

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINÍCIUS CABRAL TRINDADE DO CARMO

CONTROLE DE SECAGEM DE TORAS DE EUCALYPTUS UROPHYLLA
VOLTADA PARA PRESERVAÇÃO EM AUTOCLAVE

CURITIBA

2012

VINÍCIUS CABRAL TRINDADE DO CARMO

**CONTROLE DE SECAGEM DE TORAS DE EUCALYPTUS
UROPHYLLA VOLTADA PARA PRESERVAÇÃO EM AUTOCLAVE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal, no curso de Pós-graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

CURITIBA
2012

Vinícius Cabral Trindade do Carmo

**CONTROLE DE SECAGEM DE TORAS DE EUCALYPTUS
UROPHYLLA VOLTADA PARA PRESERVAÇÃO EM AUTOCLAVE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal, no curso de Pós-graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke (Orientador) – UFPR

Curitiba, _____ de _____ de 2012.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao coordenador João Carlos Garzel pela atenção prestada e pelo esforço na busca de um orientador que se adequasse ao tema proposto no meu TCC.

Ao meu orientador, Ricardo Jorge Klitzke, pelos ensinamentos que me foram passados, pela confiança em mim depositada e pelos momentos de descontração com seu paranito, que não ganha de ninguém.

Ao amigo Daniel Gomes, pela indicação deste curso e pelas conversas sobre o tema.

Aos meus pais – Geraldo e Ana – e irmãos – Bruna e Geraldo Jr. –, pelos ensinamentos passados durante toda a minha vida, pelo amor, paciência, e pela ajuda na coleta de dados durante este trabalho.

Aos sogros, dona Fátima e sr Admar, pelo carinho e confiança.

À minha avó e madrinha querida, Teresinha, por todo o amor.

Aos tios Gabriel e Suely, pelo carinho e alegria dos encontros.

Aos sobrinhos, Pedro e João, pela alegria e brincadeiras.

Ao meu primo, Marcus, pelo carinho e ajuda na coleta de dados.

Aos meus cunhados, Jucélia, Jeferson, Marcelo e Mônica, pelo carinho.

Ao Rafael Fontenelle, pelo Abstract.

Aos funcionários da TWG Madeira Imunizada – Otaviano, João, “Gagau” e “Tica”, pela ajuda na coleta de dados.

Por fim, agradeço à minha amada, Raquel, pelo amor, companheirismo, paciência, e por toda a ajuda na realização deste trabalho.

“A rapadura é doce, mas não é mole não.”
Dito Popular

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS.....	17
3	JUSTIFICATIVA	18
4	REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1	INTRODUÇÃO À PRESERVAÇÃO DE MADEIRA EM AUTOCLAVE	19
4.2	O CONTROLE DA UMIDADE DA MADEIRA PARA A PRESERVAÇÃO EM AUTOCLAVE.....	22
5	METODOLOGIA	27
5.1	LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO	27
5.2	MADEIRA UTILIZADA.....	28
5.3	DA DEFINIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS	29
5.4	DO UNIVERSO DE PEÇAS POR TRATAMENTO E QUANTIDADE DE AMOSTRAS.....	33
5.5	DOS MÉTODOS DE CONTROLE DE UMIDADE DA MADEIRA.....	34
5.5.1	Controle de umidade – Método gravimétrico (pesagem de toras).....	34
5.5.2	Controle de umidade – Aparelho Elétrico.....	36
5.6	DO CONTROLE DA UMIDADE RELATIVA DO AR E TEMPERATURA.....	37
5.7	DA ANÁLISE DAS RACHADURAS E FENDAS	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
6.1	AVALIAÇÃO DA PERDA DE UMIDADE	40
6.1.1	Introdução à avaliação da perda de umidade	40
6.1.2	Perda de umidade pelo método de pesagem de toras.....	49

6.1.3	Perda de umidade pelo método de medição por aparelho elétrico	54
6.1.4	Método de pesagem de toras X método de medição por aparelho elétrico .	58
6.2	RACHADURAS E FENDAS	60
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	73
	REFERÊNCIAS.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do processo de preservação em autoclave.....	21
Figura 2 – Localização do município de Formiga-MG	27
Figura 3 – Gráfico da Precipitação Acumulada na região de Formiga (MG) no período de 1961 a 1990	28
Figura 4 – Formas de disposição das toras para secagem (A – Pilha engaiolada e B – Pilha horizontal).....	29
Figura 5 – Conectores antirracha aplicados nas extremidades das toras	30
Figura 6 – EP Solven 660 BA aplicado nas extremidades das toras.....	31
Figura 7 – Tratamentos expostos ao sol	32
Figura 8 – Detalhe de tratamentos protegido por sombrite	32
Figura 9 – Disposição das toras em pilhas engaioladas	33
Figura 10 – Disposição das toras em pilhas horizontais	34
Figura 11 – Retirada dos discos para determinação do TU inicial (%).....	35
Figura 12 – Painel e martetele	36
Figura 13 – Umidade média perdida por tratamento pelo método de pesagem de toras	49
Figura 14 – Umidade média perdida, agrupada entre tratamentos no sol e na sombra, pelo método de pesagem de toras	50
Figura 15 – Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em sol e sombra, pelo método de pesagem de toras	50
Figura 16 – Umidade média perdida, agrupada em pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de pesagem de toras	51
Figura 17 – Perda média de umidade ao longo do tempo, de pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de pesagem de toras.....	52
Figura 18 – Umidade média perdida, agrupada em antirracha, EP Solven e sem proteção, pelo método de pesagem de toras	52
Figura 19 – Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em antirracha, EP Solven e sem proteção, pelo método de pesagem de toras.....	53
Figura 20 - Umidade média perdida por tratamento pelo método de medição por aparelho elétrico.....	54
Figura 21 – Umidade média perdida, agrupada em sol e sombra, pelo método de medição por aparelho elétrico	55

Figura 22 - Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em sol e sombra, pelo método de medição por aparelho elétrico.....	55
Figura 23 - Umidade média perdida, agrupada em pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de medição por aparelho elétrico.....	56
Figura 24 - Perda média de umidade ao longo do tempo, de pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de medição por aparelho elétrico	56
Figura 25 – Umidade média perdida, agrupada entre antirracha, EP Solven e sem proteção, pelo método de medição por aparelho elétrico.....	57
Figura 26 - Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em antirracha, EP Solven e sem proteção, pelo método medição por aparelho elétrico	57
Figura 27 – Abrangência média da medição do aparelho elétrico nas toras	59
Figura 28 – Localização das não conformidades nas amostras.....	66
Figura 29 – Pontuação agrupada dos tratamentos, divididos entre sol e sombra	69
Figura 30- Pontuação agrupada para os tratamentos, divididos entre pilhas engaioladas e horizontais.....	70
Figura 31 - Pontuação agrupada dos tratamentos, divididos entre antirracha, EP Solven e sem proteção.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ficha técnica dos tratamentos.....	31
Quadro 2 – Exemplos de rachaduras e fendas encontradas nas toras.....	67
Quadro 3 – Ficha técnica dos tratamentos de melhor desempenho quanto a prevenção de rachaduras e fendas	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Áreas de plantios florestais em 2011.....	20
Tabela 2 – Perda de umidade dos tratamentos ao longo do tempo pelo método de pesagem de toras.....	40
Tabela 3 - Perda de umidade dos tratamentos ao longo do tempo pelo método de medição por aparelho elétrico	41
Tabela 4 – Resultados dos tratamentos.....	42
Tabela 5 – Ficha técnica dos tratamentos sob a ótica de rachaduras e fendas	61
Tabela 6 – Quantidade de peças com não conformidades e status alerta por tratamento	68
Tabela 7 –Pontuação recebida pelos tratamentos quanto às rachaduras e fendas ..	68
Tabela 8 – Umidade perdida nos tratamentos pelo método de medição por aparelho elétrico.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas

CCA – Arseniato de Cobre Cromatado

CCB – Borato de Cobre Cromatado

GU – Gradiente de umidade

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PROMAT – Associação das empresas Produtoras de madeira Tratada

PSF – Ponto de saturação das fibras

RESUMO

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar diferentes métodos de secagem de toras de *Eucalyptus urophylla*, visando obter um produto final que atenda às normas técnicas (ABNT NBR 9480:2009 – Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos) – sob a ótica de rachaduras e fendas – e satisfaça as exigências do mercado consumidor. A qualidade do produto final deixou, há muito tempo, de ser uma competência distintiva para as empresas, tornando-se um pré requisito necessário para sua manutenção no mercado. O surgimento de rachaduras e fendas no eucalipto, durante o processo de secagem, é um obstáculo enfrentado por muitas empresas que exercem a atividade de preservação em autoclave – atividade esta na qual este trabalho está pautado. Desta forma, foram definidas algumas variáveis às quais as toras foram expostas durante este processo. O controle da umidade das toras foi feito utilizando-se dois métodos: gravimétrico (pesagem de toras) e medição por aparelho elétrico, tendo sido este último considerado o mais viável para a atividade de preservação em autoclave. Os resultados em termos de rachaduras e fendas mostraram que a exposição das toras à radiação solar foi o principal fator para o surgimento destes defeitos, apresentando índice 12 vezes maior do que para as toras protegidas por sombrite, levando-se em consideração os requisitos definidos pela NBR 9480:2009.

Palavras-chave: secagem de toras, controle de umidade, *Eucalyptus urophylla*, rachaduras, fendas, preservação em autoclave.

ABSTRACT

The general purpose of this work is to analyze different methods of drying *Eucalyptus urophylla* logs, in a way to attain a final product which should comply with the technical regulations (Brazilian regulations ABNT NBR 9480:2009 – Preserved round timber Eucalyptus pieces to rural construction – Requirements) – under the scope of clefts and cracks – and satisfy the consuming market's demands. For a long time, the quality of the final product has no more been a distinctive competence to the companies, for it came to be a necessary prerequisite to its upkeep in the market. The uprising of cracks and clefts in the eucalyptus, during the drying period, is an obstacle which many companies have to face when they make use of preservation methods through autoclaving – method at which this work is aimed at. In this way, some variables were defined to establish the way the logs should be exposed when going through this process. Two methods were used to control the humidity of the logs: through gravimetry (measurement of weight or density of the logs) and measuring through an electrical device, this latter being considered the most viable to the process of preservation in autoclave. The results concerning cracks and clefts showed that the exposure to solar radiation was the main factor to the arising of these flaws in the logs, showing values up to 12 times higher when compared to logs that were secured by shading screens, taking into consideration the criteria defined by NBR 9480:2009.

Keywords: drying logs, humidity control, *Eucalyptus urophylla*, cracks, clefts, autoclaving.

1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais têm, cada vez mais, se tornado foco de discussão em todos os meios da sociedade. Nunca se falou tanto em sustentabilidade quanto agora. Segundo ARAÚJO (2009),

o conceito de sustentabilidade ambiental triunfante sobre a vertente biocêntrica ("Earth First") com raízes na ecologia radical (deep ecology) evoluiu desde uma concepção neomalthusiana presente no relatório Brundtland (1987), à sua afirmação definitiva na declaração do RIO (1992) entendida como a busca do equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação dos recursos naturais, visando à garantia de sobrevivência das futuras gerações. (ARAÚJO, 2009).

A pressão populacional, bem como a de órgãos públicos, pelo chamado desenvolvimento sustentável tem feito com que muitas empresas busquem desenvolver suas atividades pautadas no equilíbrio citado acima.

O setor florestal brasileiro não fica para trás. Questões como manejo sustentável são o grande foco de empresas do setor na busca pela redução dos desperdícios (que já foram grandes e ainda são significativos) e minimização dos impactos ao meio ambiente.

Quando se fala em manejo, a primeira ideia que vem à cabeça é que este termo engloba desde o plantio até a colheita florestal. Mas e a matéria-prima que chega à indústria para ser processada e transformada em produto final? Se ela não for manejada corretamente estará sujeita ao desperdício. E é neste ponto que o presente trabalho está calcado.

Pretende-se aqui propor uma pesquisa sobre o processo de secagem de toras de eucaliptos voltada para a preservação em autoclave. Este processo é determinante para que se atinja uma umidade da madeira em torno de 30% – ponto de saturação das fibras (PSF) –, tornando-a apta para o tratamento segundo as normas da ABNT como a NBR 9480:2009. No entanto, a secagem de toras de eucaliptos não é um processo tão simples, haja vista que sua madeira apresenta fortes rachaduras nos topos (aqui tratadas como extremidades) e nas faces longitudinais, que acabam por comprometer a qualidade do produto final que se pretende obter; conseqüentemente, reduzindo o seu valor comercial ou até mesmo inviabilizando o seu uso pelo mercado consumidor.

Graduado em Geografia e encarando este desafio em outra área do conhecimento, a pouca literatura – a maioria trata a secagem voltada para serraria e também para carbonização - acerca do tema foi uma das maiores limitações que

encontrei para nortear meu trabalho. Por consequência, surgiram algumas dificuldades, como a definição da quantidade de amostras por tratamento e tempo de realização das coletas.

Desta forma, espero, a partir deste trabalho, contribuir para a discussão deste tema que está calcado em uma atividade que vem crescendo muito em nosso país.

2 OBJETIVOS

Objetivo geral:

Avaliar diferentes métodos de secagem de toras de *Eucalyptus urophylla* visando obter um produto final que atenda às normas técnicas (ABNT NBR 9480:2009: Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos) – sob a ótica de rachaduras e fendas – e satisfaça as exigências do mercado consumidor.

Objetivos específicos:

- Identificar qual tratamento é o mais viável para se obter uma madeira com o menor índice de rachaduras nas extremidades e longitudinais;
- Avaliar a perda de umidade das toras durante o período de secagem nos diferentes tratamentos;
- Avaliar a qualidade final das toras, em termos de rachaduras e fendas, após o período de secagem nos diferentes tratamentos;
- Correlacionar a perda de umidade e de qualidade das toras durante a secagem;
- Comparar os métodos de medição de umidade (gravimétrico e elétrico) nos diferentes tratamentos;
- Identificar qual é o método de controle de umidade mais viável para este tipo de atividade.

3 JUSTIFICATIVA

Como citado anteriormente, o processo de secagem da madeira é fundamental para a obtenção da umidade necessária para o tratamento. E é na secagem que ocorre grande parte das rachaduras de topo/base e longitudinais no eucalipto.

A justificativa para este trabalho é contribuir, por meio dos objetivos propostos, para a obtenção de uma maior eficiência no processo de secagem da madeira, visando reduzir desperdícios e proporcionar madeira de qualidade. É a de instigar maior discussão sobre o tema, já que grande parte da literatura existente foca o processo de secagem da madeira para serraria.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 INTRODUÇÃO À PRESERVAÇÃO DE MADEIRA EM AUTOCLAVE

Desde os tempos de descobrimento do país, os recursos florestais brasileiros são utilizados para as mais diversas finalidades. Durante séculos prevaleceu a exploração predatória destes recursos.

Segundo TARSO (2012),

o processo de devastação no Brasil colônia foi acelerado pelo aumento da demanda de matéria prima para a construção civil e, principalmente, pela exportação das madeiras mais nobres para a Coroa, uma lucrativa atividade, cuja exploração resumia-se à derrubada das árvores e transporte do recurso para os navios e para as províncias. (TARSO, 2012)

Paralelamente a esta exploração surgia a preocupação com a proteção das florestas, traduzida, por exemplo, pela aprovação do Regimento do Pau-Brasil, em 1605, segundo WAINER (1991).

Com o passar dos séculos esta exploração se intensificou, bem como a preocupação com a preservação das matas nativas, por meio da criação de leis de proteção. Já no século XX o país teve seu primeiro código florestal aprovado, por meio do Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Anos mais tarde, a Constituição de 1988 “representou um grande avanço em matéria ambiental à medida que, pela primeira vez na história legislativa constitucional brasileira é dedicado um capítulo à proteção do meio ambiente” (TARSO, 2012). O novo Código Florestal (Lei 12.651/2012) ratifica esta constante evolução na busca pelo equilíbrio entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

Não obstante, mesmo com a crescente preocupação em torno do meio ambiente, a exploração ilegal de madeira sempre se manteve presente, afinal, em um país de grande extensão territorial, a fiscalização nunca foi tarefa fácil.

Assim, paralelamente a todo este processo, surgiram, em meados do século XX, as primeiras florestas plantadas no Brasil, como uma opção para o abastecimento do mercado e uma alternativa para a diminuição do consumo de madeira nativa.

Segundo o Anuário Estatístico da ABRAF de 2012, a área total de plantios florestais no Brasil gira em torno de 7.005.125 de hectares, divididos em alguns gêneros, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Áreas de plantios florestais em 2011

Gêneros	Áreas de Plantios Florestais (ha) – 2011	Áreas de Plantios Florestais (%) – 2011
<i>Eucalyptus</i>	4.873.952	69,6
<i>Pinus</i>	1.641.892	23,4
<i>Teca</i>	67.693	1,0
Outros	421.588	6,0
Total	7.005.125	100

Fonte: Anuário Estatístico da ABRAF 2012 – Ano Base 2011

Nota-se que juntos os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* representam 93% dos plantios no Brasil. Sua madeira é utilizada em diversas indústrias, como a de papel e celulose, painéis, siderúrgica e diversas outras, dentre elas a de preservação em autoclave, atividade cujo presente trabalho está pautado.

SILVA (2006), em artigo publicado na Revista da Madeira nº 100, relata que, em levantamento realizado à época, o *Eucalyptus* foi o gênero mais tratado em autoclave, com 93,5%, e o *Pinus* foi responsável por 6,5%.

O estado de Minas Gerais destaca-se pela preservação da madeira de eucalipto em autoclave, o que faz com que o presente estudo se dê em função desta madeira.

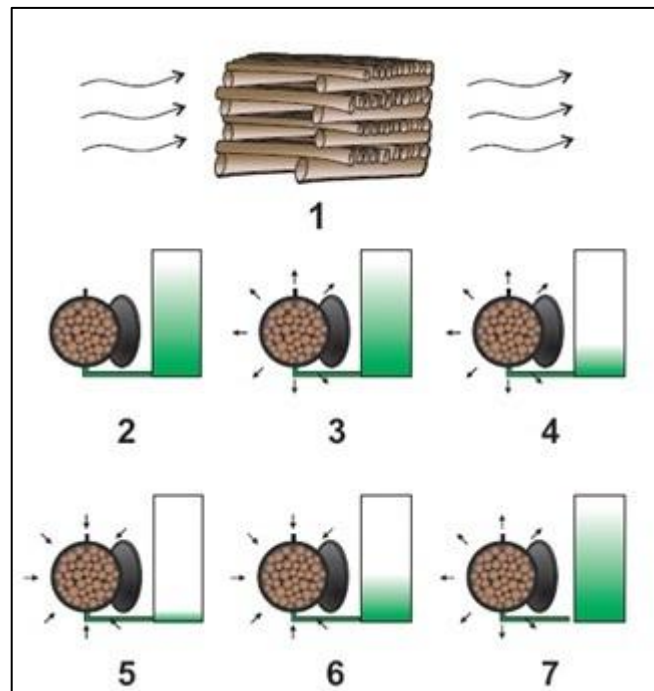
A Associação das Empresas Produtoras de Madeira Tratada (PROMAT), em seu site, define que a

madeira tratada ou madeira preservada por meio de autoclave é o produto resultado da preservação da madeira por meio de vácuo-pressão, no qual são adotadas um conjunto de medidas preventivas e curativas para controlar agentes biológicos, físicos e químicos que afetam a durabilidade da madeira.

A Figura 1 ilustra o processo de tratamento em autoclave, que consiste em:

1. Secagem da madeira
2. Introdução da madeira na autoclave
3. Vácuo inicial para retirada do ar existente no interior da madeira
4. Transferência da solução de tratamento para o autoclave
5. Sob alta pressão, a solução preservante é injetada na madeira até a sua saturação. Esta condição é mantida até que a reação química entre o preservante e a madeira se complete.
6. Alívio da pressão e retorno da solução excedente ao reservatório.
7. Vácuo final para a retirada do excesso de solução (não impregnada) na superfície da madeira e do interior do autoclave.

Figura 1 – Etapas do processo de preservação em autoclave



Fonte: TWG Madeira Imunizada (2012)

Neste processo, a madeira é impregnada por produtos fungicidas e inseticidas, tóxicos aos organismos xilófagos, proporcionando a ela maior durabilidade. O produto mais utilizado para o tratamento da madeira em autoclave é o arseniato de cobre cromatado, o CCA. Outros produtos também são utilizados no tratamento em autoclave, dentre eles o creosoto e o CCB (à base de cobre cromo e boro).

COSTA (2001) destaca alguns xilófagos que podem degradar a madeira, como fungos (emboloradores, manchadores, podridão branca, podridão mole e podridão parda), bactérias (comuns em madeiras submersas ou enterradas) insetos (besouros, cupins, traças, vespas, mariposas) e outros, como alguns moluscos (teredo) e crustáceos.

Ressalta-se que a impregnação do CCA se dá apenas no alburno, que possui baixa resistência ao ataque de agentes xilófagos. Já o cerne não é tratável devido à sua baixa permeabilidade para soluções preservantes, uma vez que suas células possuem cavidade parcialmente obstruídas.

Os produtos obtidos por meio do tratamento em autoclave são pautados em normas técnicas que variam de acordo com a aplicação da madeira preservada. Segundo SILVA (2006), em seu artigo para a Revista da Madeira nº 100, a produção de madeira preservada no Brasil em 2005 foi de cerca de 685 mil metros cúbicos,

dos quais 62% foram aplicados em mourões para cercas, 30% em postes, 5% em dormentes e 3% em construção civil.

A retenção do CCA também irá variar de acordo com o uso do produto. Assim, mourões de eucalipto para cerca, por exemplo, devem ter uma retenção de 6,5 kg de Ingrediente Ativo de CCA/m³, para atenderem à norma ABNT NBR 9480:2009 – Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos.

Requisitos como rachaduras, tortuosidade, dentre outros também são regidos por normas técnicas. Dentre as normas destacam-se algumas:

- NBR 9480:2009 - Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos
- NBR 8456:1984 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica - Especificação
- NBR 8457:1984 - Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica - Dimensões - Padronização
- NBR 6232:1973 - Penetração e retenção de preservativo em postes de madeira
- NBR 7511:2005 Versão Corrigida:2005 - Dormente de madeira - Requisitos e métodos de ensaio

4.2 O CONTROLE DA UMIDADE DA MADEIRA PARA A PRESERVAÇÃO EM AUTOCLAVE

Ao se pesquisar sobre o processo de imunização em autoclave em *sites*, observar-se-á que considera-se, na maioria das vezes, que ele se inicia pela introdução da madeira no autoclave. Neste trabalho, defende-se que este processo se inicia na secagem, pois ela está relacionada ao resultado do tratamento em termos de retenção de CCA e, conseqüentemente, à durabilidade da madeira. Além disto, o surgimento de rachaduras e fendas na madeira também ocorre durante a secagem, mais um fator que compromete a qualidade do produto final e gera desperdício.

A importância de uma secagem adequada é ressaltada por KLITZKE (2007), quando ele diz que ela “é hoje reconhecida como um fator vital no valor agregado de

produtos de madeira processada, dando grande importância atualmente ao aumento da qualidade e redução dos custos de secagem”.

KLITZKE (2007) relata que a secagem da madeira pode ser natural (ao ar livre) ou artificial (em estufas próprias). Segundo ele:

A secagem ao ar livre é normalmente feita em ar aberto e raramente sob cobertura ao passo que na secagem artificial é utilizada câmara própria que requerem instrumentação especial para criar um clima controlado artificialmente num espaço fechado, onde a temperatura, umidade relativa e circulação de ar são controladas. (KLITZKE, 2007)

KLITZKE (2007) pondera ainda sobre estes dois tipos de secagem. Para ele,

A secagem ao ar livre requer mais tempo durante a qual o capital fica imobilizado e tem um risco prolongado de degradação ou perda (ex. fogo). Além disto, a secagem ao ar pode não ser suficiente para certos usos (ex. móveis, assoalhos, etc) por que a umidade que a madeira finalmente alcança é dependente das condições climáticas da região onde se realiza a secagem.

A secagem em câmara é muito mais rápida, onde a umidade pode ser reduzida ou aumentada para qualquer teor de umidade que deseje, independente das condições climáticas. No entanto, é muito cara a construção de uma câmara, além de ser perigoso o desenvolvimento de defeitos durante a secagem ou até mesmo tornando a madeira imprópria para o uso se a condução da secagem for de forma incorreta. (KLITZKE, 2007)

Para o presente trabalho, a secagem foi realizada ao ar livre, e em relação a este método, KLITZKE (2007) ainda pondera que “o rendimento de um pátio de secagem é principalmente afetado pelas condições climáticas do local (temperatura e umidade relativa), pela sua localização, pelo regime de chuvas e pela velocidade do ar (ventos)”.

A secagem está diretamente ligada ao controle de umidade da madeira, e a umidade, por sua vez, ao teor de água nela encontrado. COSTA (2001) relata sobre a umidade da madeira:

Relaciona-se ao teor de água que a madeira apresenta. Quando recém cortado, o tronco de uma árvore encontra-se saturado de água. Muitos fatores irão influenciar o teor de umidade, entre eles a anatomia do xilema. Da umidade irão depender diretamente as propriedades de resistência, poder calorífico, capacidade de receber adesivos e secagem, dentre outras. (COSTA, 2001)

Quanto à composição de água na madeira, COSTA (2001) relata que:

A água na madeira pode estar presente preenchendo os espaços vazios dentro das células ou entre elas (água livre ou água de capilaridade), pode estar aderida à parede das células (água de adesão) ou pode estar compondo a estrutura química do próprio tecido (água de constituição). Esta última somente pode ser eliminada através da combustão do material. (COSTA, 2001)

MORESCHI (2010) utiliza os termos “água de impregnação adsorvida” e “água de adsorção química” para tratar, respectivamente, os termos “água de adesão” e “água de constituição”, utilizados por COSTA (2001).

Ainda segundo MORESCHI (2010), a água de capilaridade encontra-se acima de 28%U (usado por ele como ponto de saturação das fibras). Já a água de impregnação adsorvida encontra-se entre 6 e 28%U, enquanto a água de adsorção química situa-se entre 0 e 6%U. Já KLITZKE (2007) utiliza $\pm 30\%$ como o ponto de saturação das fibras.

O controle de umidade da madeira pode ser feito de algumas formas. MORESCHI (2010) cita o “Método de Pesagens” como sendo um dos mais precisos. Cita ainda o “Método Químico ou por Destilação”, que para ele “é um dos mais recomendados para a determinação do teor de umidade de madeiras ricas em resinas ou óleos essenciais”. O outro método citado é o que faz a utilização de aparelhos elétricos, divididos entre aqueles que se baseiam “na resistência da madeira à passagem de uma corrente contínua” e aqueles que se baseiam “na sua capacidade elétrica”. Para este trabalho foram utilizados os métodos por pesagem e por aparelhos elétricos, que serão tratados com maior detalhe na metodologia.

Deste modo, o controle de umidade da madeira durante a secagem, com foco para a atividade de preservação em autoclave, se faz importante por três motivos.

O primeiro é que, para que haja a retenção do CCA respeitando-se as normas para preservação em autoclave, a madeira precisa perder toda a sua água livre, por meio do processo de capilaridade, até que se chegue a uma umidade em torno de 30%, próxima ao ponto de saturação das fibras (PSF), que, segundo MORESCHI (2010), “pode ser definido como o teor de umidade da madeira no momento em que esta já perdeu toda a sua água livre, porém, ainda mantém as paredes celulares saturadas de umidade”.

O segundo motivo é que a umidade é um dos fatores que favorecem o ataque de xilófagos. Isto é retratado por COSTA (2001), quando ele diz que “os fungos atacam em geral a madeira que apresenta um teor de umidade favorável ao seu desenvolvimento”.

O terceiro motivo que faz com que o acompanhamento da umidade durante a secagem seja importante é o surgimento de rachaduras na madeira, o que diminui seu valor comercial. O presente trabalho foca esta questão e busca métodos de

prevenção contra rachaduras nas extremidades e nas faces longitudinais durante o processo de secagem da madeira.

Rachaduras em madeiras são causadas por vários motivos. Um deles são as tensões internas no fuste de uma árvore, consideradas por MORESCHI (2010)

muito problemáticas, pois uma vez que este seja cortado, elas são liberadas e normalmente rompem as fibras ao longo dos raios, causando rachaduras, empenamentos, etc., e consideráveis prejuízos às propriedades de resistência da madeira.

Ainda sobre as tensões na madeira, KLITZKE (2007), relata que:

Temos tensões no interior da madeira de diferentes naturezas (acima do PSF e abaixo). Acima do PSF as tensões capilares são responsáveis quando em condições extremas podem causar o colapso. Abaixo do PSF as tensões de secagem são responsáveis pela contração da madeira, se desenvolvem na parede celular em função do GU em condições extremas causam defeitos como o endurecimento superficial, rachaduras superficiais e internas e empenamentos diversos. (KLITZKE, 2007)

MORESCHI (2010) cita os lenhos de compressão e tração, associados ao crescimento irregular do fuste, “causados por ventos dominantes, curvaturas geotrópicas (lenho de reação), e iluminação desigual que originam copas assimétricas, fazendo com que haja má distribuição de esforços no fuste”, como outro fator para o surgimento de rachaduras.

Outro defeito por rachadura durante o processo de secagem citado por MORESCHI (2010) se deve ao fenômeno da anisotropia, que ocorre quando a madeira incha e contrai de forma desigual segundo os sentidos anatômicos tangencial, radial e longitudinal.

Em relação aos defeitos que surgem por uma secagem inadequada, KLITZKE (2007) cita o colapso, que

Ocorre quando os esforços da tensão capilar excedem a resistência à compressão perpendicular à grã da parede celular a qual ocorre normalmente quando os meniscos se movem através das pontuações da parede celular. Pode ser resultado da secagem muito rápida com elevado teor de umidade na madeira (acima do PSF no início da secagem), normalmente ocorre em madeiras pouco permeáveis (eucalipto, carvalho, imbúia, etc). (KLITZKE, 2007)

KLITZKE (2007) cita ainda as rachaduras de topo e superficiais.

As rachaduras de superfície aparecem quando tensões que excedem a resistência da madeira à tração perpendicular às fibras desenvolvem-se na superfície, devido a uma secagem inicial muito acelerada que produz diferença acentuada entre os teores de umidade da superfície e do centro da madeira. Quanto mais espessa for a madeira, maior a possibilidade do aparecimento de rachaduras superficiais.

As rachaduras de topo são causadas pela secagem rápida das extremidades em comparação com o restante da peça de madeira, principalmente durante a fase inicial. (KLITZKE, 2007)

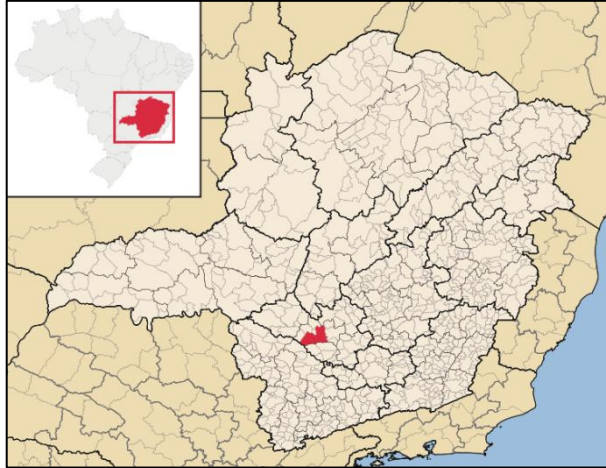
Com base nesta revisão, fica evidente a relação entre a umidade da madeira e o surgimento de defeitos, dentre eles, as rachaduras e fendas.

5 METODOLOGIA

5.1 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi realizado do município de Formiga, localizado na mesorregião Oeste de Minas, no estado de Minas Gerais.

Figura 2 – Localização do município de Formiga-MG

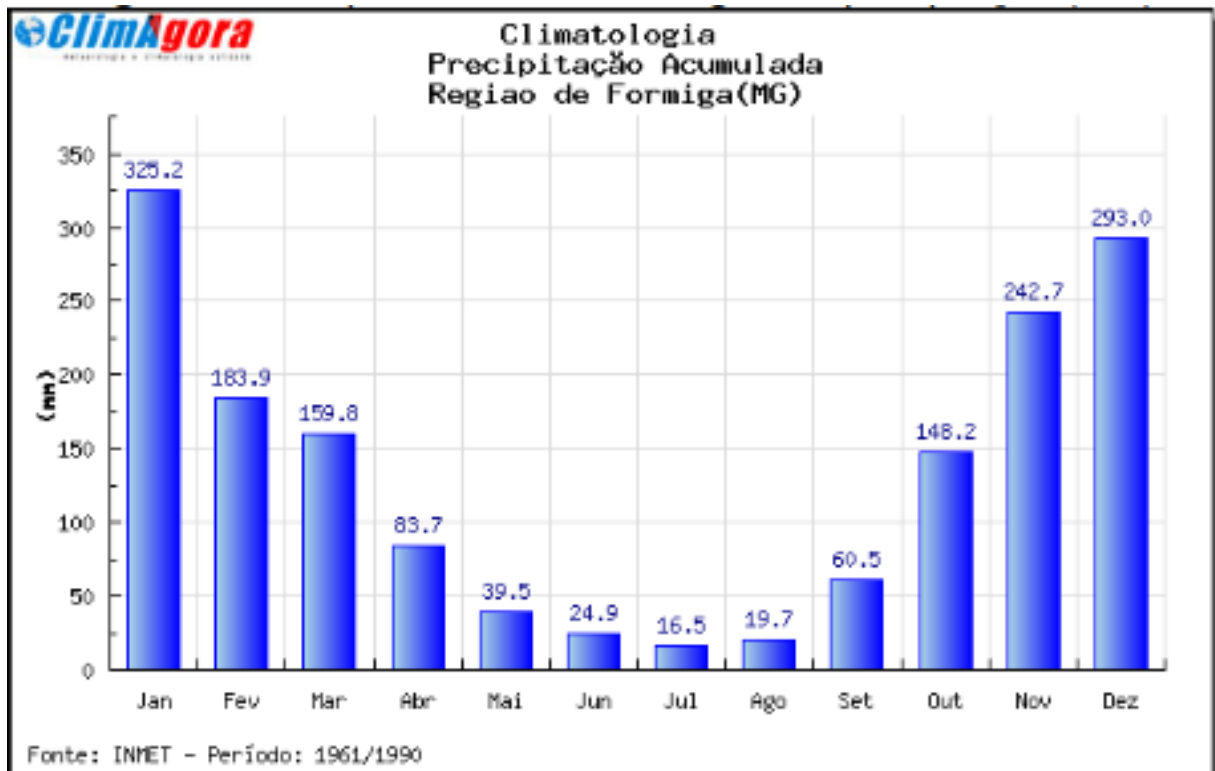


Fonte: Wikipedia, 2012.

Formiga tem uma população aproximada de 65 mil habitantes, segundo o censo de 2010, uma área de 1.502 km², e está localizada a uma altitude de cerca de 840 m no seu ponto central. Está inserida nos biomas cerrado e mata atlântica e faz parte da bacia do Rio Grande.

Segundo base de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), o município possui um índice pluviométrico histórico anual em torno de 1.597 mm, sendo os meses de outubro a março os mais chuvosos, enquanto os meses de abril a setembro caracterizam-se por regime mais seco, como pode ser visto na Figura 3, elaborada por CLIMAGORA (2011).

Figura 3 – Gráfico da Precipitação Acumulada na região de Formiga (MG) no período de 1961 a 1990



Fonte: Base de dados: INMET – Período 1961/1990.
Elaboração: Climagora (2011)

A coleta das informações de campo, que serão tratadas posteriormente, foi realizada entre 10 de agosto e 28 de setembro, meses pouco chuvosos, conforme nos ilustra a figura acima.

5.2 MADEIRA UTILIZADA

A madeira utilizada no presente trabalho é da espécie *Eucalyptus urophylla*, com idade de aproximadamente 4 anos, e foi coletada a aproximadamente 20 km do pátio onde foi realizado o trabalho.

Foram retiradas 480 peças roliças do talhão colhido, medindo 2,20 metros de comprimento e diâmetros variando entre 6 e 13 cm . Estas peças levaram 7 dias para serem descascadas em um descascador de toras. Após o descascamento, a madeira foi levada a um pátio intermediário próximo ao talhão, onde ficou por cerca de 15 dias até ser levada para o pátio de secagem no qual o trabalho foi realizado. Optou-se por deixar que a madeira tivesse uma perda de umidade inicial no ambiente em que ela foi colhida (pátio intermediário) para evitar o surgimento de defeitos em função de mudanças bruscas de microclima. Este tempo de secagem

inicial se justifica ainda pelo fato de empresas do setor optarem por transportar a madeira para processamento com umidade próxima de 30% ou após esta secagem inicial, evitando o acúmulo de material muito úmido em seu pátio de processamento, além de reduzir custos com transporte, devido ao peso da madeira úmida.

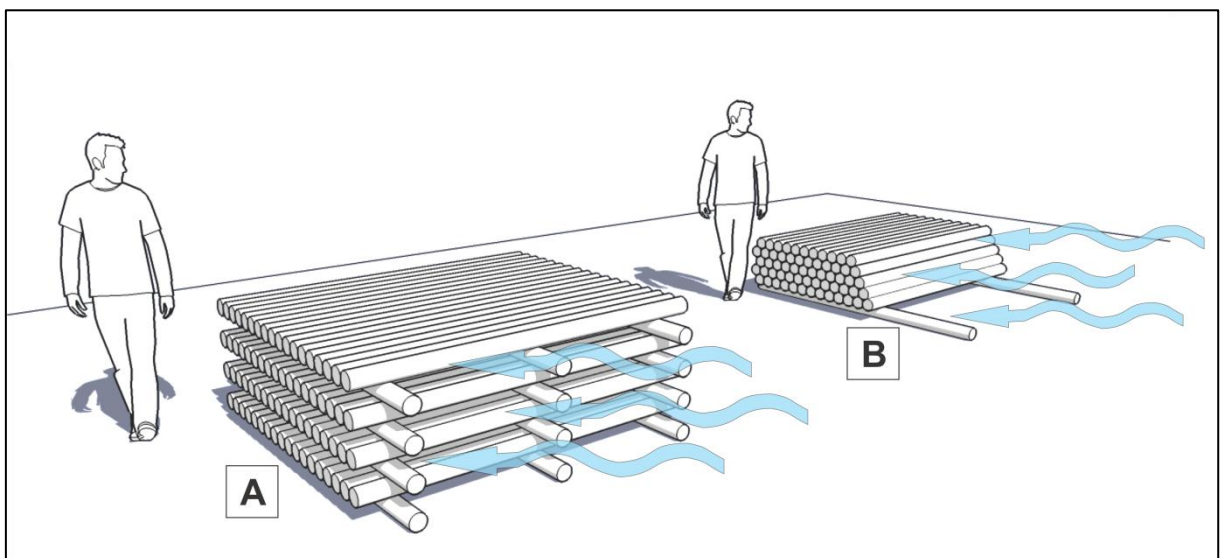
5.3 DA DEFINIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Após este período inicial no talhão, a madeira foi levada para o pátio de secagem oferecido pela empresa TWG Madeira Imunizada, a aproximadamente 20 km do talhão. A seguir, definiram-se previamente algumas variáveis, que dariam origem aos tratamentos.

São elas:

- SOL/SOMBRA – Alguns tratamentos ficariam expostos ao sol e outros seriam protegidos por sombrite, este com fator de sombreamento de 70%.
- DISPOSIÇÃO DAS TORAS – Alguns tratamentos teriam pilhas engaioladas, e outros, pilhas horizontais (Figura 4).

Figura 4 – Formas de disposição das toras para secagem (A – Pilha engaiolada e B – Pilha horizontal)



Fonte: Elaborado pelo autor.

- PROTEÇÃO DAS EXTREMIDADES – Entende-se por extremidade da madeira o topo (menor diâmetro) e base (maior diâmetro). O termo extremidade foi utilizado para facilitar o entendimento do leitor, uma vez que alguns autores utilizam o termo topo referindo-se às extremidades de maior ou menor diâmetro, de forma geral. Entretanto, a “NBR 9480:2009 –

Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos”, muito utilizada neste trabalho, faz uma distinção entre topo (menor diâmetro) e base (maior diâmetro), tratando-os separadamente. Assim, quanto à proteção das extremidades contra rachaduras, alguns tratamentos tiveram amostras com:

- Conectores antirracha – São chapas em aço galvanizado fixadas nas extremidades das madeiras com o intuito de se evitar rachaduras (Figura 5).
- EP Solven 660 BA – Segundo descrição do fabricante, trata-se de “uma emulsão de ceras parafínicas em meio aquoso, ativada para dar estabilidade e impermeabilização, mantendo o meio aplicado hidrofóbico” (Figura 6).
- Sem proteção nas extremidades (topo/base) – Tratamento testemunha para comparação com os demais tratamentos.

Figura 5 – Conectores antirracha aplicados nas extremidades das toras



Foto: Autor (08/2012)

Figura 6 – EP Solven 660 BA aplicado nas extremidades das toras



Foto Autor (08/2012)

Combinando-se estas variáveis, encontrou-se um total de 12 tratamentos, conforme tabela a

Quadro 1 – Ficha técnica dos tratamentos

Descrição	Disposição da pilha	Sol/sombra	Proteção extremidade
Tratamento 1	Engaiolada	Sol	Antirracha
Tratamento 2	Horizontal	Sol	Antirracha
Tratamento 3	Engaiolada	Sol	SP Solven 660 BA
Tratamento 4	Horizontal	Sol	SP Solven 660 BA
Tratamento 5	Engaiolada	Sol	Sem proteção
Tratamento 6	Horizontal	Sol	Sem proteção
Tratamento 7	Engaiolada	Sombra	Antirracha
Tratamento 8	Horizontal	Sombra	Antirracha
Tratamento 9	Engaiolada	Sombra	SP Solven 660 BA
Tratamento 10	Horizontal	Sombra	SP Solven 660 BA
Tratamento 11	Engaiolada	Sombra	Sem proteção
Tratamento 12	Horizontal	Sombra	Sem proteção

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os tratamentos foram dispostos lado a lado no pátio, na ordem acima, conforme figuras abaixo.

Figura 7 – Tratamentos expostos ao sol



Foto: Autor (08/2012)

Figura 8 – Detalhe de tratamentos protegido por sombrite



Foto: Autor (08/2012)

5.4 DO UNIVERSO DE PEÇAS POR TRATAMENTO E QUANTIDADE DE AMOSTRAS

As 480 toras utilizadas no experimento foram divididas igualmente entre os tratamentos, ficando cada tratamento com 40 toras. Destas, foram selecionadas aleatoriamente 5 amostras de cada tratamento, totalizando 60 toras, utilizadas para determinar o teor de umidade inicial, pelo método gravimétrico por meio da retirada de discos.

Para acompanhamento da perda de umidade dos tratamentos, foi aplicado o método de amostras de controle de perda de umidade por pesagem. As amostras utilizadas para determinar o teor de umidade inicial foram descartadas, restando 35 toras. Das 35 toras de cada tratamento foram selecionadas 8 amostras, utilizadas na coleta dos dados durante o experimento. Tais amostras foram identificadas com as iniciais do referido tratamento, seguidas das letras do “A” ao “H”. Assim, para o tratamento 7, tivemos, por exemplo, as amostras T7A, T7B, T7C,...,T7H.

As amostras ficaram dispostas em posições diferentes no interior das pilhas de cada tratamento, fossem estas engaioladas ou horizontais. Na base foram colocados dois calços (toras) para evitar o contato direto com o solo.

Nos tratamentos cujas amostras foram engaioladas, a disposição pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 – Disposição das toras em pilhas engaioladas



Foto: Autor (08/2012)

Acima dos calços, as toras foram dispostas em sete camadas, agrupadas da seguinte forma, de baixo para cima:

- 1) Camadas principais: primeira e quinta com sete toras; terceira e sétima com seis toras.
- 2) Camadas secundárias: segunda, quarta e sexta com três toras no sentido perpendicular às demais, com função de sustentação da pilha.

Em cada camada principal foram colocadas duas amostras, totalizando 8 amostras de controle da perda de umidade (secagem) por pilha.

Já no caso das toras empilhadas horizontalmente, procurou-se deixar as peças juntas, acima dos calços, buscando formar pilhas com maior altura possível. As amostras de controle de umidade ficaram distribuídas em diferentes posições na pilha (Figura 10).

Figura 10 – Disposição das toras em pilhas horizontais



Foto: Autor (08/2012)

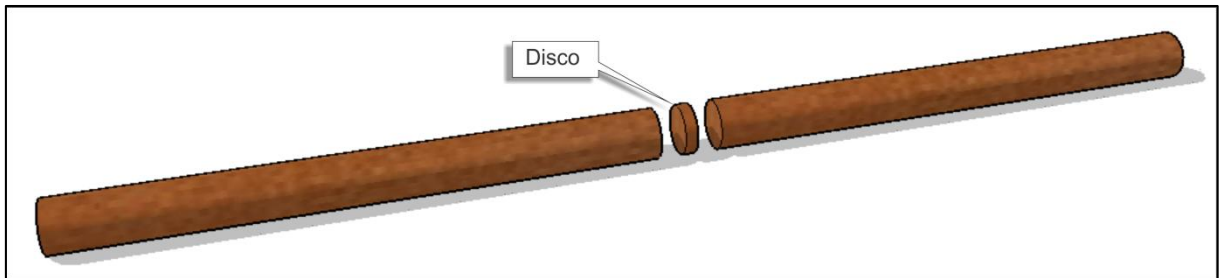
5.5 DOS MÉTODOS DE CONTROLE DE UMIDADE DA MADEIRA

5.5.1 Controle de umidade – Método gravimétrico (pesagem de toras)

Para obtenção do teor de umidade inicial do tratamento, foram selecionadas 5 toras do total de 40. Procurou-se cobrir a variação diamétrica e de umidade inicial existentes dentro do lote.

Das toras seleccionadas, cortou-se um disco em cada, a aproximadamente 1 m das extremidades, com aproximadamente 2,5 cm de comprimento (Figura 11). Os discos foram identificados e embalados para evitar perda de umidade no transporte até sala de controle (laboratório) para medição do peso úmido inicial (Pu) obtido em balança de precisão (0,5g).

Figura 11 – Retirada dos discos para determinação do TU inicial (%)



Fonte: Elaborado pelo autor

Após a limpeza e pesagem, os discos foram colocados em forno elétrico (estufa), sendo mantida a temperatura em $103\pm 2^{\circ}\text{C}$, e monitorados periodicamente, até que se encontrasse um peso constante – obtendo-se, assim, o peso seco (Ps). O peso seco (Ps), por sua vez, embasou o cálculo do teor de umidade inicial de cada lote, calculado segundo a equação abaixo:

$$TU_i = \left(\frac{PU - PS}{PS} \right) \times 100$$

Sendo:

TU_i – Teor de umidade inicial (%)

PU – Peso úmido (g)

PS – Peso seco (g)

Encontrado o teor de umidade inicial dos discos, tirou-se a média dos resultados, encontrando-se assim o teor de umidade inicial médio para cada tratamento.

Com base no teor de umidade inicial médio por tratamento, fez-se uma pesagem inicial nas amostras seleccionadas para o controle de umidade, e estimou-se seu peso seco, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$PS_{Total} = \left(\frac{PU \times 100}{TU_{atual} + 100} \right)$$

Sendo:

PS – Peso seco (g)

PU – Peso úmido (g)

TU_{atual} – Teor de umidade atual(%)

A partir de então, sabendo-se o peso seco estimado das toras de controle, realizou-se a pesagem das mesmas ao longo do tempo, com o intuito de se estimar sua umidade no momento de cada pesagem. A fórmula utilizada foi a mesma para se estimar a umidade inicial dos discos.

5.5.2 Controle de umidade – Aparelho Elétrico

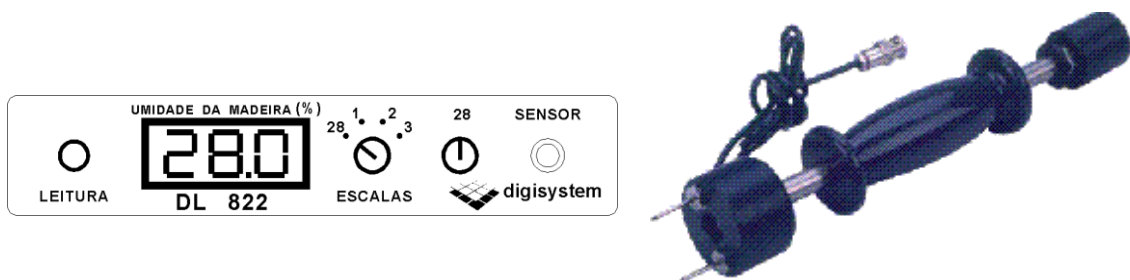
O acompanhamento da umidade da madeira também foi realizado com o auxílio de medidor elétrico. O aparelho utilizado foi o modelo DL-822 da empresa Digisystem (Figura 12).

Conforme manual do fabricante,

os instrumentos de fabricação da Digisystem estão baseados na variação da condutividade elétrica, utilizando o princípio de que existe uma relação fixa entre a resistência elétrica e o conteúdo de umidade da madeira. (MEDIDOR DE UMIDADE PARA MADEIRAS DL 822 & DUP 8805, 2006)

O aparelho é composto basicamente de um painel e de um martelete conectado a ele.

Figura 12 – Painel e martelete



Fonte: <http://www.digisystemeletro.com.br>

Segundo MORESCHI (2010),

a principal desvantagem dos aparelhos elétricos, é não ser possível a determinação de teores de umidade inferiores a 6%, e pouca precisão alcançada a teores de umidade superiores a 30%, embora meçam até 60% U. (MORESCHI, 2012)

Sempre antes da coleta dos dados, buscou-se fazer o aferimento do aparelho, dentro das recomendações descritas no manual do produto. Selecionou-se ainda o tipo de madeira, se leve, média ou pesada, conforme indicações do manual. Para o caso em questão, utilizou-se a classe de madeira “média” (para eucaliptos).

Foi realizada uma medição por amostra em cada dia de coleta. Ressalta-se a importância de se distanciar, pelo menos, 20 cm dos topos para se fazer a medição, uma vez que a umidade das extremidades é menor do que a do centro da madeira. Deste modo, optou-se por sempre fazer a medição o mais próximo do centro da madeira, evitando-se fazê-la sobre os nós¹. Após cravadas as agulhas em cada peça, esperava-se um tempo de 15 segundos para que fosse coletada a umidade apresentada no visor do aparelho.

5.6 DO CONTROLE DA UMIDADE RELATIVA DO AR E TEMPERATURA

Buscou-se fazer a medição da umidade relativa do ar e da temperatura, três vezes ao dia, pela manhã, meio dia e no final da tarde.

O aparelho utilizado para as medições acima foi o termo-higrômetro digital, vendido no mercado e de medição direta. Este controle auxiliaria na análise dos dados em caso de forte precipitação ou estiagem no período de medição, fatos que influenciam na perda/ganho de umidade das toras.

5.7 DA ANÁLISE DAS RACHADURAS E FENDAS

As medições das rachaduras nas extremidades e das fendas longitudinais nas toras foram obtidas após cada tratamento apresentar teor de umidade média igual ou inferior a 30% considerando-se o método por pesagem, uma vez que esta umidade foi alcançada em menos tempo pelo aparelho elétrico. No caso dos tratamentos que não chegaram aos 30% por este método, o controle se deu no último dia de coleta de dados.

Para a avaliação destes defeitos nas amostras, utilizou-se a “NBR 9480:2009 – Peças roliças preservadas de eucaliptos para construções rurais – Requisitos”, já que a mesma define critérios para identificação de não conformidades na madeira, incluindo rachaduras e fendas.

¹ Segundo Moreschi (2010), “apesar de ainda ser desconhecida sua influência sobre o teor de umidade”, o nó “constitui um tipo especial de lenha, não representando a madeira normal”.

A escolha desta norma se deveu pelo fato das amostras terem 2,20 metros de comprimento e diâmetros variando entre 6 e 13 cm, o que caracteriza peças utilizadas para cercamento.

Deste modo, a norma escolhida trata a questão das rachaduras e fendas da seguinte forma:

- Fendas de superfície – Segundo a NBR 9480:2009, “é admitida a existência de fendas nas peças roliças com as seguintes dimensões máximas:
 - Na base: 30 cm de comprimento e 5mm de abertura;
 - No topo: 20 cm de comprimento e 5mm de abertura;
 - No corpo da peça roliça: 50 cm de comprimento e 5mm de abertura.”
- Rachas ou rachaduras – Segundo a NBR 9480:2009, “são admissíveis rachas no topo e na base das peças roliças, com as dimensões especificadas abaixo:
 - Quando limitadas por um ângulo de até 90°, a abertura da racha deve ser igual ou inferior a 10% do diâmetro (do topo ou da base) onde ocorrer;
 - Quando o ângulo se estende além de 90°, a abertura da racha não deve ultrapassar 5% do diâmetro (do topo ou da base) onde ocorrer.”

Para se identificar possíveis defeitos nas peças, tornou-se necessária a medição dos diâmetros de topo e base das amostras. Tirou-se duas medições por extremidade, utilizando-se uma trena, e fez-se a média para cada uma.

Já a medição das fendas e rachaduras foi realizada utilizando-se um paquímetro para medir as aberturas e uma trena para medir o comprimento das fendas.

Para auxiliar na análise de resultados, definiu-se um critério para pontuação dos defeitos, sendo um objetivo e outro subjetivo. O critério objetivo deu 1 ponto para cada amostra que apresentasse não conformidade segundo a norma NBR 9480:2009. Já o subjetivo deu 0,5 ponto para cada amostra cujo defeito não estava fora de norma, mas que apresentava-se muito próximo disto, configurando a ela um status de alerta.

Assim, o tratamento que possuísse menor pontuação seria indicado o mais viável para secagem ao ar livre com foco na prevenção de rachaduras e fendas. Em caso de empate entre tratamentos, o critério de desempate privilegiaria aquele que apresentasse maior umidade perdida considerando-se o método definido como o mais viável.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 AVALIAÇÃO DA PERDA DE UMIDADE

6.1.1 Introdução à avaliação da perda de umidade

Segundo KLITZKE (2007), “a capacidade de secagem é afetada diretamente pela umidade relativa do ar e pela temperatura do mesmo”.

Assim, inicia-se esta discussão afirmando que a temperatura média durante o dia, no período de realização da coleta de dados, foi de 27,8 °C. Já a umidade relativa do ar média foi de 43,4%. Houve precipitações em alguns dias, durante o 35º e o 49º dia de coleta, o que contribuiu para uma perda de umidade menor nos tratamentos, registrada nos dois métodos de controle.

A análise dos resultados quanto à perda de umidade terá como base as tabelas 2, 3 e 4, apresentadas a seguir.

Tabela 2 – Perda de umidade dos tratamentos ao longo do tempo pelo método de pesagem de toras

Dia	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	55,32	61,08	66,95	73,16	80,64	59,45
5	48,75	56,04	63,51	67,11	72,28	54,47
15	40,52	48,33	55,50	57,88	62,05	45,94
22	35,11	42,33	48,64	50,79	54,26	40,41
35	28,76	34,10	39,94	41,61	44,19	31,19
42	28,89	34,42	38,74	40,89	43,31	31,79
49	26,64	32,37	36,63	38,25	39,28	30,19
Dia	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	72,89	57,87	54,05	62,04	71,62	77,51
5	68,51	54,33	49,91	57,20	67,57	71,73
15	61,43	46,79	45,25	51,26	60,09	64,63
22	57,13	42,39	41,45	45,75	55,49	59,92
35	47,44	33,79	33,05	36,53	48,31	49,87
42	46,79	32,90	32,84	34,30	49,54	48,55
49	44,39	31,44	31,01	32,81	47,80	47,64

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 2 mostra umidade média de cada tratamento ao longo dos dias de coleta de dados.

Já a Tabela 3 se difere da Tabela 2 por apresentar a umidade média de cada tratamento pelo método de medição por aparelho elétrico.

Tabela 3 - Perda de umidade dos tratamentos ao longo do tempo pelo método de medição por aparelho elétrico

Dia	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	59,9	61,1	64,0	62,5	65,9	57,2
5	45,7	47,7	51,9	47,0	55,0	48,6
15	32,1	34,4	43,4	36,3	45,0	37,6
22				34,3	44,0	29,6
35						
42	17,8	18,8	23,0	22,5	24,1	21,2
49	18,6	20,7	21,5	20,3	22,0	15,8
Dia	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	44,8	32,4	34,7	43,3	42,8	47,0
5	49,9	47,1	42,9	50,2	48,1	46,7
15	35,6	38,6	37,8	43,0	37,3	34,1
22	36,0	37,9	26,9	37,8	32,4	34,0
35						
42	28,1	24,7	18,1	23,1	19,5	24,0
49	23,2	22,2	22,0	21,2	19,4	25,4

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a tabela acima fazem-se duas observações: os dados faltantes se justificam pela quebra do marteleto, o que prejudicou a coleta de alguns dados do dia 22 e do dia 35. Os tratamentos 7, 8, 9, 10 e 11 apresentaram umidade maior na segunda medição em comparação com a primeira devido à inexperiência do operador do marteleto.

Já a Tabela 4 apresenta outros dados sintetizados e individualizados por amostra e tratamento. Como pode ser visto na legenda, esta tabela conta com informações como peso inicial e final das peças, e umidades inicial, final e perdida para os métodos de pesagem de toras e medição com aparelho elétrico.

LEGENDA:

T + A – Tratamento e amostra

PI – Peso inicial

PF – Peso final

UIG – Umidade inicial pelo método gravimétrico

UFG – Umidade final pelo método gravimétrico

PUPG – Percentual de umidade perdida pelo método gravimétrico – Fórmula: $[(UIG-UFG) / UIG] * 100$

UIAE – Umidade inicial pelo método de aparelho elétrico

UFAE – Umidade final pelo método de aparelho elétrico

PUPAE – Percentual de umidade perdida pelo método de aparelho elétrico – Fórmula: $[(UIAE-UFAE) / UIAE] * 100$ Tabela 4² – Resultados dos tratamentos

<i>T + A</i>	<i>PI</i>	<i>PF</i>	<i>UIG</i>	<i>UFG</i>	<i>PUPG</i>	<i>UIAE</i>	<i>UFAE</i>	<i>PUPAE</i>
T1A	12,10	10,20	51,41	27,63	46,25	62,90	21,80	65,34
T1B	8,00	6,90	47,30	27,04	42,82	60,00	15,40	74,33
T1C	13,60	10,50	65,36	27,67	57,67	66,40	20,00	69,88
T1D	11,90	9,50	54,92	23,68	56,89	65,00	23,40	64,00
T1E	11,60	9,00	64,29	27,47	57,28	58,00	19,80	65,86
T1F	7,80	6,40	54,66	26,90	50,78	66,20	14,80	77,64
T1G	9,40	7,80	53,36	27,25	48,92	51,60	17,30	66,47
T1H	8,80	7,30	51,23	25,45	50,32	48,90	16,30	66,67
Média	10,40	8,45	55,32	26,64	51,84	59,88	18,60	68,94

² Para a umidade inicial dos tratamentos 7, 8, 9, 10 e 11 do método de medição por aparelho elétrico, considerou-se os valores referentes à medição do dia 5, uma vez que houve erro por parte do operador na coleta para estes tratamentos no dia 1.

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T2A	7,80	5,70	80,77	32,10	60,26	72,20	22,20	69,25
T2B	10,70	8,80	59,81	31,43	47,45	61,70	16,60	73,10
T2C	10,70	9,90	54,58	33,08	39,40	63,70	23,50	63,11
T2D	11,50	12,80	59,05	31,34	46,92	55,30	29,10	47,38
T2E	15,50	12,10	55,35	33,32	39,81	52,60	25,20	52,09
T2F	14,10	10,00	53,05	33,09	37,63	54,60	17,40	68,13
T2G	11,50	6,20	66,42	32,29	51,39	64,00	16,00	75,00
T2H	7,80	6,30	59,62	32,32	45,79	64,70	15,40	76,20
Média	11,20	8,98	61,08	32,37	47,01	61,10	20,68	66,16

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T3A	11,80	10,20	58,95	37,39	36,56	51,90	15,80	69,56
T3B	8,30	6,70	69,34	36,70	47,08	64,10	17,90	72,07
T3C	12,30	9,90	68,96	35,99	47,81	71,10	25,80	63,71
T3D	12,90	10,20	72,09	36,07	49,96	65,80	29,60	55,02
T3E	11,30	9,10	70,41	37,23	47,12	63,80	20,60	67,71
T3F	10,10	8,50	62,94	37,13	41,01	61,80	16,90	72,65
T3G	12,30	10,00	67,30	36,02	46,48	65,90	27,60	58,12
T3H	7,40	6,10	65,59	36,50	44,35	67,50	17,70	73,78
Média	10,80	8,84	66,95	36,63	45,29	63,99	21,49	66,42

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T4A	9,10	6,70	73,16	27,49	62,42	72,20	21,30	70,50
T4B	7,20	5,80	73,16	39,49	46,02	63,20	14,30	77,37
T4C	13,80	11,70	73,16	46,81	36,02	54,80	15,80	71,17
T4D	11,40	9,00	73,16	36,71	49,83	71,30	22,10	69,00
T4E	10,80	8,10	73,16	29,87	59,17	67,70	33,90	49,93
T4F	7,80	6,30	73,16	39,86	45,52	52,80	15,50	70,64
T4G	10,60	8,90	73,16	45,39	37,96	55,00	17,20	68,73
T4H	13,20	10,70	73,16	40,37	44,83	63,00	22,10	64,92
Média	10,49	8,40	73,16	38,25	47,72	62,50	20,28	67,56

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T5A	12,20	8,40	80,64	24,38	69,77	72,30	22,50	68,88
T5B	11,30	8,90	80,64	42,28	47,58	56,20	28,60	49,11
T5C	7,00	5,60	80,64	44,51	44,80	65,70	17,40	73,52
T5D	14,40	11,90	80,64	49,28	38,89	71,30	20,70	70,97
T5E	12,70	9,30	80,64	32,28	59,97	67,50	26,90	60,15
T5F	8,30	6,60	80,64	43,64	45,88	66,90	21,70	67,56
T5G	11,30	8,20	80,64	31,09	61,45	69,70	23,40	66,43
T5H	6,40	5,20	80,64	46,77	42,00	57,50	14,50	74,78
Média	10,45	8,01	80,64	39,28	51,29	65,89	21,96	66,67

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T6A	9,00	7,40	59,45	31,10	47,68	68,50	14,00	79,56
T6B	12,90	10,80	59,45	33,49	43,66	37,20	13,70	63,17
T6C	9,20	7,30	54,25	26,52	51,12	68,40	14,70	78,51
T6D	8,50	7,50	51,95	40,69	21,67	40,00	12,00	70,00
T6E	12,10	10,50	55,50	38,36	30,87	47,50	13,70	71,16
T6F	13,20	10,90	54,62	31,67	42,02	60,90	16,90	72,25
T6G	10,90	7,60	53,60	11,18	79,15	68,90	14,30	79,25
T6H	16,50	13,30	53,65	28,53	46,83	65,80	27,00	58,97
Média	11,54	9,41	55,31	30,19	45,41	57,15	15,79	72,38

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T7A	12,70	10,20	72,89	38,86	46,69	61,00	26,00	57,38
T7B	7,70	6,60	72,89	48,19	33,88	41,30	16,70	59,56
T7C	9,20	8,20	72,89	54,10	25,78	32,20	16,20	49,69
T7D	11,70	9,70	72,89	43,34	40,55	64,60	27,70	57,12
T7E	17,50	14,70	72,89	45,23	37,95	58,20	32,90	43,47
T7F	8,60	6,80	72,89	36,70	49,65	58,60	19,30	67,06
T7G	11,40	9,30	72,89	41,04	43,69	33,20	19,90	40,06
T7H	14,40	12,30	72,89	47,68	34,59	49,90	26,50	46,89
Média	11,65	9,73	72,89	44,39	39,10	49,88	23,15	53,58

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T8A	7,80	6,40	57,87	29,54	48,96	48,10	17,60	63,41
T8B	14,00	11,50	57,87	29,68	48,71	52,00	27,20	47,69
T8C	7,90	7,10	57,87	41,88	27,63	28,20	15,50	45,04
T8D	13,80	11,50	57,87	31,56	45,47	57,70	35,00	39,34
T8E	8,90	7,10	57,87	25,94	55,17	69,90	21,30	69,53
T8F	9,30	7,50	57,87	27,32	52,80	44,60	16,90	62,11
T8G	14,40	12,00	57,87	31,56	45,47	45,00	27,00	40,00
T8H	10,60	9,00	57,87	34,04	41,18	31,30	17,00	45,69
Média	10,84	9,01	57,87	31,44	45,67	47,10	22,19	52,89

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T9A	12,70	10,50	54,05	27,36	49,38	42,30	23,80	43,74
T9B	11,30	9,60	54,05	30,87	42,88	38,10	22,60	40,68
T9C	12,00	9,90	54,05	27,09	49,88	43,90	33,10	24,60
T9D	14,10	12,30	54,05	34,38	36,39	34,90	22,50	35,53
T9E	8,00	7,16	54,05	37,87	29,93	55,60	18,40	66,91
T9F	10,10	8,30	54,05	26,59	50,80	52,20	20,50	60,73
T9G	8,30	7,40	54,05	37,34	30,91	33,50	15,40	54,03
T9H	7,30	6,00	54,05	26,61	50,76	43,00	19,70	54,19
Média	10,48	8,90	54,05	31,01	42,61	42,94	22,00	48,76

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T10A	10,30	8,50	62,04	33,72	45,64	47,10	16,10	65,82
T10B	8,80	7,10	62,04	30,74	50,46	43,30	22,40	48,27
T10C	8,00	6,30	62,04	27,61	55,50	53,30	18,10	66,04
T10D	10,60	8,30	62,04	26,88	56,67	61,30	31,80	48,12
T10E	11,60	10,10	62,04	41,09	33,77	35,50	16,00	54,93
T10F	11,20	9,30	62,04	34,55	44,31	49,90	20,50	58,92
T10G	15,80	13,30	62,04	36,40	41,33	50,80	22,10	56,50
T10H	13,80	11,20	62,04	31,51	49,21	60,10	22,90	61,90
Média	11,26	9,26	62,04	32,81	47,11	50,16	21,24	57,66

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T11A	12,90	10,70	71,62	42,35	40,87	56,60	27,90	50,71
T11B	9,70	8,60	71,62	52,16	27,17	36,40	15,90	56,32
T11C	6,30	5,70	71,62	55,27	22,82	31,20	14,30	54,17
T11D	7,00	6,00	71,62	47,10	34,23	55,00	15,60	71,64
T11E	9,80	8,80	71,62	54,10	24,45	34,90	14,50	58,45
T11F	13,20	10,80	71,62	40,41	43,57	69,70	25,40	63,56
T11G	6,30	5,60	71,62	52,55	26,63	32,30	14,60	54,80
T11H	11,90	9,60	71,62	38,45	46,32	68,80	26,60	61,34
Média	9,64	8,23	71,62	47,80	33,26	48,11	19,35	59,78

T + A	PI	PF	UIG	UFG	PUPG	UIAE	UFAE	PUPAE
T12A	11,00	8,20	77,51	32,33	58,29	64,20	51,30	20,09
T12B	15,70	13,20	77,51	49,24	36,47	46,40	32,80	29,31
T12C	8,90	6,90	77,51	37,62	51,46	63,50	24,70	61,10
T12D	7,70	6,80	77,51	56,76	26,77	37,30	18,00	51,74
T12E	10,60	9,10	77,51	52,39	32,41	52,10	17,70	66,03
T12F	7,10	6,30	77,51	57,51	25,80	33,50	15,80	52,84
T12G	12,00	9,70	77,51	43,49	43,89	51,60	28,20	45,35
T12H	6,20	5,30	77,51	51,74	33,24	27,50	15,00	45,45
Média	9,90	8,19	77,51	47,64	38,54	47,01	25,44	45,89

Fonte: Elaborado pelo autor

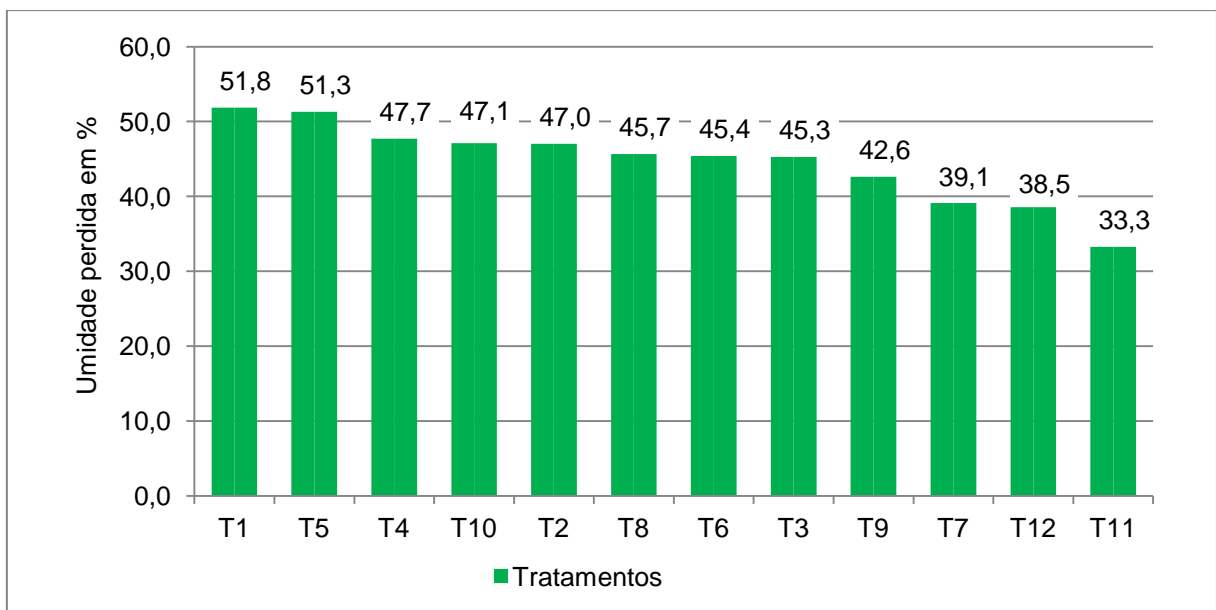
As tabelas 2, 3 e 4 forneceram dados para a elaboração de todos gráficos referentes à perda de umidade apresentados nos subtópicos a seguir.

Por fim, ressalta-se que **a análise dos resultados quanto à perda de umidade foi realizada sob a ótica do percentual de umidade perdida por cada tratamento, retratado pelos menus “PUPG” e “PUPAE”, na Tabela 4.** Isto se justifica porque a umidade inicial dos tratamentos é diferente, e desta forma, a eficiência do método de secagem é dada pelo percentual de umidade que o tratamento perdeu, e não pela umidade final alcançada.

6.1.2 Perda de umidade pelo método de pesagem de toras

A Figura 13 ilustra o percentual de perda de umidade por tratamento.

Figura 13 – Umidade média perdida por tratamento pelo método de pesagem de toras



Fonte: Elaborado pelo autor

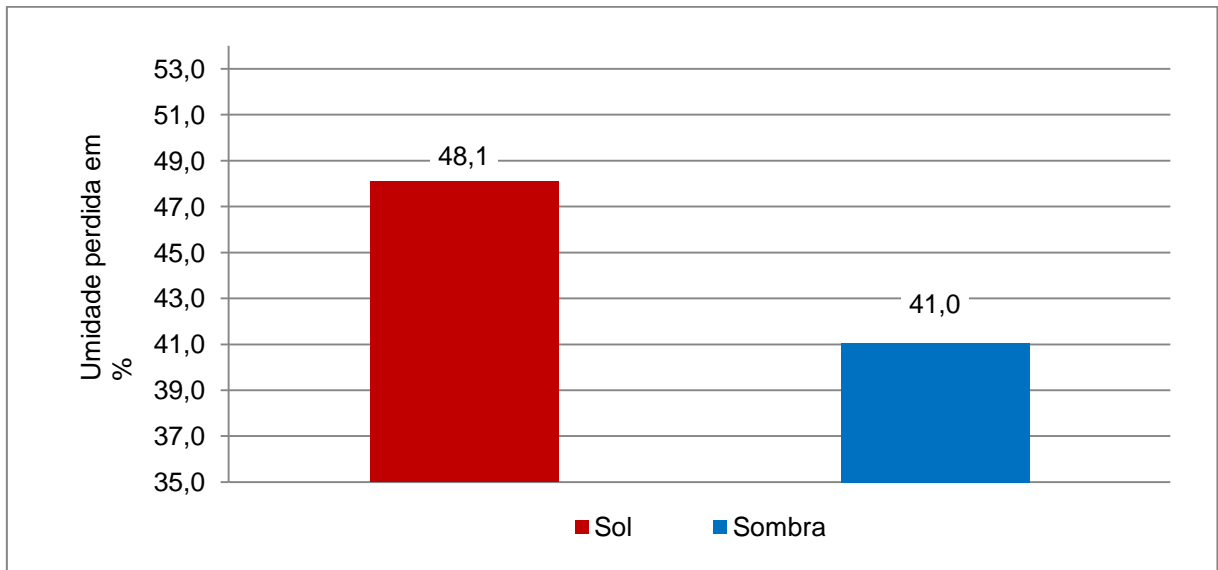
A figura acima mostra que, de modo geral, o tratamento 1 foi o que mais perdeu umidade, com 51,8%, e o tratamento 11 o que menos perdeu, com 33,3%.

Com o auxílio do Quadro 1 – Ficha técnica dos tratamentos, é possível notar que a perda de umidade foi maior nos tratamentos expostos ao sol (T1, T2, T3, T4, T5 E T6), apresentando uma perda média de 48,1%, enquanto os tratamentos realizados na sombra (T7, T8, T9, T10, T11 e T12) apresentaram uma perda média de 41%. Os resultados encontrados foram esperados por sofrerem maior radiação direta nas pilhas, e, conseqüentemente, maior temperatura, facilitando a evaporação

da umidade das toras. Não obstante, eram esperadas perdas maiores do que as obtidas nas toras expostas ao sol.

A Figura 14 ilustra esta diferença entre os tratamentos agrupados entre sol e sombra.

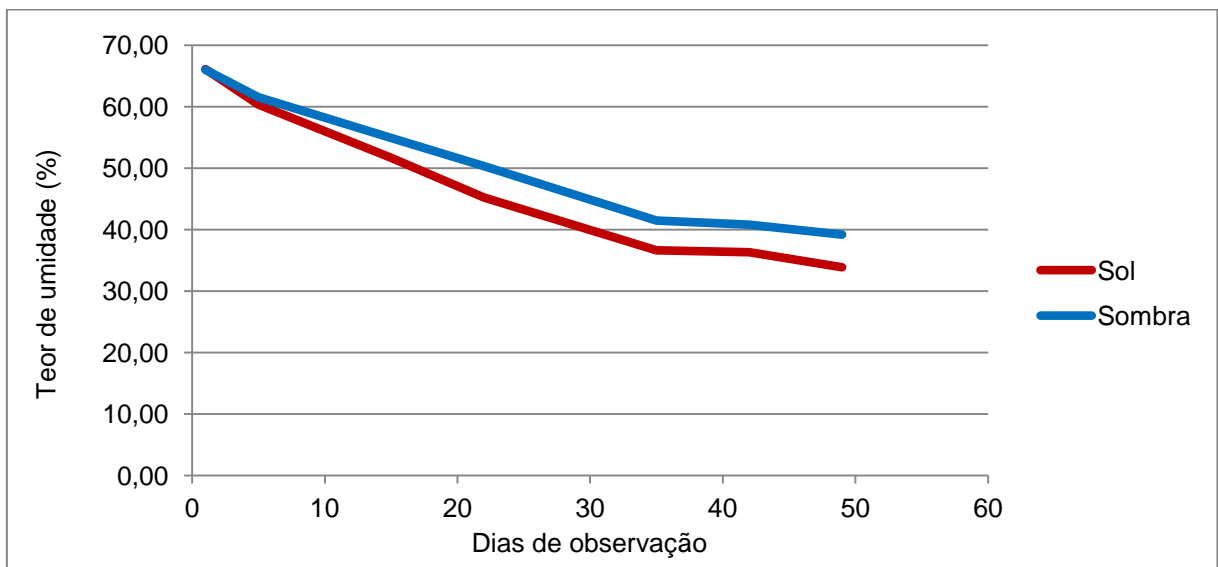
Figura 14 – Umidade média perdida, agrupada entre tratamentos no sol e na sombra, pelo método de pesagem de toras



Fonte: Elaborado pelo autor

Já a figura 14 ilustra a perda de umidade ao longo do tempo, para os tratamentos agrupados em sol e sombra.

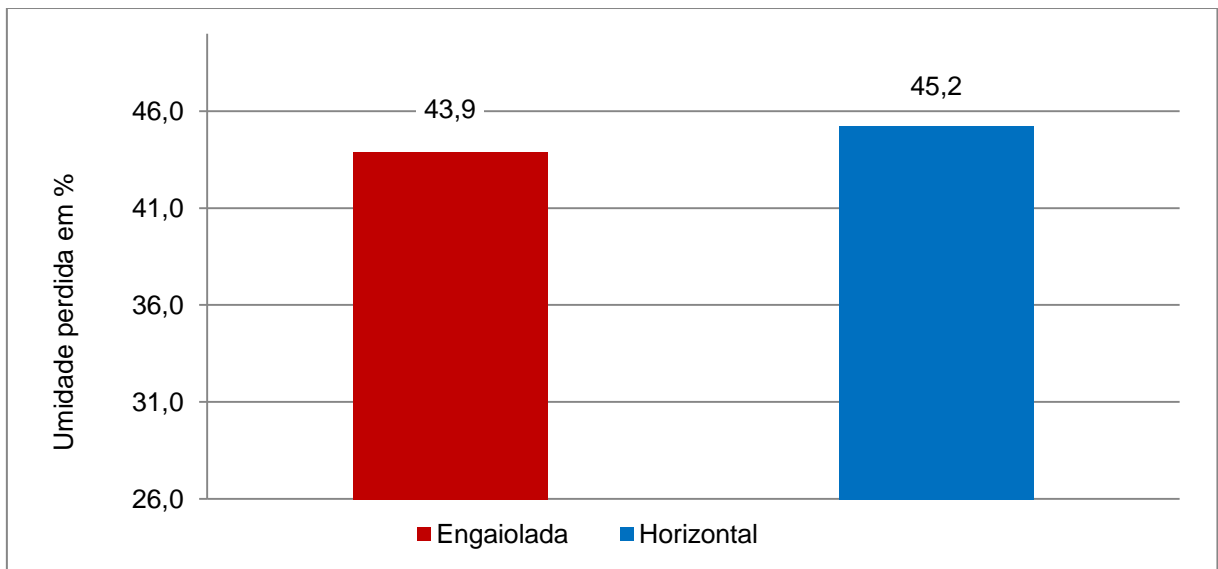
Figura 15 – Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em sol e sombra, pelo método de pesagem de toras



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando se comparou a perda de umidade pela disposição das pilhas, ou seja, pilha engaiolada (T1, T3, T5, T7, T9 e T11) e pilha horizontal (T2, T4, T6, T8, T10 e T12), pôde-se observar que não houve influência quanto ao tipo da construção da pilha na perda de umidade. Entretanto, as pilhas horizontais perderam, em média, 45,2% de umidade, e as pilhas engaioladas, 43,9%.

Figura 16 – Umidade média perdida, agrupada em pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de pesagem de toras

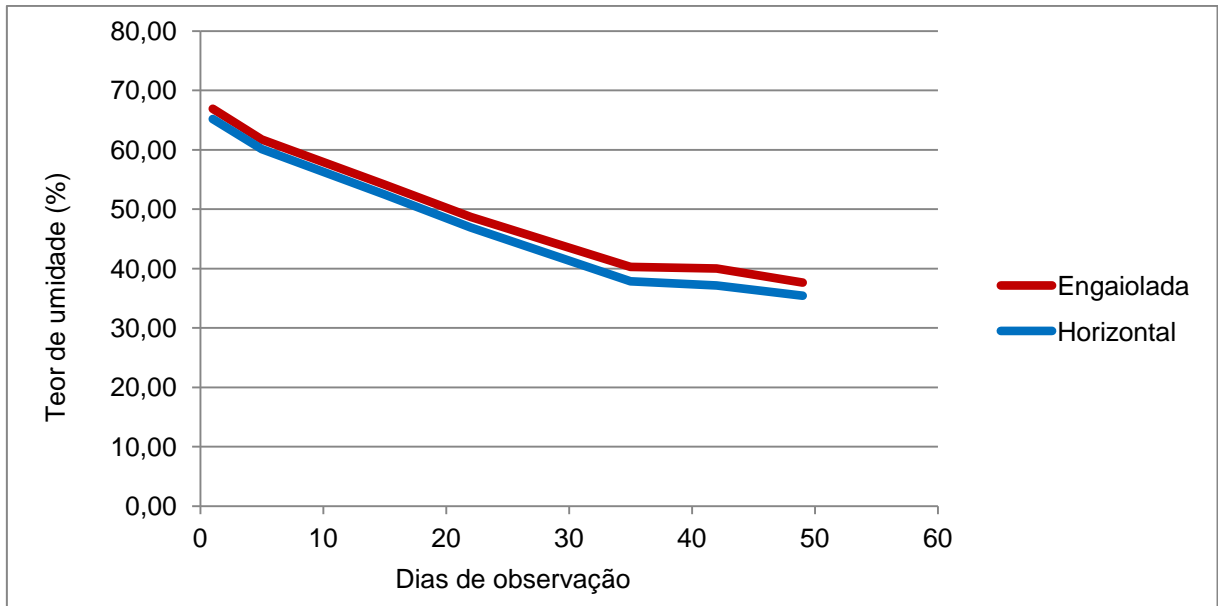


Fonte: Elaborado pelo autor

O resultado neste quesito não foi o esperado. Na opinião deste autor, a quantidade de peças empilhadas em cada tratamento – 35, no total – pode ter influenciado para uma perda de umidade mais acelerada nos tratamentos horizontais. Desta forma, uma quantidade maior de peças por pilha poderia indicar uma perda de umidade maior para as engaioladas, uma vez que a passagem dos ventos é maior entre elas, facilitando a secagem.

A Figura 17 ilustra a perda de umidade para as pilhas engaioladas e horizontais ao longo do tempo, e evidencia sua pouca contribuição para os resultados que eram esperados.

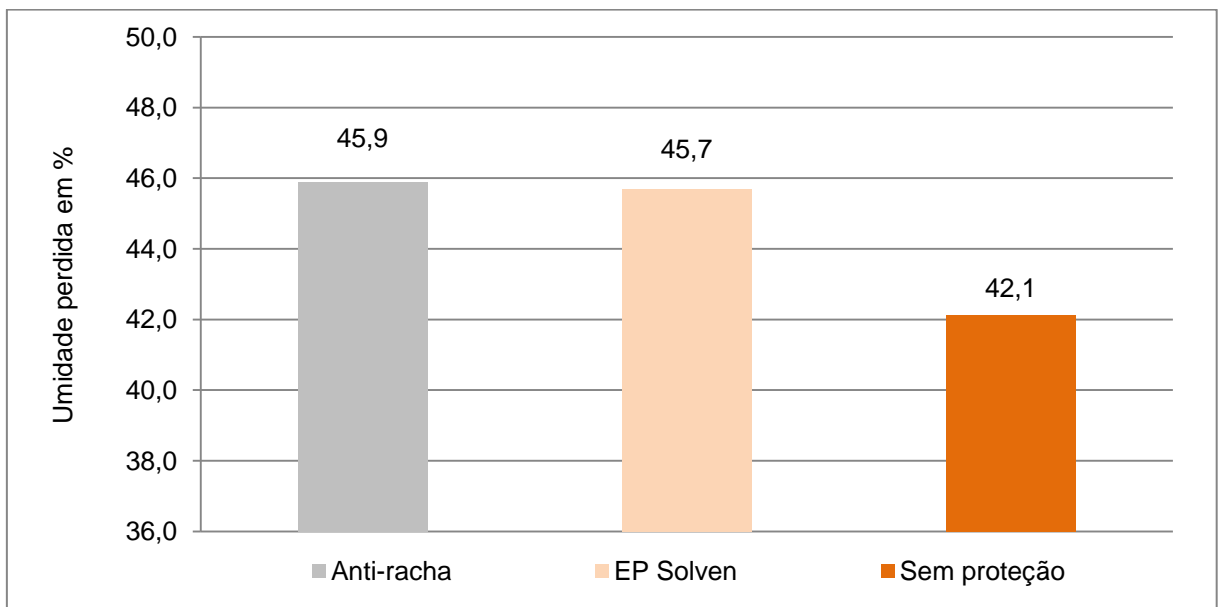
Figura 17 – Perda média de umidade ao longo do tempo, de pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de pesagem de toras



Fonte: Elaborado pelo autor

Os efeitos dos tratamentos utilizados nas extremidades, como conectores antirracha, (T1, T2, T7 e T8), EP Solven 600BA (T3, T4, T8 e T9) e sem proteção (T5, T6, T11 e T12) são apresentados na Figura 18.

Figura 18 – Umidade média perdida, agrupada em antirracha, EP Solven e sem proteção, pelo método de pesagem de toras



Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados médios obtidos demonstram que as toras que foram empilhadas sem nenhum tipo de proteção nas extremidades foram as que

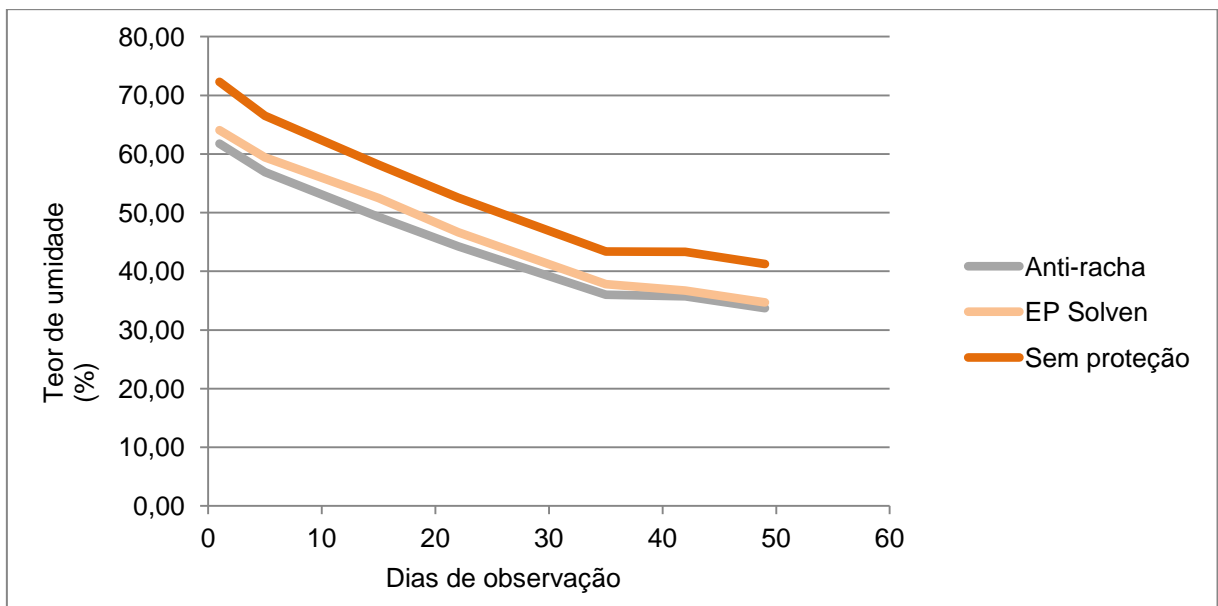
apresentaram menor perda de umidade no período avaliado, com 42,1%. Este resultado não foi esperado, por serem as extremidades das toras (corte transversal) onde obtemos maior perda de umidade, podendo chegar a ser 30 vezes maior que na superfície, citada por vários autores na literatura (KLITZKE, 2007 e MORESCHI, 2010, entre outros). Esperava-se que, pelo fato do antirracha constituir uma barreira (chapa metálica) e do EP Solven ter características impermeabilizantes, a perda de umidade nos tratamentos em que foram aplicados fosse menor.

Os tratamentos com aplicação de antirracha nas extremidades obtiveram uma perda de 45,9% e os de aplicação de EP Solven 600 BA, 45,7%.

Recorre-se novamente ao fato de que a pouca quantidade de peças por pilha pode ter contribuído para esse resultado, para o qual acredita-se que a perda de umidade na superfície tenha sido bem próxima à perda nas extremidades.

A Figura 19 ilustra a perda de umidade ao longo dos dias de coleta dos dados. Percebe-se que o processo de perda de umidade é bem parecido para as três variáveis.

Figura 19 – Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em antirracha, EP Solven e sem proteção, pelo método de pesagem de toras



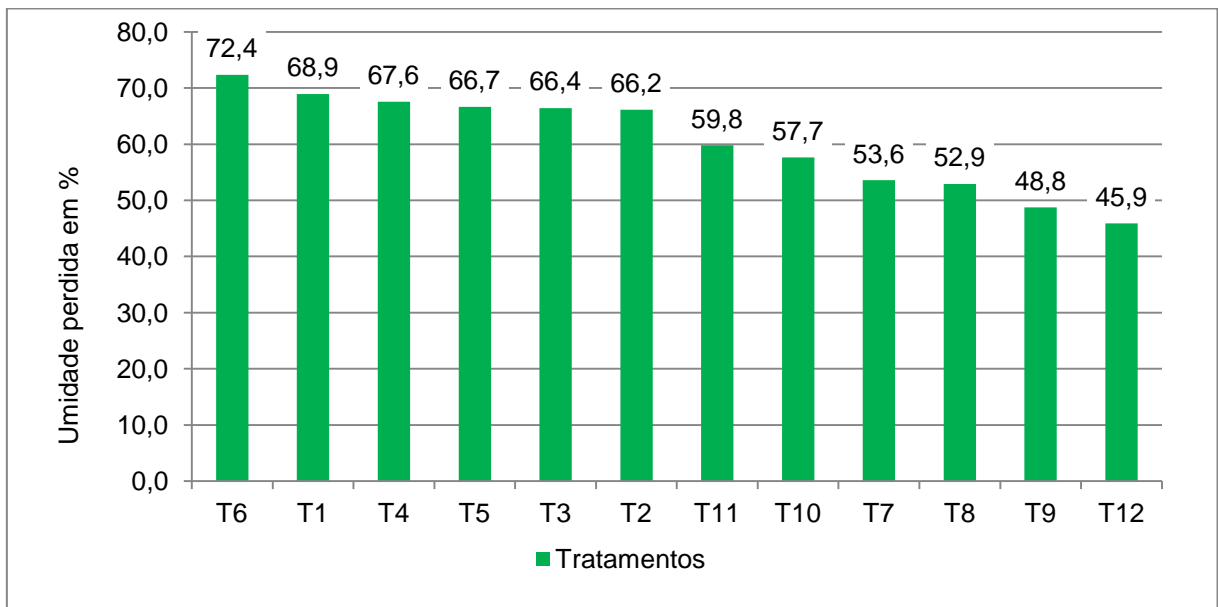
Fonte: Elaborado pelo autor

6.1.3 Perda de umidade pelo método de medição por aparelho elétrico

O método de controle da umidade por aparelho elétrico apresentou resultados parecidos com o método de pesagem de toras, levando-se em consideração o processo de perda de umidade ao longo do tempo para as variáveis sol/sombra, pilhas engaioladas/horizontais e antirrachas/EP Solven/sem proteção.

A maior diferença esteve nos teores de umidade inicial e final e no percentual de perda de umidade média.

Figura 20 - Umidade média perdida por tratamento pelo método de medição por aparelho elétrico

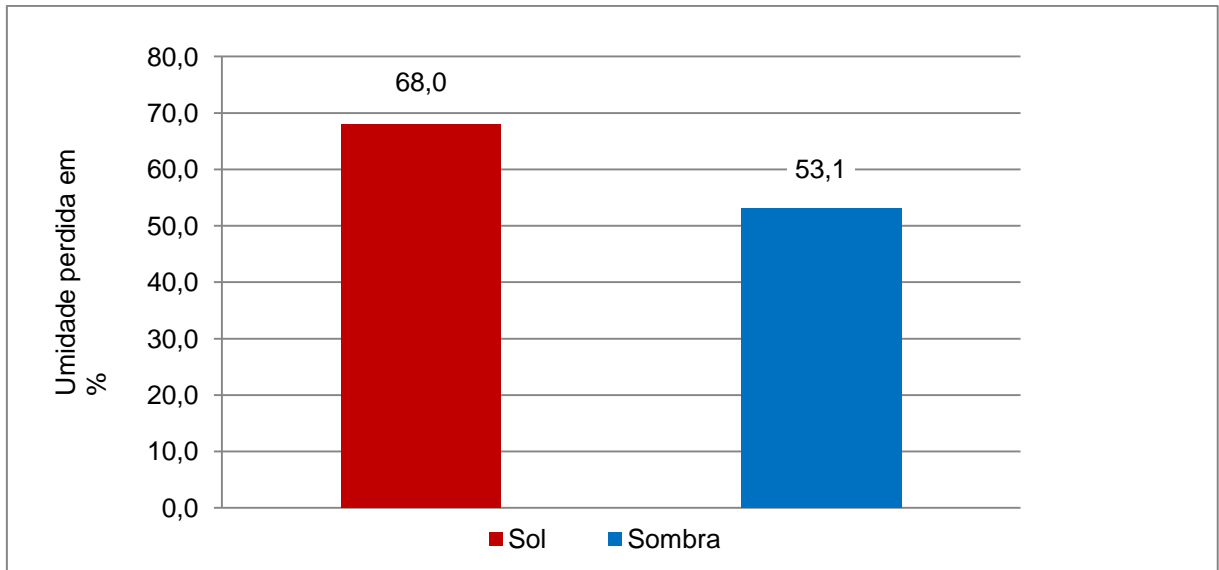


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao se fazer uma análise geral, nota-se que o tratamento 6 foi o que mais perdeu umidade, com 72,4%, e o tratamento 12 foi o que menos perdeu, com 45,9%.

Comparando-se os tratamentos agrupados em sol e sombra, percebe-se que as seis primeiras posições em termos de perda de umidade são de tratamentos expostos ao sol. Isto, explicitado na Figura 21, poderia fazer crer que o resultado encontrado tivesse sido o esperado, pelos mesmos motivos apresentados quando da análise do método por pesagem de toras.

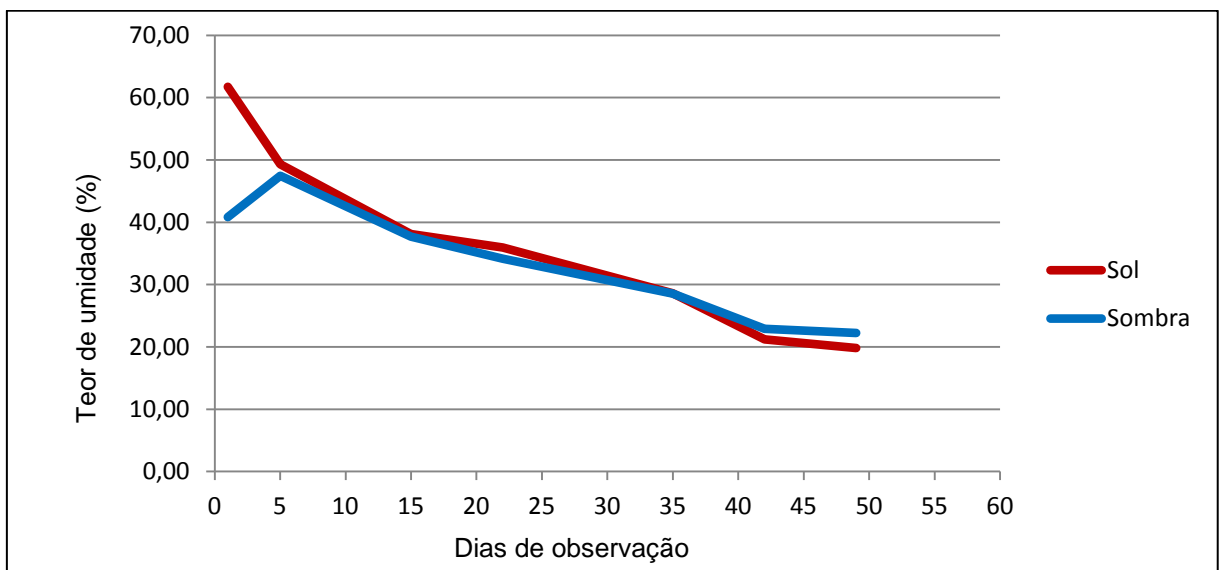
Figura 21 – Umidade média perdida, agrupada em sol e sombra, pelo método de medição por aparelho elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

Entretanto, a Figura 22 induz a concluir que a diferença inicial entre os tratamentos expostos ao sol e os tratamentos protegidos por sombra pode ter sido menor do que a auferida pelo aparelho elétrico. O aumento de umidade para os tratamentos na sombra, observado no 5º dia de medição, sem que houvesse precipitação ou outro fator natural que contribuísse para tal, evidencia um dos problemas presentes nas medições com o aparelho elétrico: a variância da leitura em função da penetração das agulhas nas peças.

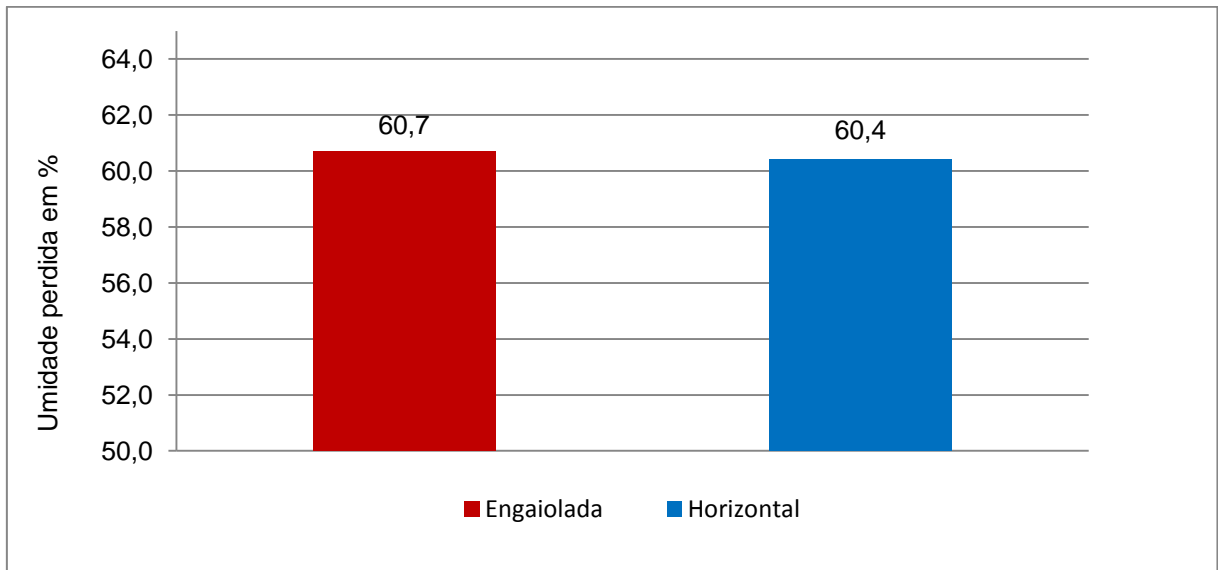
Figura 22 - Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em sol e sombra, pelo método de medição por aparelho elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

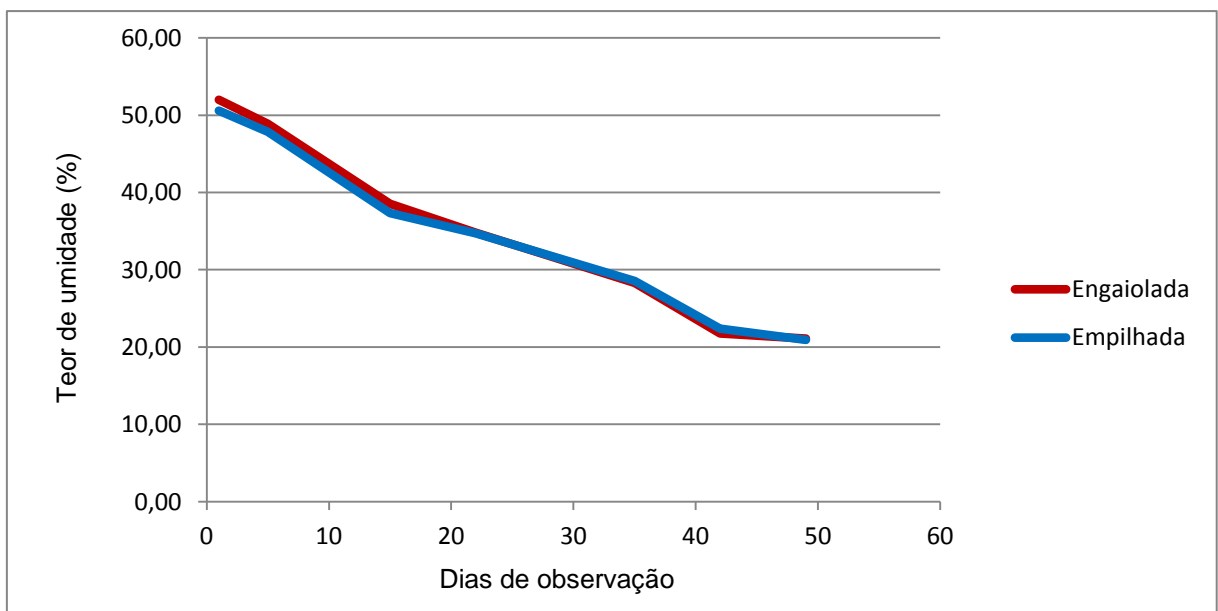
Já ao se analisar a diferença de umidade entre os tratamentos com pilhas engaioladas e horizontais, assim como ocorrido no método de pesagem de toras, nota-se que o resultado também não foi o esperado, uma vez que as pilhas engaioladas deveriam apresentar perda de umidade consideravelmente maior.

Figura 23 - Umidade média perdida, agrupada em pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de medição por aparelho elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

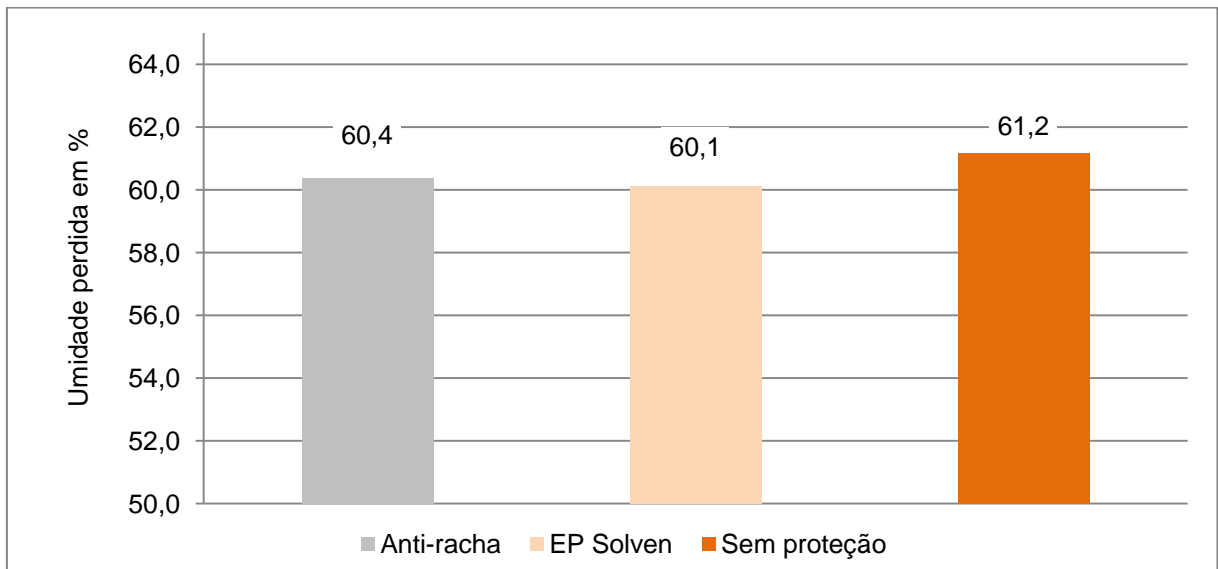
Figura 24 - Perda média de umidade ao longo do tempo, de pilhas engaioladas e horizontais, pelo método de medição por aparelho elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados para as variáveis antirrachas, EP Solven e sem tratamento também não foram os esperados, pelos mesmos motivos dos apresentados no método de pesagem de toras, como mostra as figuras abaixo.

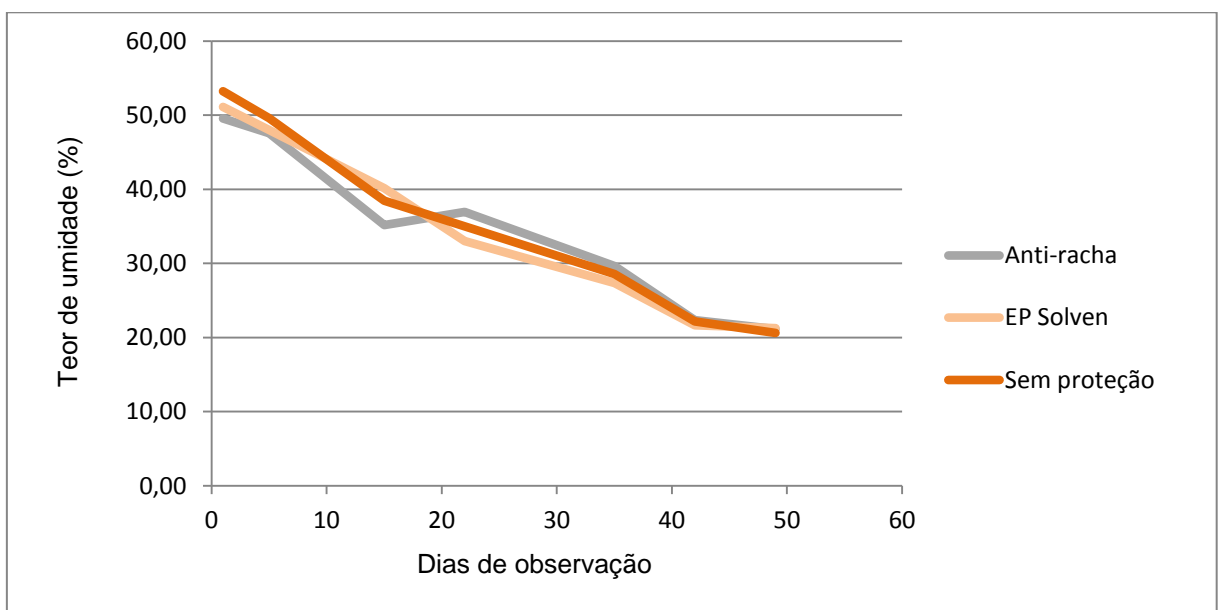
Figura 25 – Umidade média perdida, agrupada entre antirrachas, EP Solven e sem proteção, pelo método de medição por aparelho elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

Desta vez, embora as peças sem proteção tenham perdido mais umidade que as demais, a diferença é insignificante.

Figura 26 - Perda média de umidade ao longo do tempo, agrupada em antirrachas, EP Solven e sem proteção, pelo método de medição por aparelho elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

6.1.4 Método de pesagem de toras X método de medição por aparelho elétrico

Como pôde ser observado até aqui, a perda de umidade ao longo dos dias, considerando-se as variáveis empilhamento e proteção dos topos, foi, de modo geral, bem parecido para ambos os métodos de controle de secagem. Não se constatou que alguma das variáveis acima pudesse contribuir de forma significativa para a perda de umidade. Credita-se este fato, como já citado, à pouca quantidade de peças por tratamento.

A variável sol/sombra foi a única que pôde influenciar na perda de umidade, mas ainda assim, de forma bem tímida.

Entretanto, ao se comparar as umidades inicial e final, os dois métodos de controle apresentaram diferenças maiores. A umidade inicial média do método de pesagem de toras foi de 65,1%, e a umidade do método de medição por aparelho elétrico foi de 54,6%. Já as umidades médias finais foram de 36,5% e 15,5%, respectivamente.

É sabido, conforme já citado por MORESCHI (2010), que o controle de umidade acima do PSF não é preciso, o que poderia ser uma das causas para esta diferença. Entretanto, abaixo do PSF a umidade do método de medição por aparelho foi, em média, 21% menor que o método por pesagem.

A possível explicação está na abrangência da agulha do martetele do medidor de umidade, que possui 1" de comprimento, ou seja, 2,54 cm. O diâmetro médio das toras utilizadas no experimento, considerando-se uma distância de 1,10 m das extremidades, é de aproximadamente 9 cm. Considerando-se que o raio médio das peças é de 4,5 cm e que a penetração total das agulhas é de 2,54 cm, teríamos 1,96 cm em direção ao centro das toras, correspondentes a uma porção não mensurável pelo medidor.

Deste modo, o medidor de umidade cobriu cerca de 81% do volume das toras, sobrando 19% sem a medição por este método, como ilustra a Figura 27.

Figura 27 – Abrangência média da medição do aparelho elétrico nas toras



Fonte: Elaborado pelo autor

O fato do controle da umidade abranger 100% da tora para o método por pesagem confere a ele uma grande vantagem quando se precisa obter a umidade da tora inteira, como no caso do carvão, mencionado no trabalho de REZENDE et al (2010).

Não obstante, para a preservação em autoclave interessa saber a umidade do alburno, uma vez que o cerne não sofre a penetração de agentes preservativos. Durante as medições, constatou-se que a área não atingida pela agulha (19% do volume das toras) coincidiu, em grande parte, com o cerne.

Assim, atendendo a um dos objetivos específicos, que é “identificar qual é o método de controle de umidade mais viável”, conclui-se que a medição por aparelho elétrico é a que melhor se adéqua para fins de preservação em autoclave.

Mesmo apresentando imprecisão quando a umidade está acima do ponto de saturação das fibras, ao alcançá-lo, o aparelho elétrico torna-se confiável (MORESCHI, 2010 e KLITZKE, 2007) – vale lembrar que PSF é considerado o ponto ideal para preservação em autoclave.

Além disso, entende-se que o método de pesagem considera uma umidade – a contida no cerne – desnecessária para a imunização em autoclave. Isto pode levar ao tratamento com baixos teores de umidade no alburno, podendo ocasionar em uma retenção de CCA maior do que o necessário, aumentando consideravelmente os custos.

6.2 RACHADURAS E FENDAS

A tabela a seguir ilustra os resultados encontrados quanto ao surgimento de rachaduras e fendas nas toras.

LEGENDA:

T + A – Tratamento e amostra

DB – Diâmetro na base

BT – Diâmetro no topo

NC? – Não conformidade³? - Refere-se a existência de rachaduras e fendas fora de norma encontradas nas amostras

Motivo da não conformidade – Refere-se aos motivos da não conformidade encontrada.

Alerta⁴? Refere-se às peças que estão dentro das normas, mas que receberam status de alerta.

Tabela 5 – Ficha técnica dos tratamentos sob a ótica de rachaduras e fendas

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T1A	10,05	8,60	Sim	Base com abertura de 5,2 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T1B	8,50	7,15	Não	-	Não
T1C	10,30	9,05	Não	-	Sim
T1D	9,55	8,20	Não	-	Não
T1E	9,75	9,20	Não	-	Sim
T1F	9,35	7,95	Não	-	Não
T1G	8,70	7,80	Não	-	Não
T1H	8,60	7,10	Não	-	Não
Média	9,35	8,13	-	-	-

³ Refere-se ao critério objetivo de avaliação de rachaduras e fendas nas toras, mencionado no tópico “Da análise das rachaduras e fendas”.

⁴ Refere-se ao critério subjetivo de avaliação de rachaduras e fendas nas toras, mencionado no tópico “Da análise das rachaduras e fendas”. Só foram colocadas em alerta as peças que não apresentaram não conformidades, uma vez que as que apresentaram, foram analisados objetivamente, conforme citado no mesmo parágrafo.

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T2A	7,85	7,40	Não	-	Não
T2B	9,25	7,85	Não	-	Não
T2C	9,75	8,10	Não	-	Não
T2D	11,15	10,10	Não	-	Sim
T2E	10,65	9,65	Não	-	Não
T2F	10,10	9,00	Não	-	Não
T2G	8,10	7,10	Não	-	Não
T2H	8,75	7,30	Sim	Base com abertura de 4,5 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
Média	9,45	8,31	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T3A	10,15	9,25	Não	-	Não
T3B	8,70	7,55	Não	-	Não
T3C	10,50	8,75	Sim	Base com abertura de 5,4 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T3D	10,25	9,50	Sim	Base com abertura de 6,2 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T3E	10,00	9,25	Sim	Base com 35 cm de rachadura com média maior que 5 mm.	Não
T3F	9,35	8,10	Não	-	Não
T3G	10,00	9,00	Não	-	Não
T3H	8,10	7,35	Não	-	Não
Média	9,63	8,59	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T4A	9,75	8,75	Não	-	Sim
T4B	7,65	6,90	Sim	Base com abertura de 3,9 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T4C	10,55	9,45	Não	-	Não
T4D	10,90	8,50	Não	-	Não
T4E	9,35	8,75	Sim	Base com abertura de 5,9 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T4F	8,00	6,95	Não	-	Não
T4G	9,10	8,00	Não	-	Não
T4H	10,05	9,00	Sim	Base com abertura de 5,2 mm e com ângulo maior do que 90°.	Não
Média	9,42	8,29	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T5A	10,55	10,00	Não	-	Não
T5B	9,65	8,65	Não	-	Não
T5C	8,45	7,45	Não	-	Não
T5D	11,30	10,40	Não	-	Não
T5E	9,75	8,80	Não	-	Não
T5F	8,45	7,50	Sim	Base com abertura de 5,5 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T5G	9,75	8,90	Não	-	Não
T5H	8,25	7,20	Não	-	Não
Média	9,52	8,61	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T6A	9,00	7,40	Não	-	Não
T6B	10,65	8,75	Não	-	Não
T6C	9,00	8,15	Não	-	Não
T6D	8,55	7,60	Sim	Ponta com abertura de 5,2 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T6E	9,10	8,60	Não	-	Não
T6F	11,00	9,00	Sim	Base com abertura de 6,3 mm e ângulo maior do que 90°.	Não
T6G	9,85	9,15	Sim	Ponta e base com aberturas de 12,9 mm e 8,1 mm respectivamente, e rachaduras maiores que 50 cm e 5 mm no corpo da peça.	Não
T6H	11,20	9,95	Não	-	Não
Média	9,79	8,58	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T7A	9,60	9,00	Não	-	Não
T7B	8,20	7,60	Não	-	Não
T7C	8,85	7,70	Não	-	Não
T7D	10,60	8,50	Não	-	Não
T7E	11,65	11,00	Não	-	Não
T7F	8,25	7,25	Não	-	Não
T7G	10,35	9,15	Não	-	Não
T7H	10,40	8,75	Não	-	Não
Média	9,74	8,62	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T8A	8,25	7,60	Não	-	Não
T8B	10,75	9,25	Não	-	Não
T8C	9,50	7,75	Não	-	Não
T8D	10,45	9,25	Não	-	Não
T8E	9,25	8,00	Não	-	Não
T8F	9,00	8,25	Não	-	Não
T8G	12,00	10,50	Não	-	Não
T8H	10,25	8,00	Não	-	Não
Média	9,93	8,58	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T9A	9,65	8,35	Não	-	Não
T9B	9,70	8,00	Não	-	Não
T9C	9,70	8,35	Não	-	Sim
T9D	10,45	8,85	Não	-	Não
T9E	7,95	7,20	Não	-	Não
T9F	9,80	9,05	Não	-	Não
T9G	9,20	7,80	Não	-	Não
T9H	7,95	7,20	Não	-	Não
Média	9,30	8,10	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T10A	9,75	8,00	Não	-	Não
T10B	9,55	7,85	Não	-	Não
T10C	8,85	7,60	Não	-	Não
T10D	9,70	8,65	Não	-	Não
T10E	9,20	8,45	Não	-	Não
T10F	10,00	8,65	Não	-	Não
T10G	12,15	10,15	Sim	Ponta com abertura de 7,9 mm e ângulo maior do que 90° e base com rachadura maior do que 30 cm e 5 mm de abertura.	Não
T10H	10,70	9,40	Não	-	Sim
Média	9,99	8,59	-	-	-

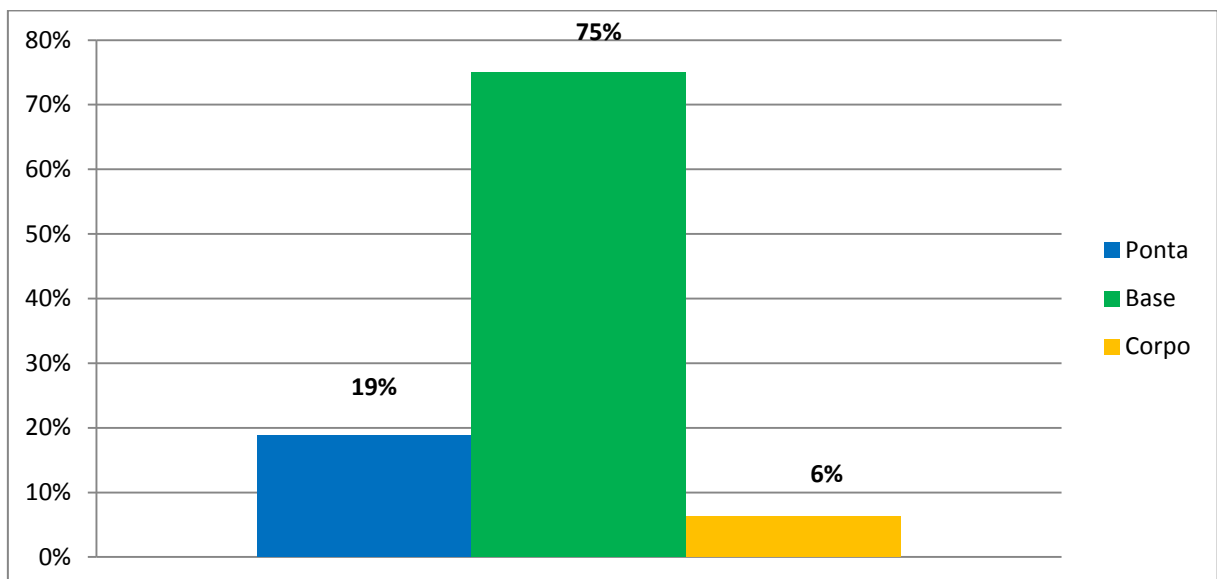
T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T11A	10,25	9,25	Não	-	Não
T11B	9,75	8,50	Não	-	Não
T11C	8,00	7,20	Não	-	Não
T11D	8,25	7,10	Não	-	Não
T11E	10,30	8,75	Não	-	Não
T11F	10,75	9,75	Não	-	Não
T11G	7,75	7,00	Não	-	Não
T11H	10,10	8,25	Não	-	Não
Média	9,39	8,23	-	-	-

T + A	DB	DP	NC?	Motivo da não conformidade	Alerta?
T12A	9,30	8,20	Não	-	Não
T12B	11,05	9,80	Não	-	Não
T12C	9,20	7,95	Não	-	Não
T12D	7,80	7,00	Não	-	Não
T12E	10,05	8,75	Não	-	Não
T12F	8,20	6,90	Não	-	Não
T12G	9,40	8,55	Não	-	Não
T12H	7,75	6,90	Não	-	Não
Média	9,09	8,01	-	-	-

De modo geral, é possível notar que a maioria das não conformidades encontradas, tendo como base a norma “NBR 9480:2009 – Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos”, ocorreram na base das peças, com um total de doze defeitos. Já a ponta apresentou um total de três defeitos e o corpo da peça, um.

A Figura 28 mostra a localização dos defeitos encontrados, em termos percentuais.

Figura 28 – Localização das não conformidades nas amostras



Fonte: Elaborado pelo autor

Um motivo para a grande maioria das rachaduras ter ocorrido na base, em relação ao topo, é que ela possui seção transversal maior, ficando mais exposta à incidência de ventos e, conseqüentemente, sujeita ao surgimento de rachaduras. Dentre os motivos que explicam as fendas longitudinais está a geração de altos gradientes de umidade – GU (diferença entre a umidade da superfície e do centro da tora).

Quadro 2 – Exemplos de rachaduras e fendas encontradas nas toras

Fonte: Autor (09/2012)

Para efeito de avaliação de qual tratamento seria o ideal para se evitar rachaduras e fendas, criou-se um sistema de pontuação com critérios objetivos e subjetivos, como descrito na metodologia. O critério objetivo deu 1 ponto para cada peça com defeito, e não para o número de defeitos, pois objetivamente, apenas um basta para deixar uma peça fora de norma, e não um conjunto deles. O critério subjetivo deu 0,5 ponto para as peças em alerta, que são aquelas que não apresentaram problemas segundo a norma seguida, mas que podem se tornar uma não conformidade. O tratamento com menos pontos seria considerado o ideal.

Assim sendo, a Tabela 6 traz os tratamentos que apresentaram não conformidades ou alerta.

Tabela 6 – Quantidade de peças com não conformidades e status alerta por tratamento

Descrição	Não conformidades	Peças em alerta
T1	1	2
T2	1	1
T3	3	0
T4	3	1
T5	1	0
T6	3	0
T7	0	0
T8	0	0
T9	0	1
T10	1	1
T11	0	0
T12	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Já a Tabela 7 mostra a pontuação dada aos tratamentos seguindo os critérios objetivo e subjetivo.

Tabela 7 –Pontuação recebida pelos tratamentos quanto às rachaduras e fendas

Descrição	Não conformidades	Peças em alerta	Pontuação total
T1	1,0	1,0	2,0
T2	1,0	0,5	1,5
T3	3,0	0,0	3,0
T4	3,0	0,5	3,5
T5	1,0	0,0	1,0
T6	3,0	0,0	3,0
T7	0,0	0,0	0,0
T8	0,0	0,0	0,0
T9	0,0	0,5	0,5
T10	1,0	0,5	1,5
T11	0,0	0,0	0,0
T12	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se, pela tabela acima, que os tratamentos 7, 8, 11 e 12 não apresentaram qualquer problema, tendo feito 0 ponto e sendo os mais indicados para secagem ao ar livre, em um primeiro momento. O tratamento de pior desempenho foi o 4, tendo feito 3,5 pontos (3 não conformidades e 1 alerta), seguido dos tratamentos 3 e 6, com 3,0 pontos (3 não conformidades) cada um.

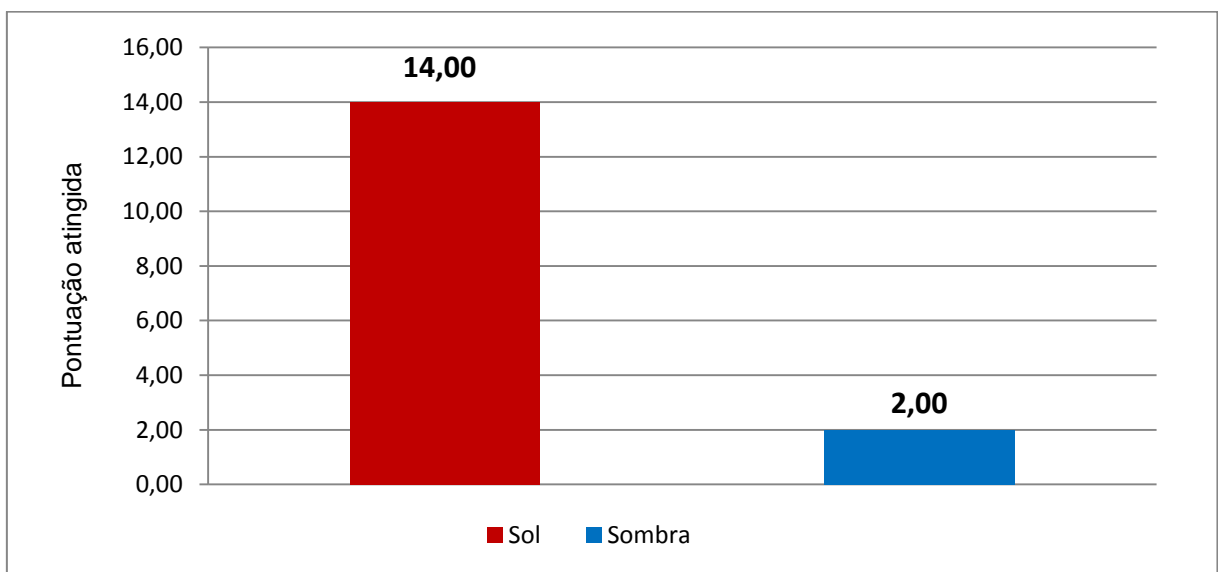
Nota-se que, para efeito de prevenção contra rachaduras e fendas, a secagem na sombra é a mais recomendada, uma vez que todos os quatro

tratamentos que não apresentaram qualquer tipo de defeito encontravam-se protegidos por sombrite.

Ressalta-se ainda que ao se analisar apenas as não conformidades, o índice de rachaduras e fendas é 12 vezes maior para as toras expostas ao sol, se comparadas às protegidas por sombrite.

Quando considerada a pontuação total das não conformidades somadas às peças em alerta, a importância da secagem na sombra é mantida, como ilustra a Figura 29.

Figura 29 – Pontuação agrupada dos tratamentos, divididos entre sol e sombra

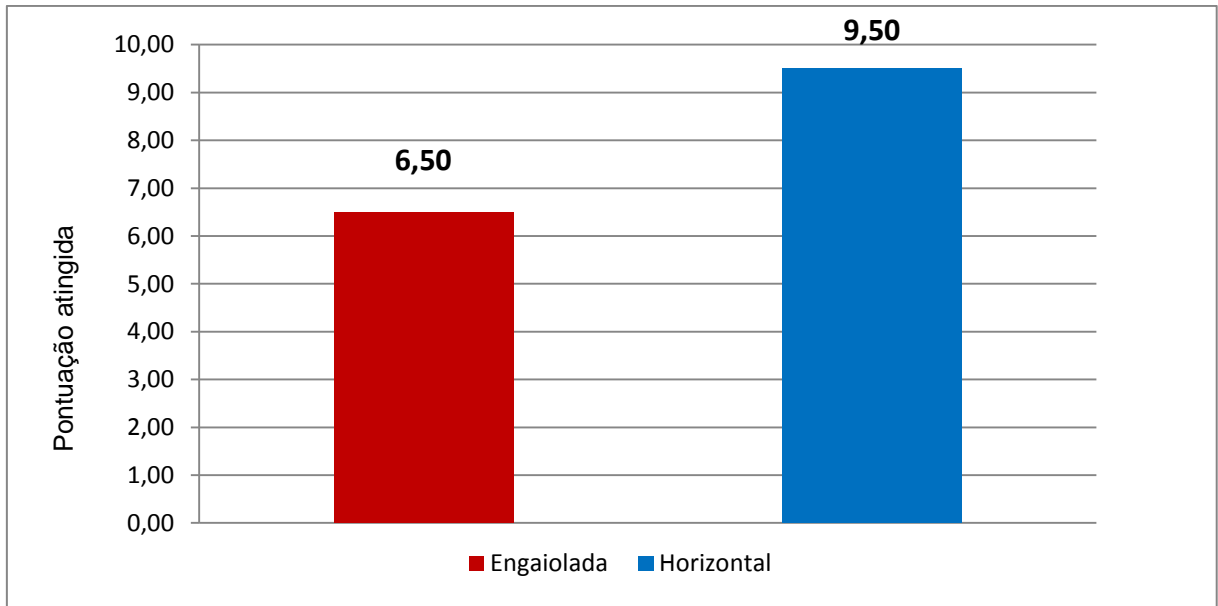


Fonte: Elaborado pelo autor

Ao se mudar o foco da análise, de sol e sombra para pilhas engaioladas e horizontais, temos um equilíbrio maior quanto às rachaduras e fendas. As pilhas engaioladas apresentaram 6,5 pontos (5 não conformidades e 3 alertas) e as horizontais, 9,5 (8 não conformidades e 3 alertas).

O esperado seria encontrar mais rachaduras e fendas nas pilhas engaioladas que, por apresentarem espaços maiores para circulação do vento, apresentariam velocidade maior de secagem e, conseqüentemente, estariam sujeitas a um índice maior de defeitos.

Figura 30- Pontuação agrupada para os tratamentos, divididos entre pilhas engaioladas e horizontais

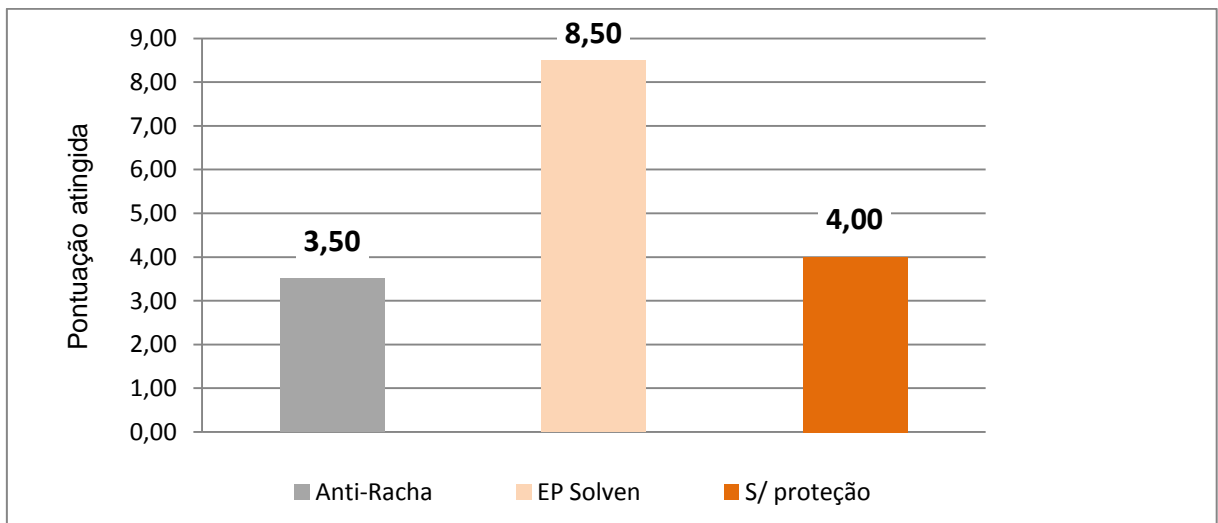


Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, uma das variáveis às quais os tratamentos foram expostos é a proteção das extremidades, ou seja, do topo e da base da madeira.

A Figura 31 mostra a pontuação de defeitos dada aos tratamentos, agrupados em antirracha, EP Solven e sem proteção.

Figura 31 - Pontuação agrupada dos tratamentos, divididos entre antirracha, EP Solven e sem proteção



Fonte: Elaborado pelo autor

É possível perceber pela figura acima que o pior desempenho quanto à proteção das extremidades ficou com o produto EP Solven, apresentando 8,5 pontos (7 não conformidades e 3 alertas). Com base na Tabela 7, nota-se ainda que ele

ocupou os dois piores desempenhos para os tratamentos que ficaram expostos ao sol (T4 e T3) e dois dos três piores desempenhos em relação aos tratamentos protegidos pelo sombrite (T10 e T9).

O segundo pior desempenho somando-se a pontuação atingida é a dos tratamentos sem proteção nas extremidades, com uma pequena desvantagem para aqueles protegidos com o antirracha, que apresentaram melhor desempenho.

Uma das explicações para o bom desempenho dos tratamentos sem a proteção nas extremidades quando comparado aos demais, pode estar no diâmetro médio das toras - 8,4 cm no topo e 9,55 cm na base -, considerado pequeno.

Acredita-se que quanto maior o diâmetro das toras mais se faz necessária a proteção das extremidades.

“Identificar qual tratamento é o mais viável para se obter uma madeira com o menor índice de rachaduras nas extremidades e longitudinais” é o principal objetivo deste trabalho.

Com base nas tabelas 6 e 7, os tratamentos que apresentaram melhor desempenho foram o 7, 8, 11 e 12, com 0 ponto, ou seja, nenhuma não conformidade ou alerta.

O Quadro 3 traz a ficha técnica destes quatro tratamentos. Percebe-se que todos eles estão na sombra. Os tratamentos 7 e 8 estão com antirracha e os 11 e 12, sem proteção. Os tratamentos 7 e 11 com pilhas engaioladas, enquanto os tratamentos 8 e 12, com pilhas horizontais. Tratamentos no sol ou com o uso de EP Solven ficaram de fora daqueles de melhor desempenho.

Quadro 3 – Ficha técnica dos tratamentos de melhor desempenho quanto a prevenção de rachaduras e fendas

Descrição	Disposição da pilha	Sol/sombra	Proteção extremidade
Tratamento 7	Engaiolada	Sombra	Antirracha
Tratamento 8	Horizontal	Sombra	Antirracha
Tratamento 11	Engaiolada	Sombra	Sem proteção
Tratamento 12	Horizontal	Sombra	Sem proteção

Fonte: Elaborado pelo autor.

O desempate dos tratamentos respeitou o que foi descrito na metodologia, ou seja, “em caso de empate entre tratamentos, o critério de desempate privilegiaria aquele que apresentasse maior umidade perdida considerando-se o método definido como o mais viável para a atividade de preservação em autoclave”.

Deste modo, a Tabela 8 traz a umidade perdida pelo método de medição por aparelho elétrico, considerado o mais viável dentre os dois estudados para o controle de secagem neste experimento.

Tabela 8 – Umidade perdida nos tratamentos pelo método de medição por aparelho elétrico

Descrição	Aparelho Elétrico
T1	68,94%
T2	66,16%
T3	66,42%
T4	67,56%
T5	66,67%
T6	72,38%
T7	53,58%
T8	52,89%
T9	48,76%
T10	57,66%
T11	59,78%
T12	45,89%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando-se os resultados obtidos na tabela acima e o critério de desempate estabelecido, o tratamento que demonstrou ser mais viável para secagem ao ar livre, voltado para a atividade de preservação em autoclave, é o tratamento 11.

Ressalta-se novamente que o pequeno diâmetro das toras utilizadas neste experimento pode ter contribuído para que tratamentos sem proteção nas extremidades tenham apresentado um ótimo desempenho quando protegidos por sombrite (T11 e T12), e um desempenho satisfatório quando expostos ao sol (T5 e T6), considerando-se o índice de rachaduras e fendas.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em função dos resultados obtidos conclui-se que:

- Os tratamentos no sol e sob cobertura (sombrite) apresentaram uma influência muito tímida na velocidade de secagem das toras;
- Os tratamentos envolvendo tipos de pilha (engaioladas e horizontais) não influenciaram na velocidade de secagem das toras;
- A proteção nas extremidades (antirracha e Solven SP 660 BA) e a não proteção, não influenciaram na velocidade de secagem das toras;
- Os métodos de medição da umidade (gravimétrico e aparelho elétrico) apresentaram diferenças nos teores de umidade inicial, final e perdido;
- O método de medição de umidade por aparelho elétrico é o mais viável para uso na atividade de preservação em autoclave;
- Os índices de rachaduras ocorreram em maior intensidade na base das toras;
- As rachaduras e fendas fora da norma ANBT NBR 9480:2009 apresentaram índice 12 vezes maior para toras expostas ao sol em comparação com as protegidas por sombrite;
- Para toras com aproximadamente 9 cm de diâmetro - dispostas sob sombrite -, a proteção das extremidades é desnecessária;
- Para toras com aproximadamente 9 cm de diâmetro – expostas ao sol - a proteção das extremidades com antirracha é facultativa. Neste caso, um estudo de custo/benefício pode determinar a proteção das toras ou não;
- O tratamento 11 – sob sombrite, pilhas engaioladas e sem proteção) foi o que apresentou melhor desempenho considerando quantidade de defeitos e a umidade perdida.

Recomenda-se:

- Fazer a secagem das toras em pátios protegidos por sombra, sempre que possível;
- Realizar um estudo para estipular o custo/benefício entre pilhas engaioladas e pilhas horizontais;
- Realizar um estudo para estipular o custo/benefício do uso de antirracha em toras com diâmetros iguais ou menores do que 10 cm.

REFERÊNCIAS

- ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011 / ABRAF. – Brasília:2012.
- ARAÚJO, Rogério Palhares Zschaber de. **Contradições e possibilidades da regulação ambiental no espaço urbano**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br>. Acesso em setembro/2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6232**: Penetração e retenção de preservativo em postes de madeira. ABNT, 1973.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7511**: Versão Corrigida: 2005 - Dormente de madeira - Requisitos e métodos de ensaio. ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8456**: Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica – especificação. ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8457**: Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica - Dimensões – Padronização. ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**: Peças roliças de eucalipto preservadas para construções rurais - requisitos. ABNT, 2009.
- CLIMAGORA. **Previsão do tempo**. Disponível em: < INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.climagora.com.br/previsaodotempo/index.php>>. Acesso em: 13/09/2012.
- COSTA, A. **Coletâneas de anatomia da madeira**. 2001. Apostila disponibilizada pelo orientador Professor Doutor Ricardo Jorge Klitzke.
- DIGISYSTEM. **Medidor de umidade para madeiras DL 822 & DUP 8805**. Disponível em: <<http://www.digisystemeletro.com.br/produtos/medidores/medidores.php>>. Acesso em: 25/08/2012.
- GOMES, D. M. **Análise de viabilidade técnica, econômico-financeiro para implantação da cultura do Mogno-Africano (*Khaya ivorensis* A.Chev.) na região oeste de Minas Gerais**. 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em Gestão Florestal). Departamento de Economia Rural e Extensão. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=312610&r=2#>>. Acesso em: 14/09/2012
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS. **Cidades**. Disponível em: <http://licht.io.inf.br/mg_mapas/mapa/cgi/iga_comeco1024.htm>. Acesso em: 20/08/2012
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 13/09/2012.

- KLITZKE, R. J. **Secagem da Madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.
- MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. **Dados geográficos**. Disponível em: <http://www.formiga.mg.gov.br/?pg=14&id_busca=31>. Acesso em: 14/09/2012.
- PROMAT. **O que é a madeira tratada por meio de autoclave?** Disponível em: <http://www.promat.org.br/?page_id=51>. Acesso em: 15/09/2012.
- REZENDE, R. N. et al. Air drying of logs from an *Eucalyptus urophylla* clone for carbonization use. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 565-572, 2010.
- SILVA, J. C. Madeira preservada – Os impactos ambientais. **Revista da Madeira**. Nº 100, novembro de 2006. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeiramateria.php?num=985&subject=Preserva%E7%E3o&title=Madeira%20preservada%20%96%20Os%20impactos%20ambientais>>. Acesso em: 10/08/2012.
- TARSO, P. L. **Legislação florestal**. Apostila do curso de pós-graduação em Gestão Florestal. Acesso em 2012.
- TWG. Processo de imunização da madeira. Disponível em: <<http://www.twgmadeiras.com.br/imunizacao.html>>. Acesso em: 12/08/2012
- WAINER, A. H. **Legislação Ambiental Brasileira**. Rio de Janeiro: Forense, 1991.
- WIKIPEDIA. **Formiga (Minas Gerais)**. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Formiga_\(Minas_Gerais\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Formiga_(Minas_Gerais))>. Acesso em: 02/10/2012.