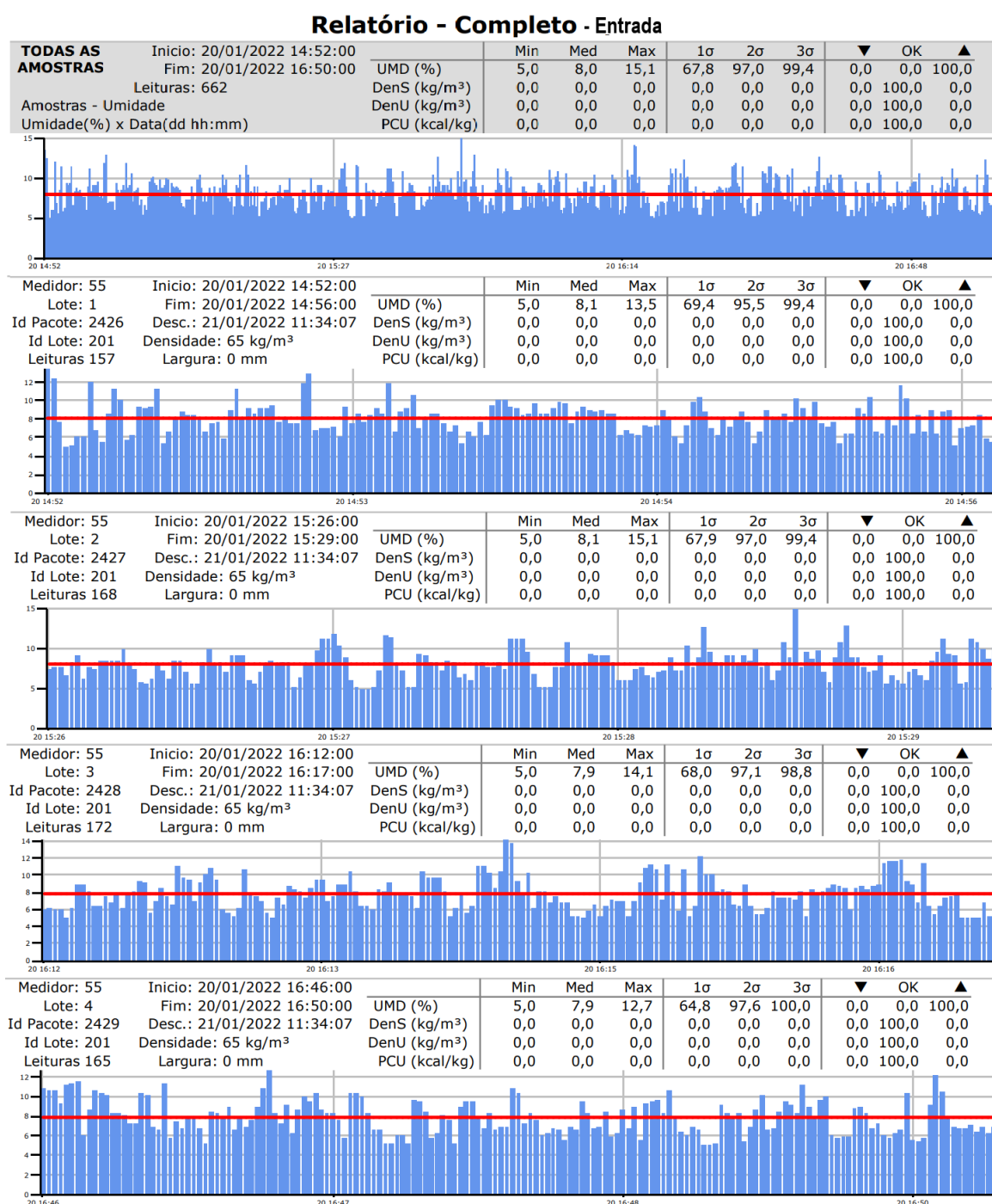


Fonte: Autor, 2022. Medidor de umidade MUB MOBIL da Marrari Automação.

O método de medição utilizado permite que a umidade seja confirmada por um simples toque sensorial na superfície da peça, mas o valor obtido não é um excesso e sim uma medida de até 50 mm de profundidade, o que permite uma leitura confiável do material utilizado. O processo de utilização do equipamento é a inserção da lança entre os pacotes e puxar lentamente para possibilitar a medição de amostras em cada fileira de tábuas, repetindo aleatoriamente em cada pacote desejado. Normalmente são realizadas as medições de 8 a 10 pacotes, neste estudo foi realizada a medição de 4 pacotes por conta da baixa quantidade do lote que foi seca.

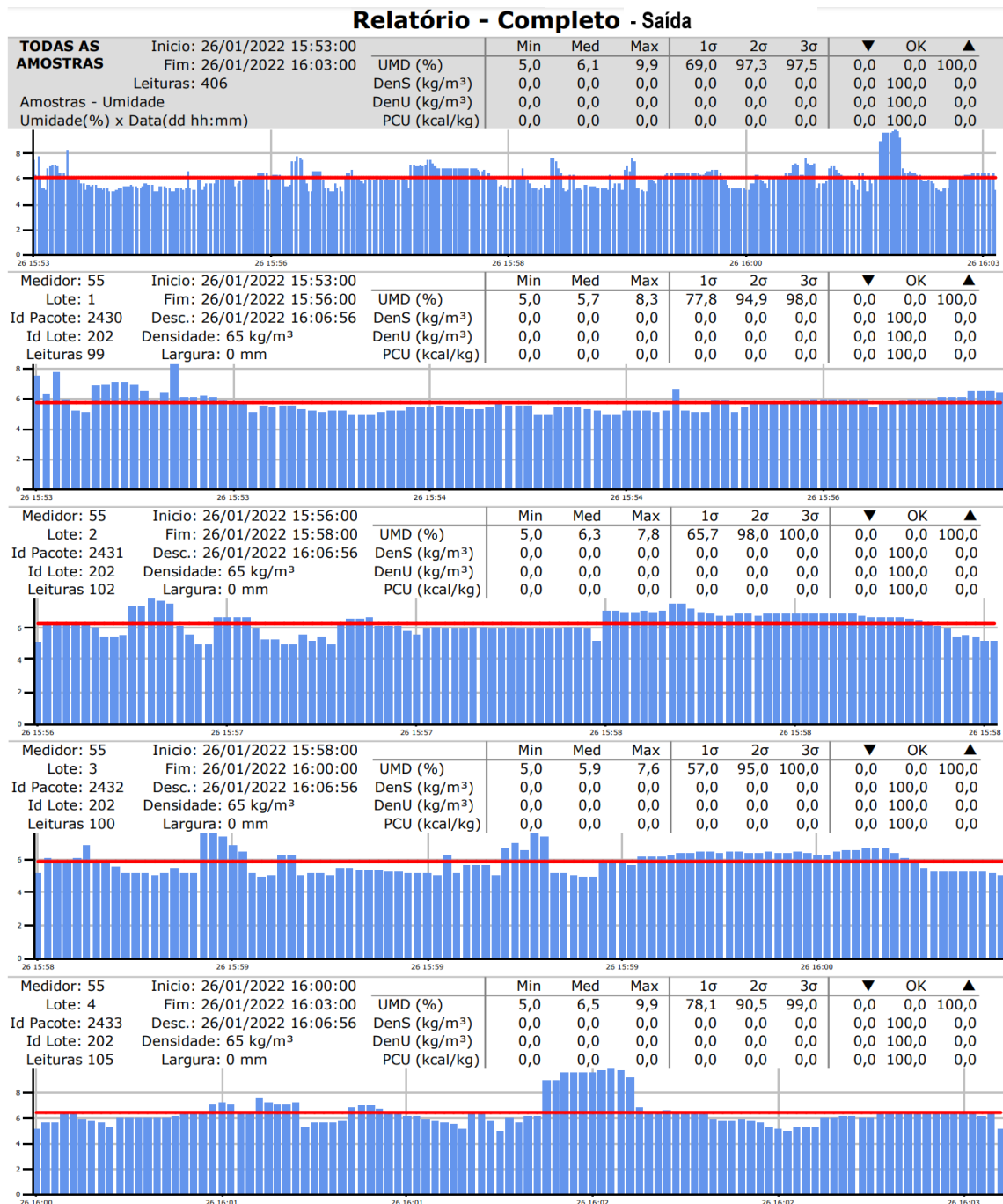
Após as coletas o aparelho é conectado ao computador que processa os dados e que geram relatórios precisos para a conferência (Figura 6 e Figura 7).

Figura 6 - Relatório de umidade (Antes)



Fonte: Autor, 2022. Relatório de umidade antes da secagem, mostrando as mínimas, médias e máximas de cada pacote.

Figura 7 - Relatório de umidade (Depois)



Fonte: Autor, 2022. Relatório de umidade após a secagem, mostrando as mínimas, médias e máximas de cada pacote.

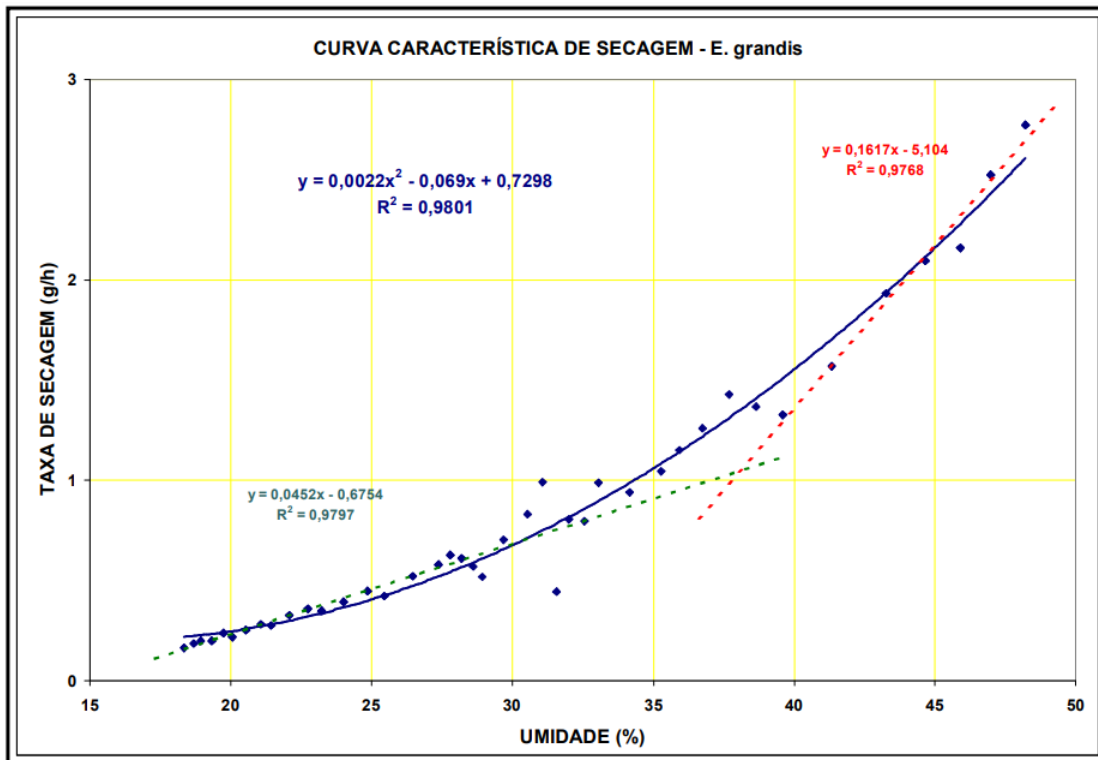
2 CURVA DE SECAGEM DO EUCALIPTO

Segundo Zanuncio et al. (2013b), o método ao ar-livre é de baixo custo, mas requer um longo tempo para obter a umidade necessária. Na secagem ao ar livre, as tábuas de eucalipto são deixadas expostas ao clima local, como temperatura, umidade e circulação de ar. No início do processo de secagem, a perda de água é muito mais rápida, pois a madeira tem maior umidade. À medida que o teor de umidade da madeira se aproxima da saturação da fibra, em cerca de 30%, a perda de água torna-se acentuada e, conseqüentemente, o ressecamento torna-se menor (JANKOWSKY, 1990).

Zenid (2009) explica que a madeira de eucalipto é considerada de difícil secagem, podendo ocorrer defeitos como quedas, colisões e rachaduras.

De fato, a madeira de eucalipto é semelhante a outras madeiras, devendo ser cuidadosamente considerada isoladamente e em suspensão (PONCE, 1995). A madeira de eucalipto da Figura 2 não apresenta uma curva de nível fixo no elemento de curva (Jankowsky; Santos; Andrade, 2003). A incapacidade de penetrar no eucalipto tende a se deteriorar, enquanto os gradientes de umidade tendem a rachar, os erros geralmente aumentam com o aumento da temperatura. Esta é uma importante razão pela qual a madeira de eucalipto é conhecida por sua secagem lenta e dura e é propensa a deformidades, que podem ser potencializadas pela liberação de pressões de crescimento (Jankowsky; Santos; Andrade, 2003).

Figura 8 – Curva característica de secagem



Fonte: Jankowsky; Santos; Andrade (2003).

Silva et al. (1997) estudaram a secagem externa da madeira de eucalipto e concluíram que o uso de lajes de concreto sobre a estaca, evitando que as tábuas se movimentassem e lutassem durante a secagem, foi um fator chave na redução do número de empenamentos. Os mesmos autores afirmam que os fragmentos encontrados na parte central inferior da pilha apresentam alto teor de umidade, indicando que a altura da base utilizada foi insuficiente para garantir a troca de ar úmido encontrado nessas regiões.

O tempo médio para passar do PSF (Ponto de Saturação de Fibras) e chegar até 23% de umidade pode ser de 65 dias (ZEN, 2019), dependendo do clima da região.

3 PROBLEMAS QUE PODEM CORRER DURANTE E APÓS A SECAGEM

Dano por secagem é qualquer possível alteração na estrutura da madeira que dificulte sua operação ao longo do tempo (BATISTA, 1989). Os erros causados pela secagem, além de reduzirem o valor de mercado da madeira, geram desinteresse pelo uso de variedades falsificadas. Este fato contribui, em parte, para a exploração seletiva de um pequeno número de espécies (MARTINS, 1988).

Galvão e Jankowsky (1985) enfatizam que, para reduzir o ressecamento e reduzir os erros, geralmente é recomendado secar um tipo por vez e peças de mesma resistência e qualidade. Além disso, a madeira na carga deve ter aproximadamente a mesma umidade no início da secagem. A seleção adequada e o uso de divisores reduzem muito a dobra do cartão, permitindo um processo de secagem mais rápido e uniforme. Para reduzir o empenamento da placa durante a secagem, as linhas divisórias devem ser alinhadas diretamente.

Segundo Mendes e cols. (1998), grandes erros são produzidos durante o processo de secagem de fissuração, fissuração, desintegração e solidificação da superfície.

3.1 RACHADURAS E TRINCAS

As trincas superficiais são caracterizadas quando as pressões que ultrapassam a resistência da madeira maciça associada às cordas sobem para o topo, devido ao forçamento inicial da suspensão, o que faz a diferença. excesso de umidade e espaço entre a madeira (GARBE, 2006).

Segundo Klitzke (2002), uma forma de evitar altas fissuras é evitar o uso de ondas de ar muito fortes e secas em um ambiente de madeira úmida. Quanto mais dura a madeira, mais provável é que apareçam rachaduras. Esse fenômeno ocorre principalmente na primeira etapa de secagem e, quando detectado a tempo, pode ser reduzido aumentando a umidade relativa do ar no interior do forno.

Segundo Oliveira (1981) e Galvão e Jankowsky (1985), as rachaduras parecem ser o resultado de diferenças nas diferenças de encolhimento de luz e tangencial da madeira e diferenças de umidade entre as regiões combinadas da parcela durante o processo de secagem. Sanantini (1992) conclui apontando que as trincas são a separação dos elementos da madeira no lado comprido do veio. Existem três tipos de pontas duplas: superior, inferior e interna. Mais e mais rachaduras ocorrem nos estágios iniciais, devido ao teor de umidade (DENIG et al., 2000). No entanto, trincas internas aparecem no final do processo, muitas vezes associadas ao aumento da fragmentação local (Santos, 2002).

3.2 QUÍMICOS / MANCHAS QUÍMICAS

Klitzke (2002) relata que são produzidos por uma ação fúngica ou por alterações químicas que ocorrem pela dissolução de solventes em água, geralmente açúcares e taninos, ambos sob oxidação, levando ao marrom escuro quando exposto ao calor e oxigênio. Quando a madeira é exposta a temperaturas acima de 50°C, solventes solúveis em água são derretidos e movidos para cima e colocados em uma camada de 0,5 a 2mm de profundidade, e manchas amarelas se formam a partir de 60°C, formando manchas marrons, que começam a se formar quando a temperatura de operação é próxima a 90°C (Mendes, 2011).

Klitzke (2002) observou que a cor é marrom ao utilizar altas temperaturas quando o teor de umidade da madeira excede o PSF.

Em Tomaselli (2000), outras formas de redução de manchas podem ser consideradas:

- i. Redução dos intervalos de tempo entre corte e corte e entre corte e secagem;
- ii. O uso de altas temperaturas para evitar o processo de coloração, devido à inatividade das enzimas envolvidas;
- iii. A utilização de sistemas de secagem em duas fases, temperaturas médias e madeiras com teor de umidade superior a 30% e altas temperaturas desde então até a umidade final;

- iv. O uso de quimioterápicos após a separação, mas além de tóxicos, os produtos têm causado problemas no manuseio;

3.3 EMPENAMENTO

Resumidamente, Oliveira (1981) descreve empenamento como qualquer distorção que ocorre na madeira. Pratt (1974), Oliveira (1981), Galvão e Jankowsky (1985), Martins (1988), entre outros, apontam que existem cinco tipos comuns empenamentos:

a) Dobra: causada por diferenças longitudinais alcançando entre as laterais, da mesma madeira;

b) Empenamento: ocorre também pela diferença de enrugamento na superfície do caule quando um deles seca mais rápido que o outro, pela inconsistência do grão e pela tensão que ocorre durante o crescimento da árvore;

c) Instalação em tubo: detectada quando há secagem rápida de uma superfície ou quando uma superfície se dobra sobre a outra, mesmo com a mesma secura, devido ao plano de corte da peça (radial ou tangencial);

d) Torção: as causas podem ser semelhantes ao tubo, e também podem ser causadas por uma combinação de diferentes abreviaturas e desvios de grãos (espiral, diagonal, entrecruzado, ondulado);

e) A forma de um diamante: característica das peças quadradas, causada pela diferença entre a curvatura tangencial e radial, em que os anéis de crescimento vão diagonalmente de um ângulo ao outro;

Santos (2002) recomenda que medidas preventivas sejam iniciadas após a cirurgia de separação. Ao preparar pilhas para secagem, recomenda-se fazer pilhas planas, usando divisores do mesmo tamanho e verificar sua forma correta.

3.4 COLAPSO

O colapso é caracterizado por um tipo de contração anormal e anormal, que se manifesta durante a drenagem capilar, levando à quebra das células internas. O dobramento ocorre acima do ponto de enchimento da fibra e, portanto, geralmente ocorre no início da suspensão (NIJDAM et al., 2000).

Segundo Jankowsky (1995), as quedas são uma inclinação irregular da madeira, que se caracteriza por flutuações na superfície das peças, que podem ser completamente distorcidas. O principal motivo da queda é a tensão capilar, que se manifesta nos estágios iniciais da erosão, quando a umidade da madeira é maior que o PSF. Além disso, o pequeno diâmetro dos capilares e cavidades, as altas temperaturas no início da montagem, a massa de certas madeiras e a alta densidade do líquido extraído da madeira contribuem para a formação de células colapsadas. Recomenda-se o uso de sistemas de suspensão especiais projetados para reduzir esta característica.

4 IMPACTO DA UMIDADE NO EUCALIPTO

A umidade afeta diretamente o tamanho, tamanho, propriedades de suas estruturas, invasão de fungos, erros como flexibilidade, torção, flexão, entre outros (MORESCHI, 2014). A flexibilidade da umidade da madeira e da natureza é muito importante, pois trata da diversidade e do impacto do ambiente externo como temperatura e umidade relativa ao ambiente (GALINA e JANKOWSKY, 2013)

Ressalta-se que perde umidade continuamente, inicialmente por evaporação de moléculas de água livre ou fluido capilar. Após a finalização desse processo, a madeira atingiu o ponto de enchimento da fibra ou o ponto de enchimento (PS), mantendo na madeira apenas as moléculas de água encontradas no interior das paredes celulares, impregnação ou adesão de água (ELEOTÉRIO, 2014).

A evaporação das moléculas de água livre ocorre rapidamente, até o ponto de plenitude, geralmente com umidade relativa entre 20% e 30%. A ABNT (7190: 1997) assume como valor de referência um teor de umidade de 25% de PS. A estabilidade

dimensional e os valores de preço ligados à resistência e propriedades elásticas não são comprometidos devido ao fluxo de água livre. Após PS, a evaporação continua em baixas velocidades até o nível de umidade equivalente (EU), dependendo do tipo considerado, temperatura (T) e umidade relativa (RHA). A ABNT (7190: 1997) usa EU = 12%, estado alcançado T = 20°C e URA = 65%. Acesso à percentagem de umidade abaixo da UE apenas através da utilização de fornos e câmaras de vácuo. A madeira pode liberar água na forma de vapor, essa ação é descartada em grande quantidade, devido à baixa densidade do vapor em relação ao líquido no líquido. A secagem é o processo de evaporação de moléculas de água livres e água de entrar na água. Como já mencionado, a madeira de árvores recém-cortadas pode conter níveis muito altos de umidade, que são gradualmente reduzidos enquanto a separação é esperada. Após esta fase, a umidade continua a diminuir, com a velocidade influenciada pela espécie, as condições naturais, o tamanho das peças e o tipo de embalagem aceitável. O procedimento final deve ser realizado apenas em níveis de umidade abaixo de PS. Com a redução da rigidez da madeira, causada pela evaporação, os custos de deslocamento são reduzidos, além dessa característica, a conversão da madeira bruta em produtos adequados para uso em diversos ramos, requer pré-secagem devido a diversos fatores: redução do movimento dimensional, que permite a aquisição de componentes em operação, sujeito às condições de uso, deve ser suficiente; possível alto desempenho de acabamento com tintas e vernizes aplicados na superfície da peça; chances reduzidas de infecções fúngicas; aumentando a eficiência do folheado de madeira contra a necessidade de biologia; um aumento nos valores numéricos associados à resistência e propriedades elásticas.

A secagem de madeira em estufa é um método recomendado pela ABNT (7190: 1997) para determinar a umidade da madeira. Para isso, são utilizados corpos de prova com diâmetro de 2 cm x 3 cm e comprimento próximo às marcações do ponto de 5 cm.

A umidade tem um efeito profundo nas áreas lenhosas. À medida que a umidade aumenta, a energia diminui até o ponto de saturação da fibra. Acima do ponto de enchimento da fibra, o volume e o peso específico da madeira não são afetados pelo nível de umidade, levando a uma resistência quase constante. Ao

colocar a peça abaixo do ponto cheio, há uma diminuição de volume e um aumento de peso e resistência. As estruturas de madeira para compressão, flexão e cisalhamento começam a aumentar quando a umidade cai abaixo de 22% a 28%, com uma estimativa de 25%. Variações de menos de 25% de umidade podem ser representadas por lei logarítmica ou, mais provavelmente, por regra de linha.

A porcentagem de umidade tem um efeito significativo na espessura aparente da madeira. Um dos métodos mais conhecidos para medir essa variação foi proposto em 1934, conforme relatado por Kollmann & Coté (1968) apud Calil Junior (2003). Em sua pesquisa, o autor trabalhou com espécies de climas frios e frios, que se caracterizam por uma baixa taxa de crescimento anual.

Recentemente, Logsdon (1998) apud Calil Junior (2003), utilizando variedades cultivadas no Brasil, propôs a equação para representar o efeito da umidade no congestionamento aparente.

$$\rho_{12} = P_u + P_u [(1 + \delta_v) \cdot \frac{(12 + U)}{100}]$$

Nesta expressão, tem se:

$$\delta_v = \frac{\Delta V}{U} \text{ e } \Delta V = \frac{V_u - V_s}{V_s} \cdot 100$$

Onde: ρ_{12} é a densidade aparente à umidade de 12%, g/cm³;

P_u é a densidade aparente à umidade de U%, g/cm³;

U é a umidade da madeira no instante do ensaio, %;

δ_v é o coeficiente de retratibilidade volumétrico;

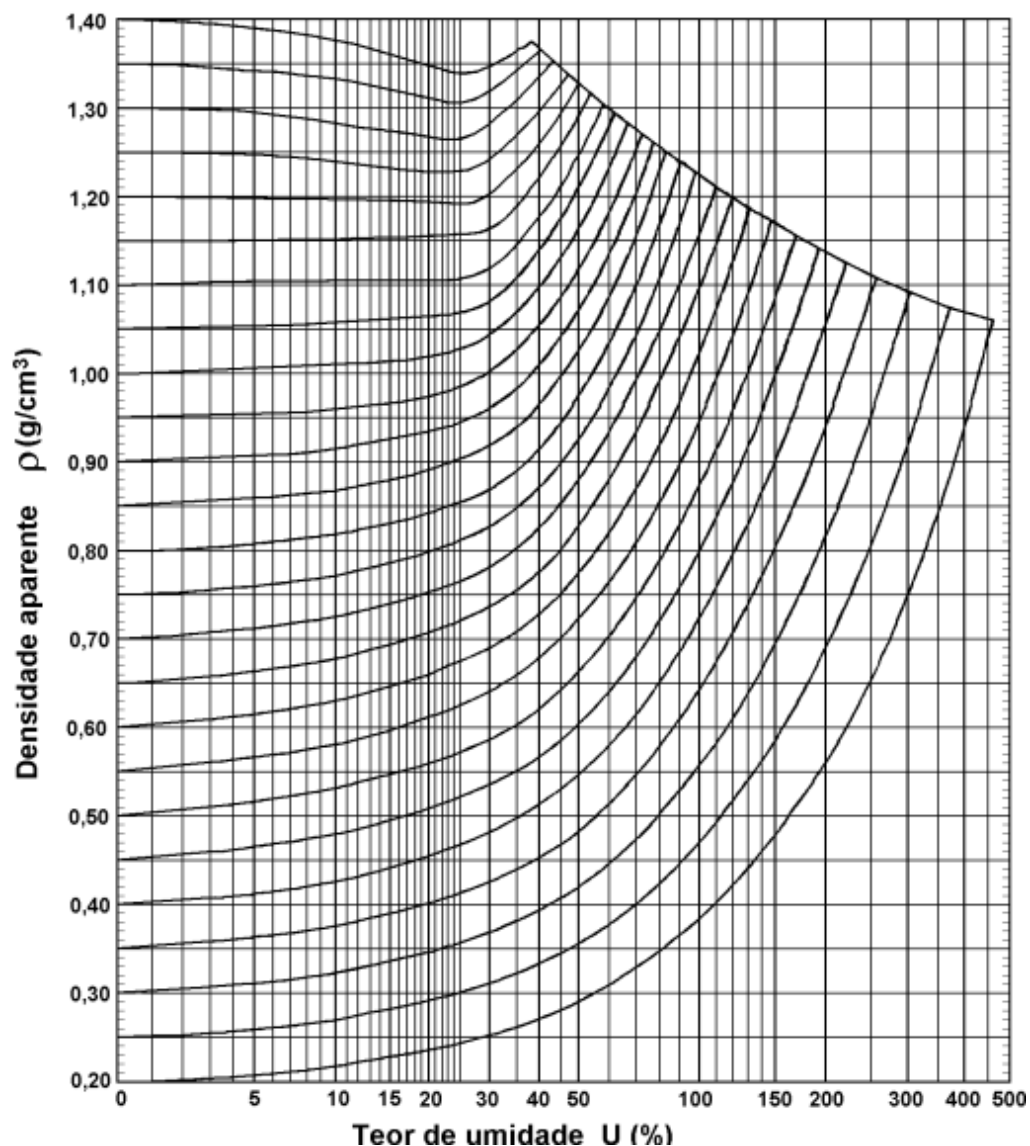
ΔV é a retração volumétrica, para umidade variando entre U e 0%;

V_u é o volume do corpo-de-prova com umidade de U%, cm³;

V_s é o volume do corpo-de-prova com umidade de 0%, cm³.

Desenho detalhado por Kollmann, Fig. 9, e a expressão proposta por Logsdon, (1998) pode ser usada para ajustar a densidade aparente da amostra a um teor de umidade de 12%. Tais ajustes são necessários, pois é quase impossível amostrar com 12% de umidade para obter a densidade e outras propriedades necessárias para o desenvolvimento de projetos de edifícios.

Figura 9 – Diagrama de Kollmann

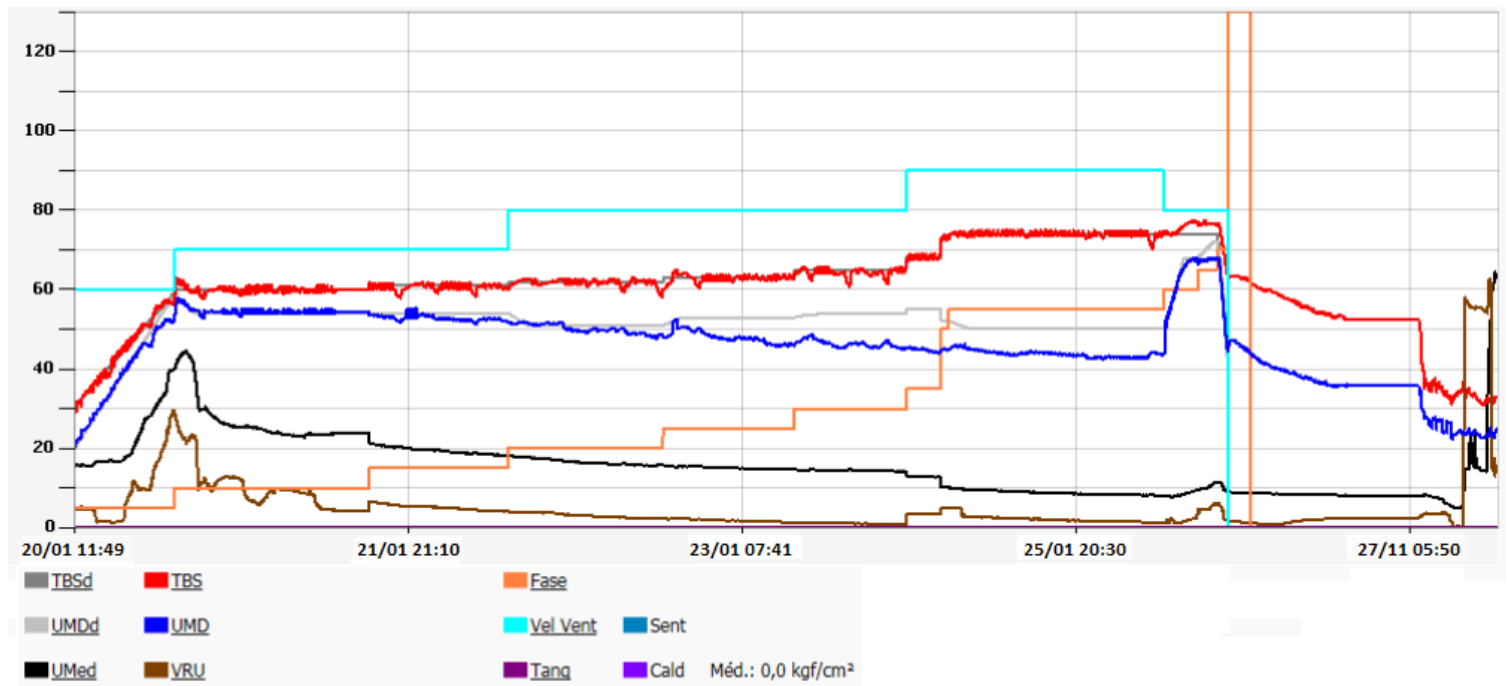


Fonte: Pfeil (1986) Representa a variação da densidade aparente da madeira com seu teor de umidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

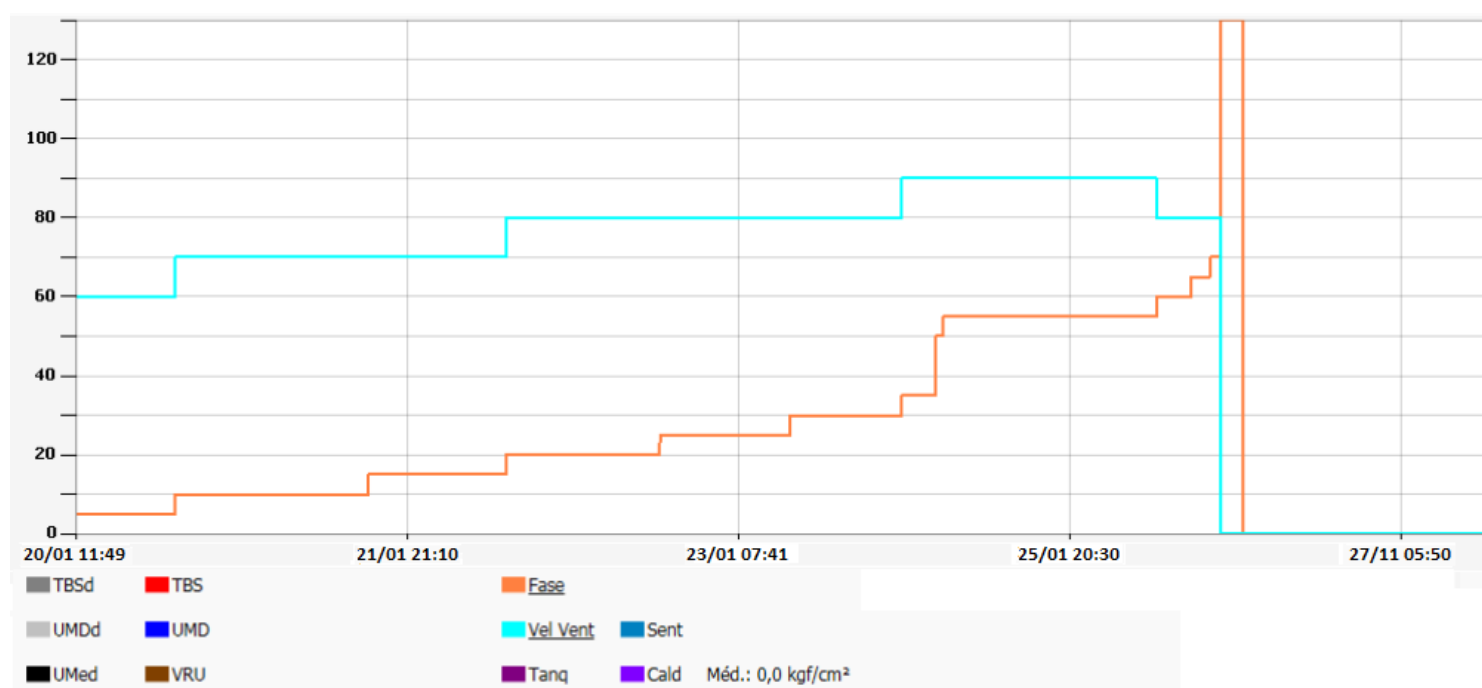
Nas figuras 10 à figura 14 é possível observar os dados do estudo, onde foram obtidos dados da umidade pelo método de estufa das amostras de Eucalipto.

Figura 10 - Dados média das amostras de Eucalipto pelo medidor da estufa



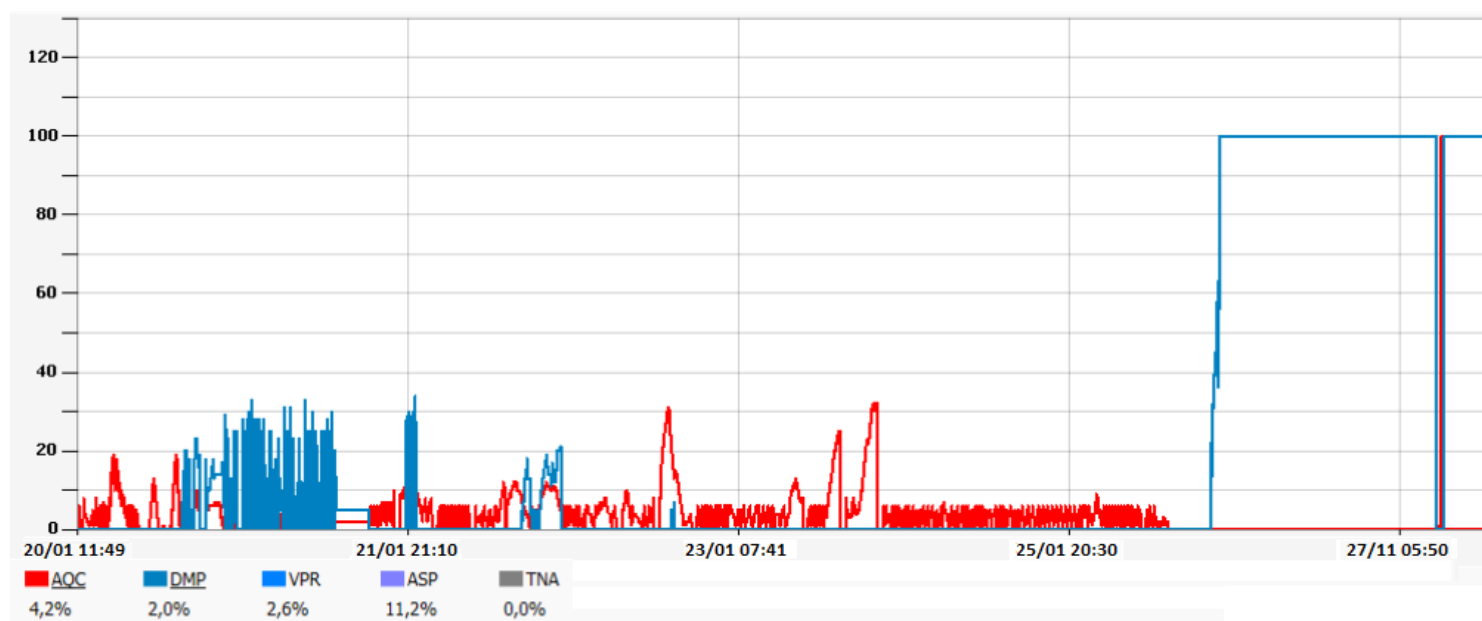
Fonte: O autor, 2022. Legenda: Vermelho: tbs; Azul: umidade; Azul claro: velocidade de ventilador; Laranja: fase de secagem; Preto: umidade media; Marrom: variação da umidade do ar; azul-claro claro velocidade do ventilador em porcentagem (100 % = 1250 rpm); Vermelho: aquecimento por radiador porcentagem da abertura da válvula; Azul: abertura de damper em %; Azul escuro: vapor; Roxo: aspersor.

Figura 11 – Valores médios da velocidade do ventilador



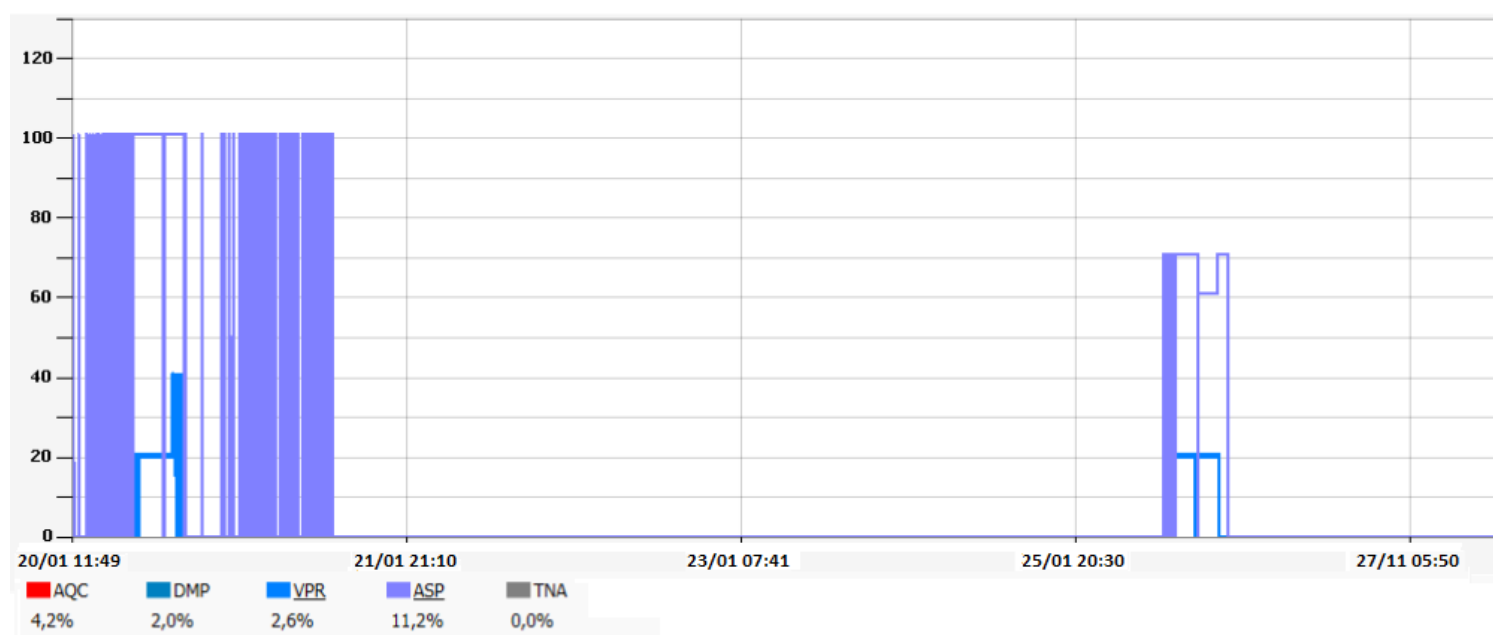
Fonte: O autor, 2022. Os ventiladores propagam o vapor para que ocorra uniformidade na secagem.

Figura 12 – Valores médios da umidade de vapor, em função do tempo



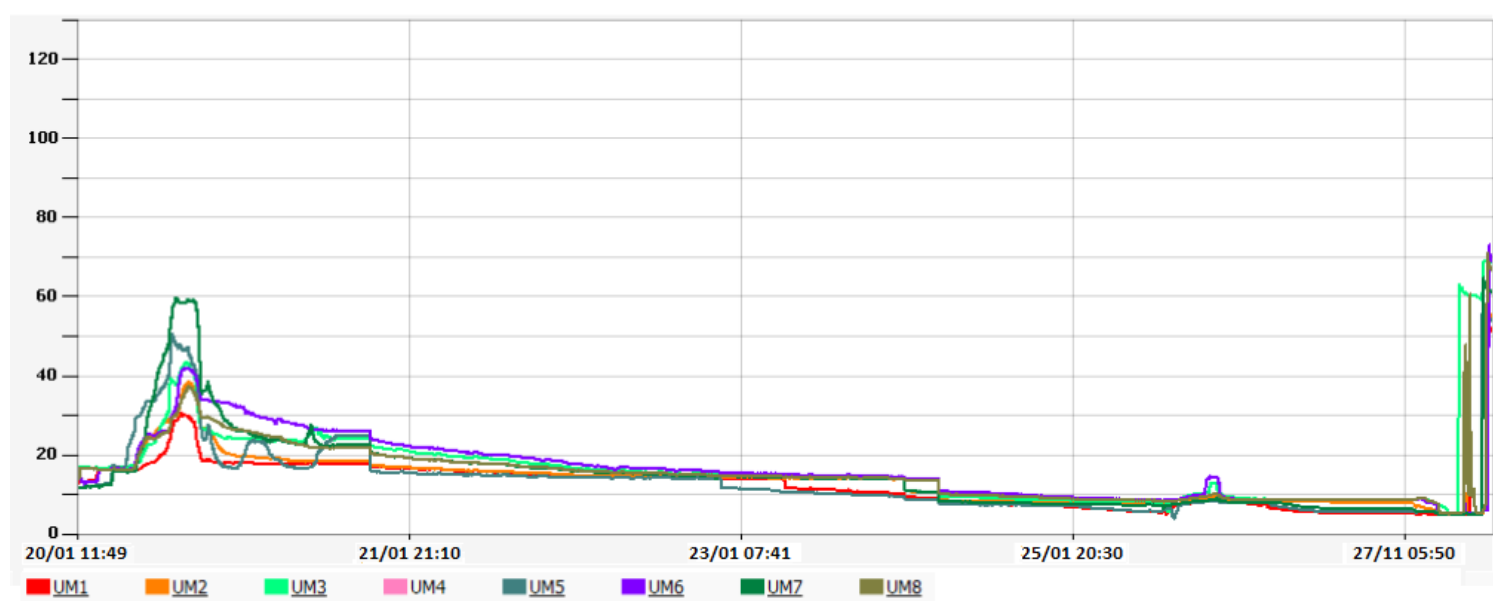
Fonte: O autor, 2022. Valores médios da umidade do vapor.

Figura 13 – Dados da umidade e velocidade do ventilador



Fonte: O autor, 2022. Potência do ventilador e aspersores.

Figura 14 – Dados de umidade observada ao longo do período de secagem



Fonte: O autor, 2022. Umidade mostrada nos sensores em pacotes aleatórios.

Os valores encontrados neste trabalho vão ao encontro dos confirmados por Pinheiro (2013), que, ao determinar as propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla*, aos 5 anos de idade, basicamente, confirmou a desvalorização de classificação C/A. medida que a altura da árvore aumentava. O autor viu uma quantidade igual a 1,36 toras obtidas com 0% de comprimento e 0,20 toras obtidas com 100% do comprimento comercial total das árvores testadas. Segundo Evangelista (2010), as toras de pequeno diâmetro encontradas nas partes superiores das árvores possuem menos cerne e mais alburno, consequentemente, níveis de C/A mais baixos, pois contêm grande proporção de madeira pequena, que ainda não sofreu processo de certificação.

Segundo Vital e cols. (1985), a largura das tábuas está relacionada à distância que a água percorrerá do interior da madeira até a superfície, onde evaporará. Portanto, quanto maior o tempo de secagem e menor a taxa de suspensão da madeira com maior alcance em relação às outras classes, o que comprova o efeito do tamanho da madeira no vazamento de água. Portanto, parece que mesmo a secagem ocorre em temperaturas mais elevadas do que as condições naturais, a largura da madeira afeta a vazão de água do interior da madeira, consequentemente, influenciando no tempo de secagem, largura recomendada das tábuas. antes de colocar no forno para melhor desempenho e maior homogeneidade do teor de umidade da carga de madeira. Considera-se que o tempo de secagem das toras de eucalipto é reduzido pelo aumento da temperatura no forno, pelos diferentes diâmetros e pela presença ou ausência de casca. Portanto, as distâncias entre as curvas de secagem e os diferentes tempos de secagem garantidos na Figura 3 até a figura 7 são o resultado da diferença entre os níveis de secagem.

Curto tempo de secagem em altas temperaturas devido ao aumento da temperatura da madeira, o que leva a um aumento na taxa de evaporação da umidade interna no topo, o que aumenta a velocidade de secagem (BATISTA et al, 2010; COELHO, 2013). Outra razão para a alta eficiência da secagem em altas temperaturas seria a alta velocidade de secagem da superfície da madeira, que aumenta a umidade relativa entre o interior e o interior, além de aumentar o volume de ar para grandes quantidades de vapor d'água.

Foi realizada a medição das rachaduras antes e pós secagem para averiguar as perdas durante a secagem, para isso, foi utilizado uma trena para medir as rachaduras nas pontas e as fissuras no meio das tábuas separadamente.

As medições foram realizadas no dia 20 de janeiro durante o período da manhã, em pacotes de madeira de 42mm de espessura, 165mm de largura e 3000mm de comprimento, gradeados em 18 de altura por 6 de largura.

Tabela 1 - Medição de rachaduras - Pré-secagem

	PCT1			PCT2			PCT3			PCT4		
	Topo	Meio	Total	Topo	Meio	Total	Topo	Meio	Total	Topo	Meio	Total
1	57	87	144	47	158	205	85	162	247	50	0	50
2	35	0	35	13	0	13	19	14	33	43	0	43
3	24	0	24	16	0	16	50	47	97	29	42	71
4	18	0	18	52	41	93	21	10	31	42	0	42
5	32	40	72	33	3	36	21	0	21	82	25	107
6	44	24	68	81	200	281	40	137	177	15	18	33
7	41	6	47	37	0	37	95	60	155	6	8	14
8	34	11	45	41	0	41	112	28	140	39	8	47
9	46	8	54	65	7	72	61	151	212	78	58	136
10	27	62	89	55	102	157	12	4	16	31	0	31
11	37	3	40	23	11	34	43	8	51	38	0	38
12	36	5	41	31	240	271	55	0	55	11	0	11
13	31	5	36	33	139	172	27	0	27	10	0	10
14	18	15	33	48	10	58	0	10	10	16	7	23
15	2	0	2	105	0	105	19	0	19	52	54	106
16	10	0	10	26	34	60	13	10	23	17	41	58
17	105	0	105	29	164	193	22	0	22	44	10	54
18	48	0	48	20	7	27	65	91	156	70	0	70
Soma	645	266	911	755	1116	1871	760	732	1492	673	271	944
Média	34,5	5	43	35	10,5	66	33,5	10	42	38,5	7,5	45

Fonte: Autor, 2022. Medições de rachaduras e fissuras antes da secagem.

PCT= Pacote. P = Ponta. M= Meio. T= Total. Σ= Soma. X= Média

Após a secagem, que finalizou dia 27 de janeiro, foi realizada outra medição para conferir se houve aumento das rachaduras e fissuras nas tábuas.

Tabela 2 - Medição de rachaduras - Pós-secagem

	PCT1			PCT2			PCT3			PCT4		
	Topo	Meio	Total	Topo	Meio	Total	Topo	Meio	Total	Topo	Meio	Total
1	60	121	181	59	180	239	87	175	262	52	0	52
2	35	8	43	15	0	15	25	15	40	43	3	46
3	27	0	27	18	0	18	54	51	105	30	45	75
4	19	0	19	53	43	96	22	12	34	48	23	71
5	32	40	72	35	5	40	22	0	22	82	28	110
6	45	24	69	85	206	291	81	140	221	17	22	39
7	43	9	52	40	0	40	97	64	161	9	11	20
8	36	15	51	42	0	42	112	29	141	47	10	57
9	47	11	58	65	7	72	63	154	217	80	60	140
10	30	183	213	63	105	168	22	8	30	33	0	33
11	41	5	46	25	13	38	45	10	55	40	3	43
12	37	8	45	37	245	282	62	0	62	12	0	12
13	32	7	39	35	143	178	27	0	27	11	0	11
14	19	15	34	50	12	62	3	22	25	24	7	31
15	4	0	4	105	0	105	23	0	23	54	132	186
16	11	7	18	28	35	63	15	13	28	22	45	67
17	107	9	116	29	164	193	26	0	26	48	177	225
18	49	0	49	20	7	27	69	101	170	85	8	93
Soma	674	462	1136	804	1165	1969	855	794	1649	737	574	1311
Média	36	9	48	39	13	68	36	14	48	42	11	55

Fonte: Autor, 2022. Medições de rachaduras e fissuras após a secagem.

PCT= Pacote. P = Ponta. M= Meio. T= Total. Σ= Soma. X= Média

Tabela 3 - Diferença

Diferença			
PCT	Pré	Pós	Diferença
PCT1	911,00	1136,00	-225,00
PCT2	1871,00	1969,00	-98,00
PCT3	1492,00	1649,00	-157,00
PCT4	944,00	1311,00	-367,00
Média	1304,50	1516,25	-211,75

Fonte: Autor, 2022. Diferença de comprimento de fissuras e rachaduras na pré e pós secagem.

PCT= Pacote.

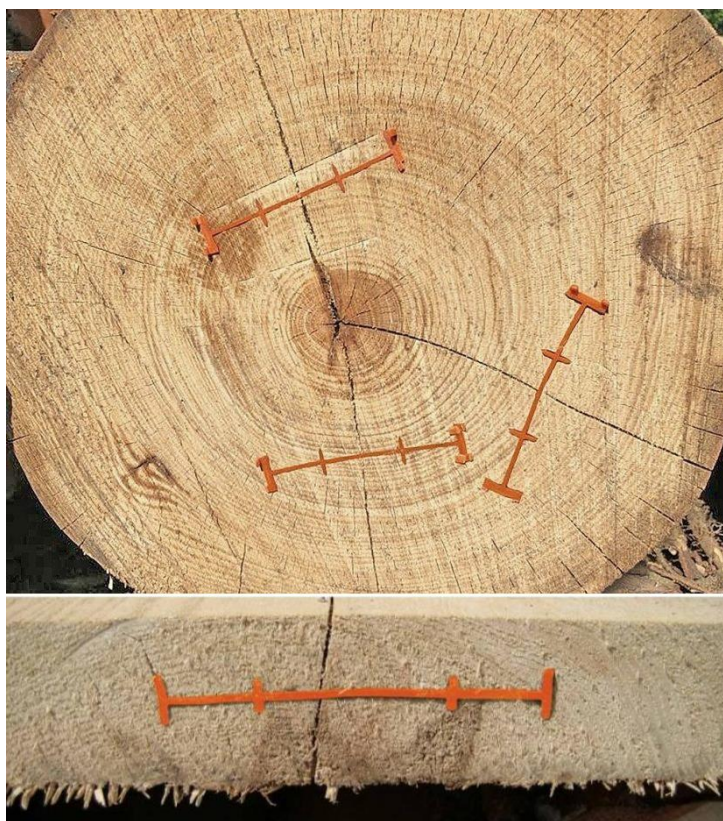
Como visto também nas tabelas das páginas 17, 18 e 19, há 52,18 metros lineares de rachaduras nos 216 metros lineares das amostras estudadas, aumentando para 60,65 metros lineares, correspondendo a um aumento de 16,23% de rachaduras, causando assim uma perda de 28% nas cargas. Além disso, as imagens dos relatórios de umidade, é apresentada uma queda de 25% na média da umidade.

Porém, uma perda de quase 30% das cargas corresponde à um risco financeiro que não se deve correr, como no caso do pinus que na época de sua compra era comercializado à R\$410,00 por metro cúbico, em que apenas nos 1,5m³ estudados, que valiam R\$615,00, ocorreu a perda de R\$172,00.

6 FORMAS DE REDUZIR PERDAS

Para a redução da porcentagem das perdas, o indicado seria a implementação de um controle de qualidade rigoroso e uma seleção de fornecedores mais estrita. Também seria cobrada a utilização de grampos (Figura 15) como condição para a negociação pela madeira com os fornecedores.

Figura 15 – Grampos antirrachadura para madeira



Fonte: Signumat,2020. Grampos antirrachadura.

7 CONCLUSÃO

As rachaduras não significam necessariamente que a madeira seja completamente perdida, já que as tábuas são passadas por perfis de diversas larguras que podem ou não passar pelas rachaduras e fissuras.

O caminho mais seguro para evitar o prejuízo seria a implementação de controle de qualidade e a utilização de grampos para evitar o aumento das rachaduras enquanto a madeira estiver verde, portanto, o ideal seria a gradeação da madeira e deixar secando ao tempo até que a umidade atinja o PSF (Ponto de Saturação das Fibras) de 30% e após isso secar na estufa para que os grampos plásticos sejam retirados para não derreterem e assim sejam reutilizados.

REFERÊNCIAS

IBA – **Industria Brasileira de Árvores**. Relatório anual Ibá 2020.

IBA – **Industria Brasileira de Árvores**. Relatório anual Ibá 2018.

DOSSA, D. Cultivo do eucalipto. **Embrapa Florestas, Sistemas de Produção**, n. 4, ago./2003.

ELEOTERIO, J. R.; SILVA, C. M. K. Programas de secagem para marupá (Simarouba amara), pará-pará (Jacarandacopaia) e virola (Virola surinamensis). **Floresta**, Curitiba, v. 44, p. 313-322, 2014.

GALINA, I.C.M; JANKOWSKY, I.P. Secagem de madeiras. São Paulo: **EMBRAPA**, 2013.

GARBE E. A.; Fatores Influentes na Secagem Convencional de Pinus taeda com Ênfase em Trincas Superficiais. Curitiba, 2006.

JANKOWSKY, I. P.; SANTOS, G. R. V.; ANDRADE, A. Secagem da madeira de eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, SP. n. 199, p. 01-11, dezembro. 2003.

DA SILVA FURTADO, Jhécika et al. ANÁLISE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DO EUCALIPTUS UROGRANDIS ECONOMIC ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF EUCALIPTUS UROGRANDIS. Ipameri: **Revista Agrotecnologia**, v. 13, n. 1, p. 37-49, 2022.

BENTEC – Sementes, Insumos e Tecnologia. **Eucalipto urograndis (Nú/Peletizado)**. Disponível em < <http://www.bentecsementes.com.br/eucalipto-urograndis/>> Acesso em: 10 de maio de 2022.

JÚNIOR, U. R. **Revista Opiniões: O setor de base florestal de Santa Catarina**, Dez 2007- Fev 2008, Presidente da Associação Catarinense de Reflorestadores.

KLITZKE, R. J. **Uso do inversor de frequência na secagem de madeira**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MEDRADO, M. J. S. Cultivo do eucalipto. **Embrapa Florestas - Sistemas de Produção**, n. 4, ago./2003.

QUILHÓ, Teresa; PEREIRA, Helena; RICHTER, Hans Georg. Within–tree variation in phloem cell dimensions and proportions in *Eucalyptus globulus*. **IAWA journal**, v. 21, n. 1, p. 31-40, 2000.

SANTOS, Larissa Carvalho et al. Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono e energia de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes locais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 971-980, 2012.

JUNIOR, Mauro Itamar Murara; DA ROCHA, Márcio Pereira; JUNIOR, Romano Timofeiczky. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, v. 35, n. 3, 2005.

MARTINS, Varlone Alves. **Secagem de madeira serrada**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Brasília (Brasil). Dept. de Pesquisa, 1988.

BATISTA, DO COUTO, Hilton Thadeu Z.; João Luís Ferreira; RODRIGUES, Luiz Carlos E. Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas. **Documentos florestais**, v. 5, p. 1-37, 1989.

MENDES B. G.; BUDZIAK D.; STOLBERG J.; PEIXER Z. I.; DALMARCO J. B.; SIMIONATTO E. L.; PEDROSA R. C.; FELIPE K. B.; OGAWA J.; PEGORARO C.; SCHEFFER L.; BESEN M. R.; OLIVEIRA L. J. G. G.; GEREMIAS R.; Estudo da qualidade das águas do rio marombas (SC/Brasil), utilizando parâmetros físico-químicos e Bioensaios. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas-RS, v.5, n.2, p. 43 a 58, 2011.

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira; REZENDE, José Luiz Pereira de; OLIVEIRA, Antônio Donizette de. Concentração das exportações mundiais de produtos florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, p. 691-701, 2013.

OLIVEIRA, José Tarcísio da Silva; TOMAZELLO FILHO, Mario; FIEDLER, Nilton César. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

LOGSDON, Norman Barros et al. Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira. **São Carlos**, 1998.

CALIL JÚNIOR, Carlito; MINÁ, Alexandre JS. Vibração transversal: um método eficiente para classificação de peças estruturais de madeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 335-338, 2003.

DE OLIVEIRA, Valmir Souza; TOMASELLI, Ivan. Efeito da secagem a altas temperaturas em algumas propriedades físicas e mecânicas de madeira jovem de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Floresta**, v. 12, n. 1, 1981.

JORDAN, Jimmy E.; PRATT, David W.; WOOD, David E. Direct observation of the optical absorption spectra of reactive free radicals at room temperature. **Journal of the American Chemical Society**, v. 96, n. 17, p. 5588-5590, 1974.

MORESCHI, J.C. Relação água-madeira e sua secagem. 2ª edição; Curitiba, **Departamento de engenharia e tecnologia florestal da UFPR**, 2014.

BATISTA, Djeison Cesar; KLITZKE, Ricardo Jorge; SANTOS, Carlos Vinícius Taborda. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

NOCE, R. Competitividade da indústria brasileira de painéis de madeira no mercado internacional. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.77-84, 2015.

ASSIS, TF de. Aspecto do melhoramento de *Eucalyptus* para obtenção de produtos sólidos de madeira. **Anais do Workshop Técnicas de Abate, Processamento e Utilização da Madeira de Eucalipto**. Viçosa: DEF/SIF/UFV/IEF, 1999. p. 61-72.

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

SANTOS, G.R.V. **Otimização da secagem convencional de madeira serrada de *Eucalyptus grandis***. Piraciaba, 2002.

SILVA, J. R. M. et al. **Nota técnica 1: Secagem ao ar livre da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de móveis.** Cerne, Lavras, MG, v. 3, n. 1, 1997.

PINHEIRO, Márcia Aparecida. Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal. 2013.

EVANGELISTA, Wescley Viana et al. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* ST Blake no sentido radial e longitudinal. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 1, n. 2, p. 10-12953/2177-6830. v01n02a01, 2010.

VITAL, Benedito Rocha; DELLALUCIA, Ricardo Marius; VALENTE, Osvaldo Ferreira. Estimativa do teor de umidade de lenha para carvão em função do tempo de secagem. **Revista Árvore**, v. 9, n. 1, p. 10-27, 1985.

NIJDAM, J. J.; LANGRISH, T. A. G.; KEEY, R. B. A high-temperature drying model for softwood timber. **Chemical Engineering Science**, v. 55, n. 18, p. 3585-3598, 2000.

TOMASELLI, I. KLITZKE, R. J. Secagem da Madeira. Curitiba, **UFPR**, 2000. 89p.

ZENID, J. G. Madeira: uso sustentável na construção civil. 2. ed. **São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, 2009.

ZEN, Linéia Roberta et al. Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 291-298, 2019.