

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Redução na higroscopicidade e na movimentação dimensional da  
madeira de folhosas submetida a tratamentos térmicos**

**Saly Takeshita**

Dissertação apresentada para obtenção do título de  
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.  
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba  
2011**

**Saly Takeshita**  
**Tecnóloga Agroindustrial**

**Redução na higroscopicidade e na movimentação dimensional da madeira de folhosas submetida a tratamentos térmicos**

Orientador:  
Prof. Dr.: **IVALDO PONTES JANKOWSKY**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.  
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba**  
**2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Takeshita, Saly

Redução na higroscopicidade e na movimentação dimensional da madeira de folhosas submetida a tratamentos térmicos / Saly Takeshita. - - Piracicaba, 2011. 106 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Madeira - Propriedades químicas 2. Secagem da madeira 3. Tecnologia da madeira 4. Tratamento térmico I. Título

CDD 674.38  
T136r

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

Aos meus pais Ryuichi e Rosa,  
pelo apoio incondicional.

**Dedico**



## **AGRADECIMENTOS**

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Ciências Florestais pelo aprendizado e suporte fornecido durante o período de pós-graduação.

Ao Prof. Ivaldo P. Jankowsky por sua sabedoria, pelas longas horas de orientação, ensinamentos, amizade e confiança.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida.

A empresa Indusparquet Indústria e Comércio de Madeiras Ltda. pelo fornecimento do material que possibilitou a execução deste trabalho.

Ao Prof. José Otávio Brito pela disponibilização do equipamento para realização dos tratamentos térmicos do experimento e ao Udemilson pelo auxílio do manuseio.

Aos amigos e companheiros de laboratório Alex, Natalie, Paula e Rafael pelas contribuições, convívio diário, risadas e amizade.

Aos amigos do Departamento de Ciências Florestais, em especial ao Ariel, Boris, Cláudia (Biba), Camila, Facco, Julieth, Mari (Fava), Moisés, Serjão e Vinícius.

Ao Victor Hugo Moutinho pela ajuda na coleta das madeiras do experimento.

Ao Marco Arizapana pelo auxílio fundamental nas análises estatísticas.

Aos grandes amigos de Piracicaba Priscila, Vivian, Paula, Rafael, Marise, Manuela, Sueli e em especial a Leila Priscila (Xiua) e a Inês.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências Florestais.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho.



**“Tenha coragem de seguir seu coração e intuição. Eles, de alguma forma, já sabem o que você realmente quer se tornar. Todo o resto é secundário.”**

**(Steve Jobs)**





## SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Utilização da madeira tropical no Brasil.....	17
2.2 Relação água-madeira.....	21
2.3 Instabilidade dimensional.....	24
2.4 Tratamento térmico.....	26
2.5 Efeito da temperatura .....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1 Espécies utilizadas .....	33
3.2 Planejamento experimental .....	34
3.3 Amostragem .....	35
3.4 Preparo dos corpos-de-prova .....	35
3.5 Tratamentos térmicos .....	36
3.6 Condicionamento higroscópico.....	38
3.7 Movimentação dimensional .....	42
3.8 Delineamento estatístico.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Condicionamentos higroscópicos .....	45
4.2 Teor de umidade.....	48
4.2.1 Umidade inicial.....	48
4.2.2 Após tratamentos térmicos.....	49
4.2.3 Após condicionamento 1 .....	51
4.2.4 Após condicionamento 2 .....	55
4.2.5 Variação de umidade .....	60
4.3 Movimentação dimensional .....	67
4.3.1 MD1 - após condicionamento 1.....	67
4.3.2 MD2 - após condicionamento 2.....	71
5 CONCLUSÕES .....	77
REFERÊNCIAS.....	79
ANEXOS .....	87



## RESUMO

### **Redução na higroscopicidade e na movimentação dimensional da madeira de folhosas submetida a tratamentos térmicos**

A madeira é um material de grande versatilidade, que atende a demanda de importantes setores da nossa economia. Além de ser uma matéria-prima natural e renovável, o consumo energético envolvido em sua manufatura é bem menor quando comparado com outros materiais de origem mineral. Porém, características intrínsecas da madeira resultam na sua capacidade de troca higroscópica com o ambiente, que se manifesta durante sua vida útil e causa a movimentação dimensional dos produtos. Visando reduzir esse efeito indesejável, o presente estudo buscou melhorar a estabilidade dimensional da madeira de folhosas, a partir da aplicação de tratamentos térmicos adicionais, em madeiras submetidas à secagem ao ar e convencional. As madeiras selecionadas foram as espécies comercialmente conhecidas como Jatobá e Muiracatiara, das quais foram coletadas 5 tábuas radiais e 5 tábuas tangenciais de cada espécie, tanto secas ao ar e como em estufa, escolhidas do estoque de uma indústria de pisos de madeira maciça. Dessas tábuas foram cortadas amostras para a aplicação dos tratamentos térmicos, que consistiram da exposição da madeira a temperaturas de 60°C, 75°C e 90°C por períodos de 24, 48, 72 e 96 horas. Após os tratamentos as amostras foram expostas a um ambiente de baixa umidade relativa (Condicionamento 1) e, após estabilização, foram expostas a um ambiente de alta umidade relativa (Condicionamento 2). Ao final dos tratamentos térmicos e dos condicionamentos foram medidos os teores de umidade e as dimensões das amostras. Os resultados obtidos permitiram verificar que a umidade de equilíbrio da madeira de Jatobá foi menor do que a da Muiracatiara, comportamento similar ao das amostras tangenciais em relação às radiais e da madeira seca em estufa em relação à madeira seca ao ar; mas que essas diferenças não são importantes na industrialização da madeira. Dentre os tratamentos térmicos, o mais eficiente foi a exposição à temperatura de 90°C, independente do tempo de exposição. Esse tratamento reduziu a higroscopicidade da madeira e a movimentação dimensional decorrente das variações no teor de umidade, sendo que esse efeito foi mais pronunciado na madeira seca em estufa do que na madeira seca ao ar. A principal conclusão é que o tratamento térmico adicional, utilizando temperatura de 90°C, apresenta potencial para aplicação industrial visando reduzir a movimentação dimensional da madeira e seus derivados.

Palavras-chave: Madeira tropical; Secagem; Umidade; Retração; Inchamento



## ABSTRACT

### **Reduction in hygroscopicity and dimensional movement of tropical hardwood lumber submitted to heat treatment**

Lumber is a material of great versatility, which meets the demand of important sectors of our economy. In addition, lumber is a natural and renewable raw material; consuming less energy in its production when compared with other materials of mineral origin. However, hygroscopicity is an intrinsic characteristic of the wood, which remains active during the life cycle and cause dimensional movement of lumber and its products. To reduce this undesirable effect, the present study aimed to improve the dimensional stability of hardwood lumber through the application of additional heat treatments to conventional and air-dried timber. The selected species were those commercially known as Jatobá and Muiracatiara, of which were collected 5 quarter sawn and 5 flat sawn boards of each species, both air dried and kiln dried, chosen from the stock of a flooring mill. These boards were cut to samples for the application of heat treatment, which consist in lumber exposure to temperatures of 60°C, 75°C and 90°C during periods of 24, 48, 72 and 96 hours. After heat treatment the samples were exposed to a dry environment (low relative humidity, Condition 1) and, after to reach equilibrium moisture content, exposed to a wet environment (high relative humidity, Condition 2). Samples dimensions and moisture content were measured after the heat treatment and both two conditioning. The obtained results allowed to verify that equilibrium moisture content of Jatobá lumber was smaller than Muiracatiara lumber, similar behavior found for flat sawn samples compared to quarter sawn and for kiln-dried in relation to air dried lumber; but these differences are not important in lumber industrialization processes. Among the heat treatments, the most effective was the exposure at a temperature of 90°C, regardless of time of exposure. This treatment reduced the wood hygroscopicity and its dimensional movement caused by the variation in its moisture content, and this effect was more pronounced in the kiln dried wood than in air dried wood. The main conclusion is that additional heat treatment, using a temperature of 90°C, have potential for industrial application aiming to reduce the dimensional movement of lumber and its products.

Keywords: Tropical lumber; Timber drying; Equilibrium moisture content; Shrinkage; Swelling



## 1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material que apresenta grande versatilidade, sendo utilizada na construção civil, indústria do mobiliário, na geração de energia, fabricação de celulose e papel, e uma série de outros produtos. Dentre suas inúmeras vantagens, pode-se destacar o fato de ser um produto ecologicamente correto, por se tratar de uma fonte de matéria-prima natural e renovável.

No entanto, trata-se de um recurso finito que necessita ser utilizado de forma racional, e assim, garantir a continuidade para as gerações futuras.

Além disso, alguns aspectos negativos acabam impossibilitando o uso mais intenso desse material em nosso país, fatores estes que estão diretamente relacionados à falta de conhecimento técnico sobre a madeira; e que se traduzem em um desempenho insatisfatório do produto final e à exploração predatória ainda existente em nossas florestas nativas. Tais desvantagens podem ser solucionadas ao longo do tempo utilizando a tecnologia e o conhecimento existentes.

Atualmente, nos segmentos dos setores de base florestal, o nível tecnológico na industrialização da madeira por processos mecânicos está associado à capacidade de investimento das empresas, porém a falta deste capital contribui para a utilização de sistemas e equipamentos inadequados. Dentre estas dificuldades, as principais deficiências observadas são os desbitolamentos e a umidade inadequada da madeira, que resultam em um produto final com baixo padrão de qualidade. Porém, o conhecimento mínimo em relação à matéria-prima utilizada poderia minimizar estes problemas e melhorar o potencial de uso da madeira.

Uma das principais características deste material é sua higroscopicidade, ou seja, a capacidade de trocar umidade com o ar. Essa troca de umidade tem como reflexo a variação dimensional; que caracteriza a madeira como um material dimensionalmente instável.

Dentre os procedimentos utilizados para amenizar esta movimentação da madeira, o mais importante é a secagem artificial. Durante esta fase, a madeira é exposta a uma temperatura maior que o ambiente, onde o processo contribui para



redução de sua capacidade higroscópica, ocorrendo uma redução dos sítios de sorção por retração da parede celular.

Entretanto, mesmo após manufaturada e durante toda sua vida útil, a madeira mantém sua capacidade de troca higroscópica; com seu teor de umidade variando em função da sazonalidade climática. Este comportamento provoca variações dimensionais, pois a madeira tende a entrar em equilíbrio higroscópico com ambiente a uma dada temperatura e umidade relativa, situação denominada de umidade de equilíbrio da madeira.

Para amenizar esta instabilidade dimensional, tratamentos térmicos são utilizados para reduzir as retrações e expansões; porém ainda não são conhecidos os limites das combinações entre temperatura e tempo de exposição no comportamento higroscópico e dimensional da madeira.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi melhorar a estabilidade dimensional da madeira de folhosas a partir da aplicação de tratamentos térmicos adicionais em madeiras submetidas à secagem ao ar e convencional.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Utilização da madeira tropical no Brasil**

O Brasil possui uma área florestal de 516 milhões de hectares, que representa 60,7% da área total do país. E deste total 509 milhões de ha são áreas de florestas naturais (SFB, 2010).

O setor florestal tem um papel de relativa importância na economia brasileira. Em 2007 o PIB da indústria de base florestal alcançou US\$ 44,6 bilhões, equivalente a 3,4% do PIB nacional. Contribuiu, também, com 18,5% do superávit da balança comercial brasileira (ABIMCI, 2008).

Inserido neste contexto, o setor florestal gera na Amazônia Legal aproximadamente 204 mil empregos, dos quais 66 mil são empregos diretos (processamento e exploração florestal) e 137 mil empregos indiretos nos segmentos de transporte de madeira processada, revenda, lojas de equipamentos e maquinário para o setor madeireiro, consultoria florestal e jurídica, e no beneficiamento da madeira processada para a fabricação de móveis (SFB; AMAZON, 2010).

Em 2009 a madeira tropical teve como principal destino o mercado interno. Aproximadamente 79% dos produtos de madeira foram destinados ao mercado brasileiro, um aumento no consumo quando comparado com o ano de 2004, que foi de 64%. O Estado de São Paulo e a Região Nordeste foram os que mais adquiriram madeira da Amazônia nesse período. A maioria (72%) foram produtos com baixo valor agregado como ripas, caibros, tábuas e similares, 15% foram transformados em madeira beneficiada com algum nível de agregação tecnológica (pisos, esquadrias, madeira aparelhada etc.) e o restante (13%) madeira laminada e compensada (SFB; AMAZON, 2010).

Em âmbito nacional, a comercialização da madeira serrada não é padronizada, mas bem difundida a diversos tipos de segmentos consumidores. Neste caso, ocorre uma negociação direta entre produtores e consumidores, principalmente nas indústrias moveleira, de embalagens e construção civil. Os pequenos consumidores, normalmente, adquirem a madeira de distribuidores ou representantes responsáveis pela divulgação do produto (PEREZ; BACHA, 2006).

A madeira serrada é aquela obtida pelo desdobro direto de toras em serras, com uma espessura superior a 5 mm. Ela se classifica segundo a espécie da árvore utilizada, conífera *versus* não conífera (ou folhosa), o formato e as dimensões das peças. Exemplos de madeira serrada são os dormentes, madeira aplainada, beneficiada, semi-elaborada, vigas, pranchas, pontaletes, sarrafos e perfis, sejam de espécies coníferas ou de espécies folhosas. A indústria moveleira é o principal destino dessa produção, seguida pela construção civil e indústrias de embalagem. Ainda há outros setores que utilizam os produtos provenientes da madeira serrada, como o de artefatos de madeira, decoração, artesanato e confecções de *pallets*, porém, suas participações são pequenas no consumo total (PEREZ; BACHA, 2006).

Para atender esta demanda, o mercado tem se abastecido principalmente com matéria-prima de origem amazônica, que se caracteriza pela grande variabilidade de espécies (ZENID, 2007).

Somente no estado de São Paulo são comercializadas mais de 200 espécies amazônicas. Por exemplo, a madeira denominada comercialmente Cedrinho corresponde a mais de 20 espécies botânicas. A Cupiúba e a Garapeira são as espécies mais utilizadas para vigamento; Cedrinho e Cambará tipos preferidos para tábuas e pranchas; em unidades habitacionais, Cedrinho foi mais utilizado para forros, enquanto o Jatobá e Ipê foram os mais usados para assoalhos (SOBRAL, *et al.* 2002).

Na tabela 1 é possível observar os produtos que utilizam madeira e as principais espécies comercializadas para cada um dos produtos:

Tabela 1 - Produtos de madeira e principais espécies utilizadas

<b>PRODUTO</b>	<b>ESPÉCIE</b>
Marcenaria (madeira serrada)	cedro, pau marfim, peroba
Dormente	garapa
Pisos e assoalhos	ipê, jatobá,
Portas, janelas, guarnições	freijó, cerejeira, cedrorana, angelim pedra
Construção civil	cedrinho, peroba

Fonte: Smeraldi; Veríssimo (1999)

Dentre as aplicações citadas na Tabela 1, os pisos de madeira, assim como as portas e molduras, por se tratarem de um reprocessamento da madeira serrada, são considerados produtos de maior valor agregado. No Brasil, este segmento é fragmentado e diversificado, sendo que os pisos de madeira (laminados e sólidos) demonstraram uma evolução no crescimento, tanto na produção quanto no consumo. O crescimento no período de 1999-2008 foi de 140% e 186,8% respectivamente (ABIMCI,2008).

Dentre as espécies comercializadas no mercado interno, o Jatobá e a Muiracatirara se destacam, sendo consideradas de médio valor econômico; e que alcançaram em 2009 preços médios de US\$ 478 e US\$ 442 o metro cúbico de madeira serrada, respectivamente (IMAZON, 2010).

Ao contrário de muitas outras espécies comercializadas apenas como madeira serrada e de menor valor, o Jatobá e a Muiracatiara são destinado para fabricação de produtos de maior valor agregado, principalmente pisos. Como pode ser observado na Figura 1, verifica-se o aumento no consumo interno de pisos de madeira maciça; que foi favorecido em grande parcela pela crise imobiliária americana, considerado o principal comprador externo do Brasil, a desvalorização cambial e a própria falta de matéria prima de origem legal (ANPM, 2010).

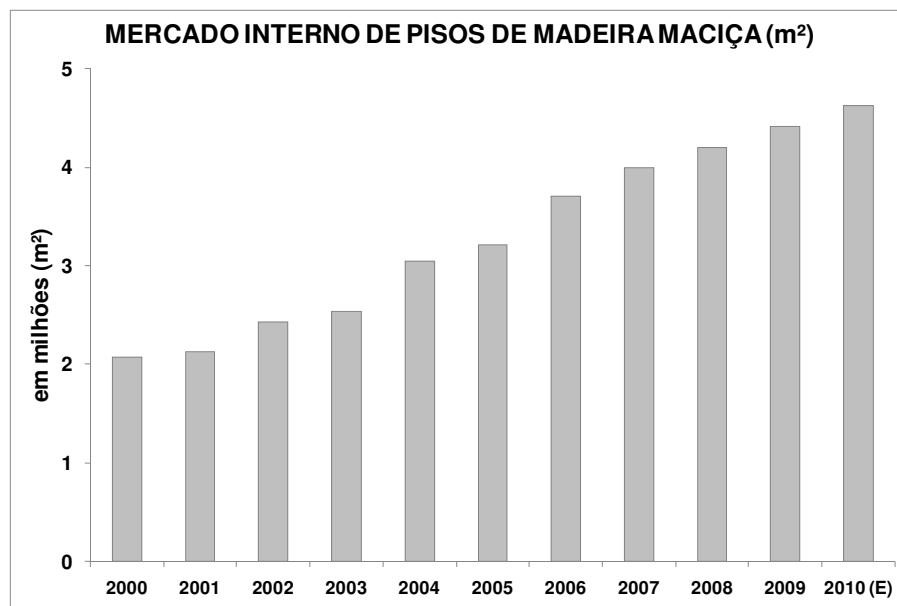


Figura 1 - Consumo interno de pisos de madeira maciça (Fonte: ANPM, 2010)

Tanto o Jatobá quanto a Muiracatiara tratam-se de espécies amplamente utilizadas na construção civil, além de atender o setor mobiliário com móveis finos de alta qualidade, linha decorativa e artigos para esportes (IPT, 2010).

No mercado, o Jatobá é comercializado junto a outras espécies do mesmo gênero (*Hymenaea*), as quais são conhecidas pelos mesmos nomes vulgares, apresentam características morfológicas muito semelhantes e são utilizadas comercialmente sem distinção. No geral é uma madeira de excelente qualidade, muito pesada (0,70 a 0,89 g/cm<sup>3</sup>) e muito dura ao corte. A coloração do cerne é variável, de castanho-rosa-claro a castanho-avermelhado e alburno diferenciado, branco amarelado. Apresenta textura média uniforme, grã regular a irregular, superfície pouco lustrosa e ligeiramente áspera, com cheiro e gosto característicos. A secagem ao ar apresenta poucas deformações, no entanto, se a secagem no secador é conduzida de maneira rápida, podem ocorrer rachaduras e empenamentos. É moderadamente fácil de trabalhar, pode ser aplainada, colada, parafusada e pregada sem problemas. Apresenta resistência para torneiar e faquear. O acabamento é bom. Aceita pintura, verniz e lustre. É naturalmente muito resistente a podridão e cupins. O cerne não é tratável com soluções de preservantes, pois é pouco permeável (JANKOWSKY *et al*, 1990; IPT, 2011; IPEF, 2011).

A Muiracatiara pertence ao gênero *Astronium*, possui cerne e alburno distintos pela cor, cerne variável do bege-rosado ao castanho-escuro-avermelhado, com estrias mais escuras; brilho moderado; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade alta; dura ao corte; grã irregular; textura média. É fácil de ser trabalhada, permite excelente acabamento e com uma densidade básica média em torno de 0,80 g/cm<sup>3</sup>. Recebe bem pintura e verniz. Na secagem ao ar a madeira de Muiracatiara apresenta problemas de empenamentos e rachaduras. Se a secagem artificial for muito drástica, poderão ocorrer rachaduras profundas e endurecimento superficial. É uma madeira muito durável, não sendo atacada por insetos ou cupins de madeira seca, sendo impermeável ou de muito baixa permeabilidade às soluções preservantes (JANKOWSKY *et al*, 1990; IPT, 2011).

## 2.2 Relação água-madeira

A madeira, devido sua natureza higroscópica, tem a capacidade de trocar umidade com o ar a qual está exposta. Esse fenômeno é basicamente ocasionado pelos grupos hidroxílicos (OH) que nela ocorrem. Elas atraem e retêm moléculas de água através de pontes de hidrogênio (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

Dentre os constituintes químicos da madeira, a celulose e as hemiceluloses são de natureza altamente higroscópica; e sua afinidade com a água deriva das valências não saturadas, negativamente carregadas dos radicais hidroxílicos, que fazem parte de sua estrutura molecular. Foi estimado que a força aderente desenvolvida entre a celulose e a primeira camada de água adsorvida é da ordem de  $2,58 \times 10^5$  kgf/m<sup>2</sup> ( $2,53 \times 10^3$  KPa) (GOMIDE, 1973).

A celulose (Figura 2) é um polissacarídeo que se apresenta como um polímero de cadeia linear, com comprimento suficiente para ser insolúvel em solventes orgânicos, água, ácidos e álcalis diluídos, à temperatura ambiente, consistindo única e exclusivamente de unidades de  $\beta$ \_D\_anidroglicopirranose, que se ligam entre si através de carbonos 1-4, possuindo uma textura organizada e parcialmente cristalina (KLOCK *et al.*, 2005).

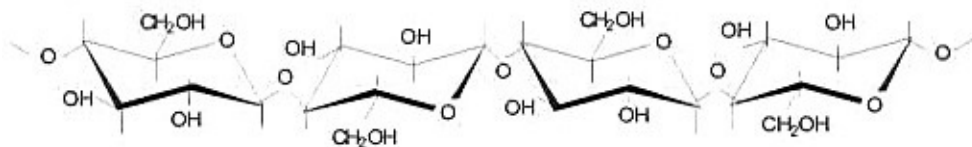


Figura 2 - Fórmula estereo química da celulose (Fonte: Klock et al., 2005)

Cerca de 40% a 50% da massa da madeira está na forma de celulose, principal substância do lenho que forma a estrutura ou o esqueleto das paredes celulares. Sua fórmula molecular é  $(C_6H_{10}O_5)_n$  (DESCH; DINWOODIE, 1996). É um carboidrato complexo, sendo uma macromolécula composta pela união de células de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ). Como o ferro nas construções de concreto, as tiras de celulose têm a função de providenciar resistência a tração da parede celular (BONNEMANN; MOURA, 1986).

As hemiceluloses são polissacarídeos simples, sempre em mistura com a celulose e de dimensão menor. Está presente nas paredes celulares numa proporção que varia de 25% a 40% (DESCH; DINWOODIE, 1996). Dentre os outros componentes

(celulose e lignina), a hemicelulose é a mais hidrófila, contribuindo para a variação dimensional da madeira em função da troca de água com o meio (BORGES; QUIRINO, 2004).

Além da celulose, lignina e hemicelulose, que são componentes majoritários, todas as madeiras contêm pequenas quantidades de componentes acidentais, que não fazem parte da estrutura da parede celular, mas que estão provavelmente presentes, pelo menos em parte, como conteúdos da célula. São responsáveis por determinadas características da madeira como: cor, cheiro, resistência natural ao apodrecimento, gosto e a própria permeabilidade das madeiras que pode dificultar a movimentação da água no seu interior e, conseqüentemente, sua secagem (OLIVEIRA *et al*, 1989).

Em relação a esta água contida na madeira é normalmente denominada de teor de umidade, expressa em porcentagem (PONCE; WATAI, 1985). Podem ser encontradas duas formas de água no interior da madeira, segundo definições encontradas na literatura (DENIG *et al.*, 2000, MARQUES; MARTINS, 2002 e DESCH ; DINWOODIE, 1996):

- a) água livre ou de capilaridade, definida como água no estado líquido, contida nos espaços intra e intercelulares, principalmente no lúme dos vasos, das fibras, traqueídes e outros elementos anatômicos.
- b) água higroscópica ou de adesão, definida como água adsorvida na superfície e no interior da parede celular, ligada aos componentes básicos da madeira principalmente por pontes de hidrogênio (atração entre moléculas).

Quando a árvore é cortada e processada, a madeira encontra-se saturada e tende a perder água para o ambiente até estabilizar a umidade com o ar, etapa que corresponde a situação de equilíbrio dinâmico entre a madeira e o ar externo, denominada de umidade de equilíbrio (OLIVEIRA *et al*, 1989).

Por exemplo, a umidade de equilíbrio para uma determinada região que apresente valores médios de 60% de umidade relativa do ar e de 25°C para temperatura será de aproximadamente 12%. Ou seja, o teor de umidade adequado da madeira irá depender da umidade de equilíbrio da região que for destinada. A Figura 3 apresenta a variação dos valores médios da umidade de equilíbrio para o Brasil.

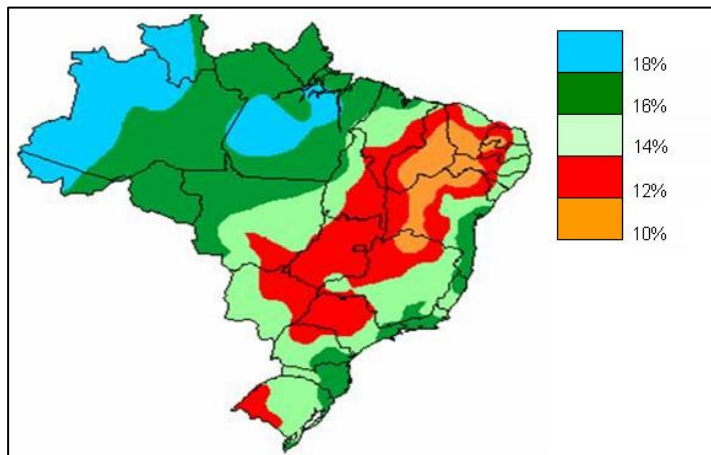


Figura 3 - Teor de Umidade de Equilíbrio (UE) médio.  
(Fonte: Martins et al., 2003)

Para a maioria das espécies, o equilíbrio higroscópico está entre 12 e 18% de umidade, dependendo para o local será destinado e para obter um teor de umidade menor deve-se recorrer aos processos de secagens artificiais (KLITZKE, 2007).

Deve-se considerar que a madeira seca em secadores tem uma umidade de equilíbrio menor do que aquelas secas ao ar, e tende a decrescer à medida que a temperatura usada na secagem aumenta (GALVÃO ; JANKOWSKY, 1985).

Porém não se trata de um processo simples, exigindo uma combinação de fatores para um bom resultado final. Por isso em empresas de pequeno porte ou em empreendimentos que não dispõem de recursos para arcar com os custos de uma secagem convencional adotam a secagem ao ar livre por se tratar de uma maneira mais simples de secar madeira serrada (PONCE; WATAI, 1985).

A secagem ao ar livre consiste na exposição ao ar da madeira empilhada adequadamente, em um pátio plano com um pequeno espaço entre o solo e a base da pilha, a escolha adequada do tipo de empilhamento e sua montagem, além dos cuidados com o tipo de espécie e espessura das peças (JANKOWSKY, 1990). Trata-se de um processo de difícil previsão, uma vez que se depende das condições climáticas e a madeira tem a necessidade de ser exposta por um longo período, muitas vezes superiores a 12 meses, até atingir a umidade final desejada (OLIVEIRA et al., 1989).

Porém somente quando a madeira é recentemente cortada a água contida está distribuída uniformemente sobre a seção transversal da madeira. Com a secagem



natural ao ar a variação de umidade da madeira é rapidamente estabelecida no interior da tábua: as camadas superficiais da madeira secam mais rapidamente enquanto que o interior delas tem uma secagem mais lenta. Um gradiente de umidade é formado do centro até a superfície da madeira. Tais considerações demonstram que a secagem ao ar, tecnicamente falando não apresenta vantagens, visto que o gradiente de umidade da madeira é ajustado de acordo com as condições climáticas. Por outro lado, com utilização de um tratamento térmico ocorre a possibilidade do controle do ambiente, de modo que um gradiente de umidade ideal é formado (HILDEBRAND, 1970).

### **2.3 Instabilidade dimensional**

O estudo do comportamento das variações dimensionais da madeira, assim como o efeito da umidade de equilíbrio do ambiente sobre o material, é essencial para sua utilização industrial. Galvão e Jankowsky (1985) citam que inúmeras implicações de ordem prática do fenômeno fazem os seus estudos de grande importância. Espécies podem ser vetadas em utilizações onde a estabilidade dimensional seja fator importante.

Duas peças de madeira nunca serão iguais, mesmo sendo de uma mesma espécie. A estrutura lenhosa, composição e organização dos elementos constituintes da madeira, variam de acordo com as condições ecológicas como o tipo de solo onde o vegetal cresceu, minerais que o constituem, dentre outros, são fatores que determinam as características tecnológicas da madeira (ESAU, 1959; BURGER ; RICHTER, 1991).

Pelo fato da madeira ser um material altamente higroscópico, Burger e Richter (1991) ressaltam os fenômenos de contração e inchamento pela dessorção ou adsorção de umidade apresentados pelo material. A entrada de água entre as moléculas de celulose da parede celular provoca o afastamento das mesmas e, como consequência, o inchamento. O processo contrário produz a aproximação das moléculas de celulose, resultando na contração da madeira.

O processo de contração e inchamento é geralmente restrito dentro do intervalo entre o ponto de saturação das fibras e o estado seco. A intensidade da contração ou do inchamento aumenta proporcionalmente com a dessorção ou a adsorção de

umidade, e também é uma variável dependente da densidade da madeira (HILDEBRAND, 1970).

Desta forma Galvão e Jankowsky (1985) e Moreschi (2007) citam que a variação dimensional em qualquer das três direções estruturais da madeira é calculada como porcentagem da variação em relação à dimensão inicial. Winandy (1994) também ressalta que a contração tangencial varia de 4,4 a 7,8 % dependendo da espécie, representando o dobro da contração radial que fica em torno de 2,2 a 5,6%. Tal característica é denominada de anisotropia.

A anisotropia da madeira resulta em diferentes contrações de acordo com seu plano de corte. A contração longitudinal da madeira é em torno de 0,1% a 0,3%, embora isto possa ser maior em madeiras juvenis, de compressão ou tensão. Para madeiras normais a contração longitudinal é desprezível. Na maioria das madeiras a contração na direção tangencial é geralmente o dobro da direção radial (SIAU, 1984).

Ao falar em contração não se pode descartar fatores importantes como a direção estrutural e a forma da peça considerando sua posição na tora, que influenciam diretamente nas características de retração da madeira (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985), como pode ser observado na Figura 4.

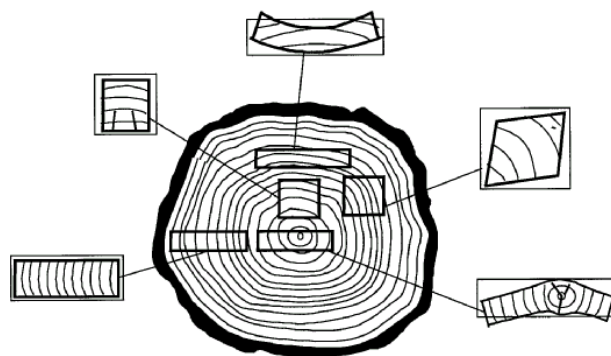


Figura 4 - Características da retração em função da direção estrutural, forma da peça e sua posição na tora (Fonte: Adaptado de Galvão e Jankowsky, 1985)

Sendo assim, a instabilidade da madeira está relacionada às características e fenômenos, tais como: anatomia, higroscopicidade, histerese, composição química (DEL MENEZZI, 2004).

O tratamento ideal para a redução desta higroscopicidade seria remover os grupos hidroxila dos polímeros da parede celular e, portanto remover as ligações por ponte de hidrogênio com a água. A retirada do grupo hidroxila é teoricamente possível através das reações de redução, no entanto o tratamento destruiria a madeira. Como uma das alternativas os tratamentos térmicos são utilizados para redução desta higroscopicidade, mas mesmo assim promove certa degradação na madeira (ROWELL; BANKS, 1985).

Shebani et al. (2008) realizando estudos em quatro espécies *A. cyclops*, *E. grandis*, *P. radiata* e *Q. alba* observaram que a remoção dos extrativos da madeira melhorou a estabilidade térmica dos compósitos poliméricos de madeira. Gomes et al., 2006 cita que por meio de uma modificação química, pode-se reduzir as variações dimensionais da madeira com as alterações de umidade, pois o grupo hidroxila estaria ligado a outros componentes, não estando disponíveis para interação com a água.

Os conhecimentos relacionados à estabilidade dimensional das madeiras, assim como toda informação relacionada às suas propriedades físicas são fatores primordiais para designação correta de seu uso e agregação de valor.

## **2.4 Tratamento térmico**

A aplicação de calor em madeira que já passou por um processo de secagem e produtos acabados é tema de vários estudos. Nesse tipo de tratamento a madeira já foi seca e alguma alteração em função disso pode ter ocorrido. Sendo assim, o objetivo da aplicação de calor é modificar o comportamento da madeira já processada, permitindo um melhor desempenho em sua utilização (DEL MENEZZI, 2004).

Para uma utilização adequada da madeira e seus produtos, os mesmos devem estar secos. Desta maneira, o tratamento térmico é indiretamente utilizado em grande escala na indústria para o processamento de produtos florestais, na secagem artificial para reduzir o conteúdo de umidade da madeira (NOGI et al., 2003).

Do ponto de vista físico a secagem de madeiras pode ser definida como um balanço dinâmico entre a transferência de calor da corrente de ar para a madeira, a evaporação superficial, difusão de umidade através da madeira e o fluxo de massa da água capilar (HART, 1965). Andrade (2000) cita que o calor é transferido do meio secante (ar) para a superfície da madeira por convecção. Após a superfície ser aquecida, este calor é transferido para o interior por condução. No início da secagem, quando a madeira está úmida, a transferência de calor do ambiente para a superfície é o fator mais importante. À medida que a madeira perde umidade, a transferência de calor da superfície para o interior passa a ser o fator limitante.

Segundo Lenth e Sargent (2008), a secagem ainda é uma das aplicações onde o conhecimento limitado do comportamento da madeira no ambiente de processo restringe o progresso na melhoria da metodologia e aumento do aproveitamento.

Considerado o processo de maior aplicação na indústria madeireira, a secagem convencional utiliza temperaturas que variam entre 40°C e 100°C, sendo um processo que envolve alterações contínuas nas condições climáticas internas do secador, de modo a otimizar o tempo despendido na secagem e minimizar a incidência de defeitos decorrentes do processo (OLIVEIRA et al., 1989).

Ressaltando a grande importância da secagem artificial para a qualidade final do produto, Jankowsky (1985), em um de seus experimentos, utilizou madeira de *Pinus* para avaliar a variação sazonal da umidade de equilíbrio o longo do ano, e observou que a madeira submetida a secagem artificial apresentou menor higroscopicidade do que madeira seca ao ar quando exposta ao ambiente, o que resultaria diretamente em menor variação dimensional.

Mas para que a secagem seja conduzida de maneira adequada, evitando a ocorrência de tensionamento excessivo da madeira, é necessário ajustar as condições psicrométricas do ar circulante com a capacidade específica de movimentação interna da madeira em secagem. Esse ajuste é expresso pelo programa de secagem, procedimento que indica os valores da temperatura e da umidade relativa do ar em função do teor de umidade da madeira. Considerando que o fator limitante desse ajuste é a madeira em si, é necessário que para cada tipo específico de madeira utilize um programa de secagem específico (JANKOWSKY, 2009).

De acordo com Andrade et al. (2001) embora as madeiras possuam características próprias de suas espécies, o grupamento de madeiras deve ser considerado como uma alternativa pelas indústrias contribuindo para dinamização no seu processo produtivo. Neste trabalho foi realizado um estudo para indicar programas de secagem para agrupar madeiras de diferentes espécies, porém com características similares, sendo possível indicar programas de secagem específicos para espécies comercialmente conhecidas como Imbuia, Itaúba, Mandioqueira, Peroba-mica, *Pinus hondurensis*; e agrupar as madeiras de *Eucalypto grandis*, *Eucalypto tereticornis*, Freijó, Jatobá, Jutaí-cica, Pau-marfim, Tamboril e Tauari em dois programas básicos.

Jankowsky e Luiz (2006) realizaram uma revisão sobre as pesquisas em secagem de madeiras no Brasil do período de 1984 a 2004, neste trabalho constataram que os estudos estão mais focados na sua aplicação do que nos seus fundamentos. Por exemplo, experimentos envolvendo as deformações de madeira serrada submetidas a condições drásticas de secagem é utilizada como metodologia para agrupar espécies e definir um programa de secagem adequado.

Além dos processos convencionais normalmente utilizados, um levantamento realizado por Esteves e Pereira (2009) listou diferentes tipos de tratamentos térmicos comerciais que estão emergindo em vários países da Europa como Finlândia, Holanda, Alemanha e França. São processos que utilizam madeira serrada com temperaturas de tratamento entre 160°C a 260°C em condições variadas como a presença de gases de proteção (nitrogênio ou vapor), processos úmidos e secos e utilização de óleos. Dentre estes processos pode-se citar a Retificação realizada na França que utiliza temperaturas de 200°C a 240°C na presença de nitrogênio; e o Thermowood da Finlândia e considerado o de maior sucesso na Europa por ser utilizado em larga escala, este processo utiliza uma atmosfera úmida com temperaturas superiores a 150°C por 2 a 10 horas.

Neste sentido observa-se que o tratamento térmico aplicado na secagem provoca alterações benéficas nas propriedades da madeira. A madeira quando aquecida sob determinadas condições de temperatura, tempo, pressão e umidade pode promover alterações ditas permanentes. Nessas condições a madeira termicamente tratada pode apresentar alterações de propriedades mecânicas, estabilidade

dimensional e resistência biológica. Essas alterações são provocadas principalmente em função da degradação térmica dos componentes químicos da madeira e também pela mudança de suas estruturas químicas, além de ocorrer alterações na morfologia dos componentes anatômicos (DEL MENEZZI, 2004).

No geral, diversos estudos sobre tratamentos térmicos envolvem somente temperaturas elevadas, muito acima daquelas utilizadas em secagens convencionais (KOLLMANN; CÔTE, 1968; BRITO et al., 2006; ESTEVES et al., 2008; COSTA, et al., 2010; KOL, 2010; ROUSSET et al., 2010). Porém, umas das complicações geradas por este tipo de técnica é a dificuldade na análise no comportamento térmico de seus componentes e suas subseqüentes propriedades, devido às grandes alterações em sua estrutura química e anatômica (SHRESTHAD et al., 1994).

## **2.5 Efeito da temperatura**

Em vários tipos de processamento, a madeira é sujeita a tratamentos térmicos a elevadas temperaturas, por exemplo, para a estabilização dimensional, polpação ou produção de chapa de partículas. Estes processos mencionados geralmente não exigem temperaturas que excedam os 200°C, pois não tem a intenção de provocar uma degradação térmica. Porém não é somente a temperatura que causa mudanças na substância madeira, existem fatores adicionais que influenciam no processo de degradação térmica, como o tempo de tratamento, atmosfera, pressão e teor de umidade. Sendo assim, mudanças sob certas condições na madeira podem ser observadas geralmente a partir de 100°C (FENGEL; WEGENER, 1984).

A madeira ao ser submetida à ação do calor inicia automaticamente um processo gradativo de destruição de componentes da parede celular e extrativos, que se degradam de diferentes maneiras sucessivas (Figura 5), formando diversos compostos, onde aproximadamente 213 compostos diferentes foram identificados até a fase de carbonização da madeira (BEALL; EICKNER, 1970).

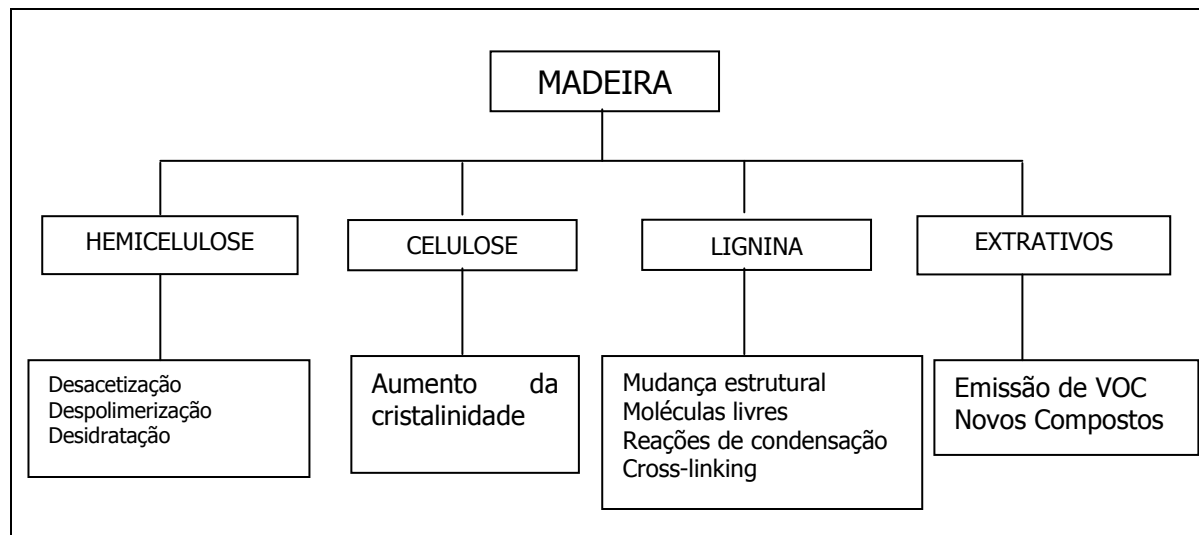


Figura 5 - Alterações químicas que ocorrem nos principais componentes da madeira devido ao tratamento térmico (Adaptado de Esteves e Pereira, 2009)

Segundo Skaar (1998) a elevação da temperatura da madeira produz como efeito imediato a redução da umidade de equilíbrio para uma considerada umidade relativa e uma permanente redução na higroscopicidade da madeira após retornar para temperatura normal. Entretanto, este efeito depende da temperatura e do tempo de exposição.

Para Kollmann e Côte (1968) as madeiras que são tratadas com temperaturas abaixo de 100°C, a perda de material orgânico não é significativamente alta e algumas variações de massa observadas nestes casos podem ser atribuídas somente à perda de água adsorvida na madeira.

Quando a madeira é submetida a temperaturas superiores a 105°C, seja por longos períodos ou por curtos (mas a alta temperatura), alguns de seus constituintes podem ser degradados (STAMM, 1964). A degradação térmica pode ser dividida em 4 fases (BROWN et al., 1952): até 100°C liberação de água e óleos voláteis; 100 a 275°C liberação de ácido pirolenhoso e gases; 275 a 350°C reações exortérmicas, formação da maior parte dos destilados e liberação de gases inflamáveis; acima de 350°C formação de carvão. Porém os constituintes químicos da madeira apresentam boa estabilidade quando submetidos a tratamentos térmicos que não excedam 100°C de temperatura e 48 horas de duração (FENGEL; WEGENER, 1984).

Na Tabela 2 é listada uma série de alterações na madeira que ocorrem com ação do calor e respectivo aumento da temperatura.

Tabela 2 - Alterações na madeira com o aumento da temperatura

TEMP.(°C)	ALTERAÇÕES NA MADEIRA
55	A estrutura natural da lignina é alterada. A hemicelulose começa a amolecer
70	Começa a retração transversal da madeira
110	A lignina lentamente começa a perder peso
120	O teor de hemicelulose começa a diminuir e celulose alfa começa a aumentar. A lignina começa a amolecer
140	A água de impregnação é liberada
160	A lignina se funde e começa a ressolidificar
180	A hemicelulose começa a perder peso rapidamente depois de ter perdido 4%. A lignina da membrana de pontuação escoa
200	A madeira começa perder peso rapidamente. As resinas fenólicas começam a se formar e a celulose a se desidratar
210	A lignina solidifica. A celulose amolece e despolimeriza-se. As reações endotérmicas transformam-se em exotérmicas
225	A cristalinidade da celulose diminui e é retomada
280	A lignina atinge 10% de perda de peso. A celulose começa a perder peso
288	Temperatura adotada para carbonização da madeira
300	O cerne amolece irreversivelmente
320	A hemicelulose é completamente degradada
370	A celulose apresenta perda de 83% de seu peso inicial
400	A madeira é completamente carbonizada

Fonte: Schaffer (1973) apud Figueiroa; Moraes (2009)

A análise térmica dos componentes estruturais da madeira e a estimativa de suas propriedades submetidas a elevadas temperaturas são itens de grande dificuldade de obtenção. Os constituintes da madeira se degradam com a exposição ao calor, sendo que o grau de degradação está relacionado com a energia absorvida/gerada no processo de aquecimento (SHRESTHA et al., 1994).

Silva e Trugilho (2003) avaliaram as reduções nas dimensões lineares da madeira do cerne de *Hymeneae courbaril* submetida às temperaturas de 200°, 300°, 400°, 500°, 600°, 700°, 800° e 900°C. Os resultados mostraram que para cada 100°C de elevação na temperatura, ocorreu uma taxa de redução média de 2,55% e 4,24%,



5,95% e 7,21% e 8,36% nas dimensões: linear longitudinal e transversal, seccional longitudinal e transversal e volumétrica, respectivamente. Sendo que a maior taxa de redução nas dimensões ocorreu nas temperaturas entre 300° e 500°C.

Gatto et al. (2008) determinaram a influência da temperatura de secagem sobre algumas propriedades das madeiras juvenil e adulta de *Pinus elliottii*. As propriedades das amostras submetidas à secagem em estufa, sob diferentes temperaturas (60, 100 e 140°C) e condicionadas a 20°C e 65% de umidade relativa, foram comparadas com amostras apenas climatizadas nessas condições. Os resultados mostraram um aumento da umidade de equilíbrio diretamente relacionado com o aumento da massa específica aparente (12%). Entretanto, um comportamento inverso foi observado com relação à temperatura de secagem.

O efeito temperatura também é muito utilizado com o objetivo de reduzir a variação da cor da superfície da madeira após aplicações dos tratamentos, sendo o foco de estudo de Gouveia (2006) que utilizou três espécies de madeiras tropicais (*Simarouba amara*, *Sextonia rubra* e *Cariniana micrantha*) submetidas a temperaturas de 150°C e 200°C durante e 01 e 02 horas de exposição, promovendo o escurecimento da cor original.

No entanto alguns resultados negativos também podem surgir durante processos de secagem a elevadas temperaturas, como favorecer a perda de resistência e aumentar a fragilidade de madeiras tratadas. Através do aumento da temperatura de secagem, o gradiente de umidade aumenta, o que leva à uma alta tensão interna que é liberada na forma de rachaduras. A formação de rachaduras na madeira durante a secagem pode diferir devido a parâmetros como programas de secagem, umidade da madeira, diferença de espécies e dimensão das amostras (OLTEAN et al., 2007). Os tratamentos térmicos também afetam a estrutura anatômica da madeira, mas os efeitos dependem da espécie e das condições de processo utilizadas (ESTEVES; PEREIRA, 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Espécies utilizadas

A caracterização e identificação das espécies foram feitas utilizando a Chave de Identificação de Madeiras Comerciais do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). Na presente pesquisa foram utilizadas madeiras de Jatobá (*Hymenaea sp.*) e Muiracatiara (*Astronium sp.*):

- **Jatobá (*Hymenaea sp.*)** - madeira pesada, cerne castanho-claro a castanho-avermelhado, textura média, grã regular a irregular, brilho indistinto, cheiro e gosto imperceptível; parênquima axial em faixas marginais visíveis a olho, intercalado por parênquima aliforme ou vasicêntrico; raios não estratificados, canais axiais normais ausentes; vasos solitários e múltiplos; anéis de crescimento delimitados por parênquima marginal;
- **Muiracatiara (*Astronium sp.*)** - madeira moderadamente pesada, cerne bejersado a castanho-escuro, com estrias mais escuras, textura média, grã irregular, pouco brilho, cheiro e gosto imperceptível; parênquima axial indistinto sob lente; poros predominantemente solitários; raio não estratificado; camada de crescimento indistinta.

A escolha dessas espécies baseou-se no fato de serem madeiras bastante utilizadas no mercado nacional, além da disponibilidade para realização da pesquisa.

A massa específica do Jatobá (*Hymenaea sp.*) utilizada neste experimento foi de 0,88 g/cm<sup>3</sup> e para Muiracatiara (*Astronium sp.*) foi de 0,78 g/cm<sup>3</sup>. Os valores obtidos encontram-se próximos dos descritos na literatura, onde foram observados valores médios de 0,80 g/cm<sup>3</sup>, 0,76 g/cm<sup>3</sup> e 0,75 g/cm<sup>3</sup> para o Jatobá e 0,81 g/cm<sup>3</sup>, 0,80 g/cm<sup>3</sup> e 0,75 g/cm<sup>3</sup> para a Muiracatiara (IPT, 2011; JANKOWSKY et al., 1990; LPF, 2011).

### 3.2 Planejamento experimental

A Figura 6 apresenta o esquema de planejamento e condução experimental adotado neste estudo.

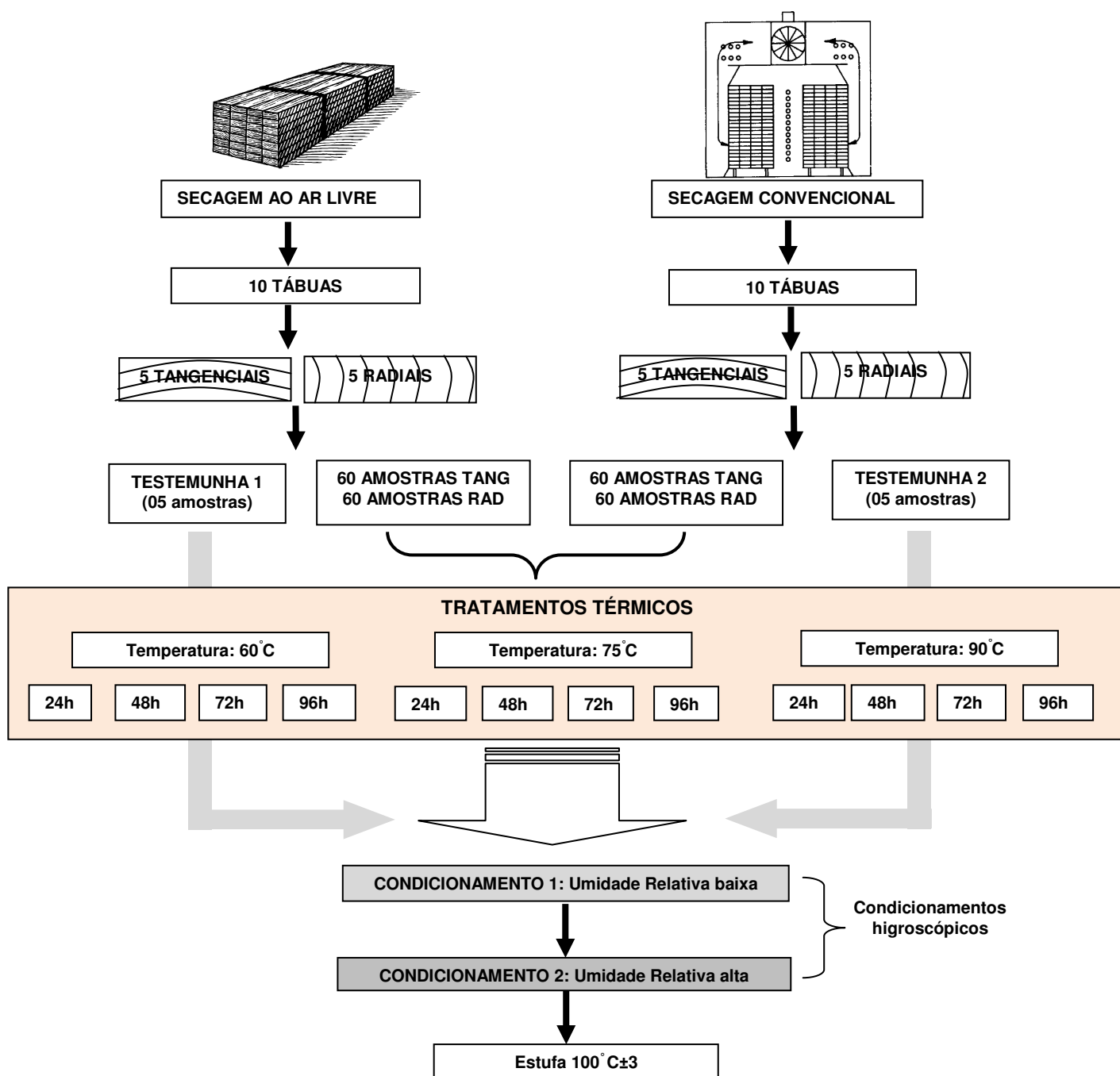


Figura 6 – Esquema do planejamento experimental

### 3.3 Amostragem

As tábuas coletadas para realização do ensaio foram obtidas em uma fábrica produtora de pisos de madeira maciça localizada no município de Tietê-SP. As tábuas têm procedência da Região Norte e foram selecionadas no pátio de estocagem da empresa.

O material selecionado passou inicialmente por uma secagem ao ar livre (secagem natural), onde as pilhas de madeiras estavam gradeadas e dispostas no pátio de secagem, expostas a fatores climáticos do local.

Do lote de pilhas de madeira que se encontravam no pátio de secagem ao ar livre, para cada espécie, foram selecionadas cinco tábuas com corte tangencial e cinco com corte radial, com aproximadamente 150 cm de comprimento para preparação de amostras teste e testemunha 1.

Adicionalmente foram escolhidas 10 tábuas de cada espécie (5 tangenciais e 5 radiais) que foram submetidas à secagem artificial (convencional) em estufas com temperatura, umidade e ventilação controlada. Este material gerou um segundo lote de amostras teste e testemunha 2.

Estas amostras submetidas a secagem convencional foram secas em uma estufa com capacidade para 120 m<sup>3</sup> de madeira. A temperatura inicial de secagem foi de 40°C passando posteriormente para 65°C até a finalização da secagem. Para o período de resfriamento utilizou-se a temperatura de 35°C. O tempo de duração da secagem foi de 20 dias com umidade final desejada de 8%.

### 3.4 Preparo dos corpos-de-prova

De cada tábua selecionada foram cortados 13 corpos de prova de 8,0 x 4,0 x 1,5cm, sendo 12 destinados aos tratamentos térmicos e uma testemunha; e mais 12 corpos de prova de 4,0 x 4,0x 1,5 cm para determinação da massa específica, conforme ilustrado na Figura 7. As dimensões são, respectivamente, o comprimento, a largura e a espessura dos corpos de prova.

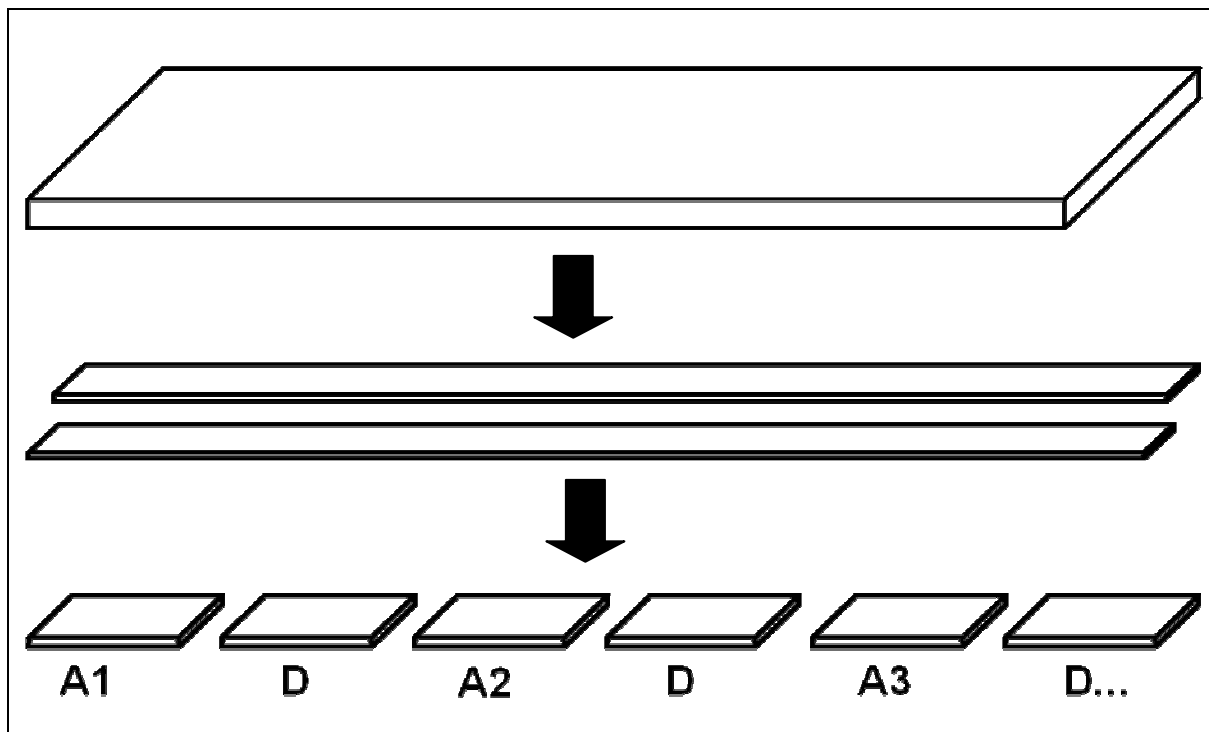


Figura 7 - Disposição dos corpos-de-prova na tábua (amostras A = destinadas aos tratamentos térmicos; amostras D = destinadas à determinação da massa específica)

### 3.5 Tratamentos térmicos

Os tratamentos térmicos consistiram na exposição das amostras a diferentes combinações de tempo e temperatura; e foram realizados em uma câmara de climatização com ventilação interna e controle de temperatura e umidade relativa, da marca Marconi, modelo MA 835/UR (Figura 8).

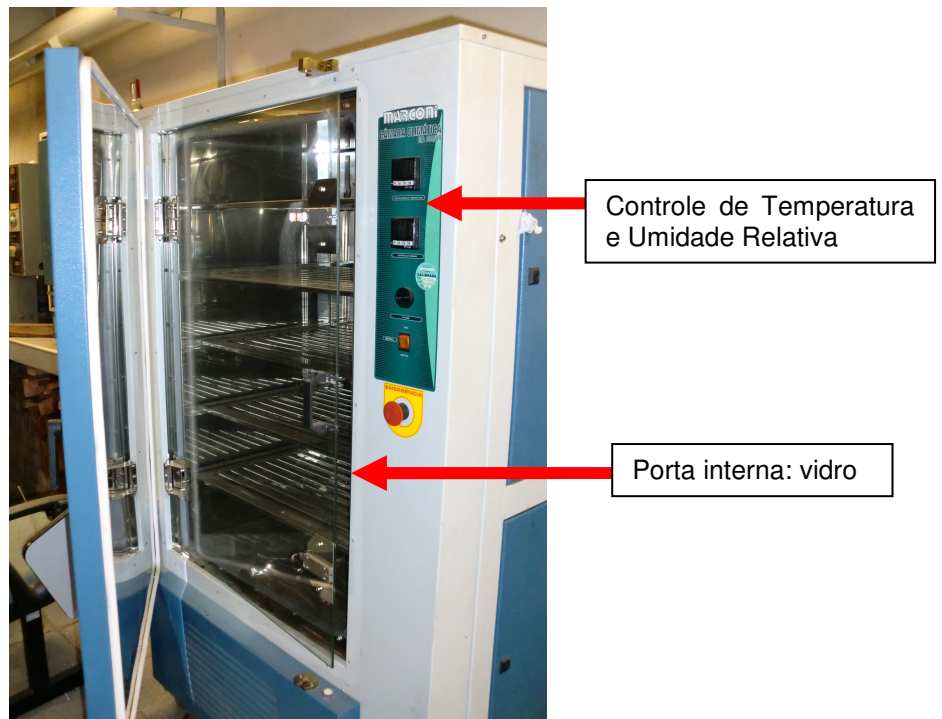


Figura 8 – Câmara de climatização utilizada para os tratamentos térmicos

A definição das temperaturas para os tratamentos térmicos baseou-se em diversos trabalhos e manuais de secagem (ANDRADE, 2000; PONCE & WATAI, 1985; SIMPSON & VERRILL, 1997), onde as temperaturas de secagem (inicial e final) para diversas espécies de folhosas variavam de 38°C a 90°C. Para as espécies utilizadas neste estudo (Jatobá e Muiracatiara), as temperaturas utilizadas nos programas de secagem ficam em torno de 40°C na temperatura inicial e 70°C na temperatura final (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985; BOONE et al., 1988; JANKOWSKY et al., 1990; MENDES et al., 1998).

Por se tratar de um tratamento térmico adicional, o limite máximo para a temperatura teria de ser inferior a 100°C, uma vez que a maioria dos secadores convencionais não foram projetados para operar acima dessa temperatura.

Assim, as temperaturas utilizadas nos ensaios foram de 60°C, 75°C e 90°C, sendo que para cada temperatura, os tempos de tratamento foram de 24, 48, 72 e 96 horas, com 5 amostras por combinação (ilustrado na Figura 9). A umidade relativa foi regulada de acordo com cada temperatura para que proporcionasse uma umidade de equilíbrio de aproximadamente 12%, semelhante à UE ambiente.

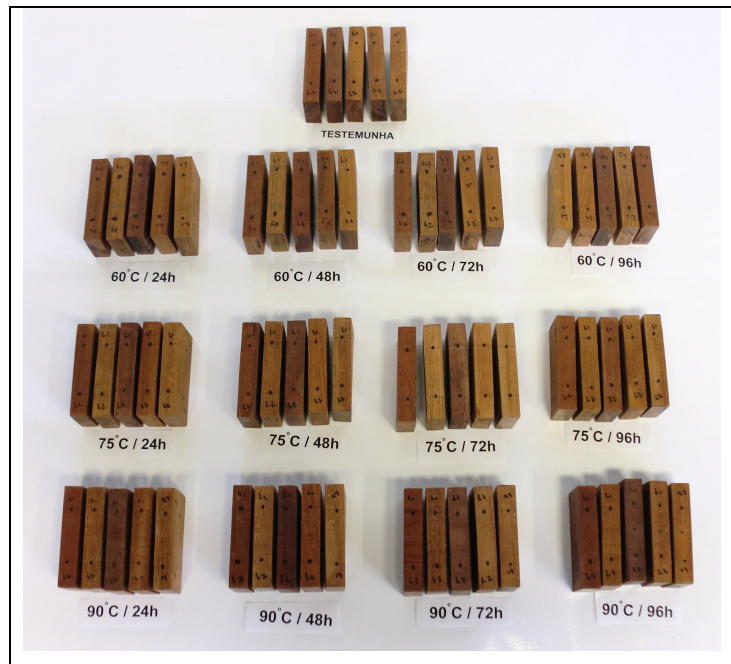


Figura 9 - Combinação de tempo e temperatura utilizados para os tratamentos térmicos

A aplicação do primeiro tratamento térmico iniciou com a temperatura de 60°C e umidade relativa (UR) de 75%. Ao realizar o tratamento seguinte (temperatura de 75°C e umidade relativa de 85%, ocorreu a quebra da porta interna da câmara, o que impedia a obtenção da umidade relativa desejada.

A correta manutenção do equipamento demorou cerca de seis meses, fato que retardou a execução do ensaio e obrigou a repetir o tratamento a 75°C.

Ao executar o tratamento com temperatura de 90°C desejava-se uma umidade relativa de 84%, porém, devido a limitações do climatizador, a umidade relativa obtida foi da ordem de 72%. A umidade de equilíbrio estimada para essas condições corresponde a 8,9%.

### 3.6 Condicionamento higroscópico

Após o término dos tratamentos térmicos, iniciou-se a fase de condicionamento higroscópico. Nesta etapa a madeira foi exposta a dois ambientes, com temperatura de 20,0°C ( $\pm 2$ ) e com umidades relativas distintas, sendo:

- a) Condicionamento 1 (C1), com umidade relativa de 23,0%;
- b) Condicionamento 2 (C2) com umidade relativa de 93,0%.

Para obter as condições climáticas desejadas foram utilizadas caixas plásticas, fechadas, e com soluções salinas saturadas de acetato de potássio ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) em C1 e de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) em C2.

Dentro de um pequeno espaço fechado com temperatura controlada, soluções salinas saturadas produzem umidade relativa do ar própria de cada sal, mantendo uma umidade de equilíbrio constante no interior do recipiente (SIAU, 1984; MEDEIROS, 2006). As soluções mantêm constante a umidade relativa na atmosfera ao seu redor, pois qualquer solução aquosa de uma substância não volátil gera uma determinada pressão de vapor d'água a uma temperatura específica, quando a fase de vapor está em equilíbrio com o líquido. Estas soluções podem ser mantidas por um longo período, sem alteração da umidade relativa, desde que a temperatura não se altere. Existem alguns sais como o cloreto de sódio que conseguem manter a umidade relativa constante em uma faixa ampla de temperatura (WINSTON; BATES, 1960).

Alguns sais utilizados no preparo de soluções salinas saturadas encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Umidade relativa (%) de soluções salinas saturadas

Solução Salina		Umidade Relativa % (UR)	
		Temperatura	
		20 °C	25 °C
Pentóxido de sódio	$\text{P}_2\text{O}_5$	0	0
Acetato de potássio	$\text{CH}_3\text{COOK}$	23,0	23
Cloreto de magnésio	$\text{MgCl}_2$	33,0	32,5
Carbonato de Potássio	$\text{K}_2\text{CO}_3$	44,0	43,0
Cloreto de sódio	$\text{NaCl}$	76,0	75,5
Cloreto de potássio	$\text{KCl}$	85,0	85,0
Nitrato de potássio	$\text{KNO}_3$	93,5	92,5

Fonte: Medeiros (2006); Winston e Bates (1960)

As caixas de condicionamento foram montadas com um pequeno sistema de ventilação interno, para circulação e homogeneização do ar em seu interior, direcionados sobre os recipientes contendo as soluções salinas saturadas, de forma a obter o ambiente desejado (Figura 10). Os ensaios foram conduzidos em uma sala climatizada, com a temperatura interna ajustada para 20,0°C.





Figura 10 - Condicionamento dos corpos-de-prova (A = sala de climatização; B = caixa de condicionamento; C = ventoinha para ventilação interna; D = interior da caixa de condicionamento com sistema de ventilação e solução saturada)

No Condicionamento 1 as amostras foram submetidas a um processo de dessorção e, sequencialmente, no Condicionamento 2, a um processo de adsorção.

Nas tampas das caixas de condicionamento foi adaptado um sensor para umidade de equilíbrio (fornecimento Lignomat USA Ltd), e o teor da umidade de equilíbrio no interior das caixas foi acompanhado diariamente utilizando um medidor de umidade manual (Figura 11). O medidor de umidade é do tipo resistência, marca Lignomat, modelo HT.

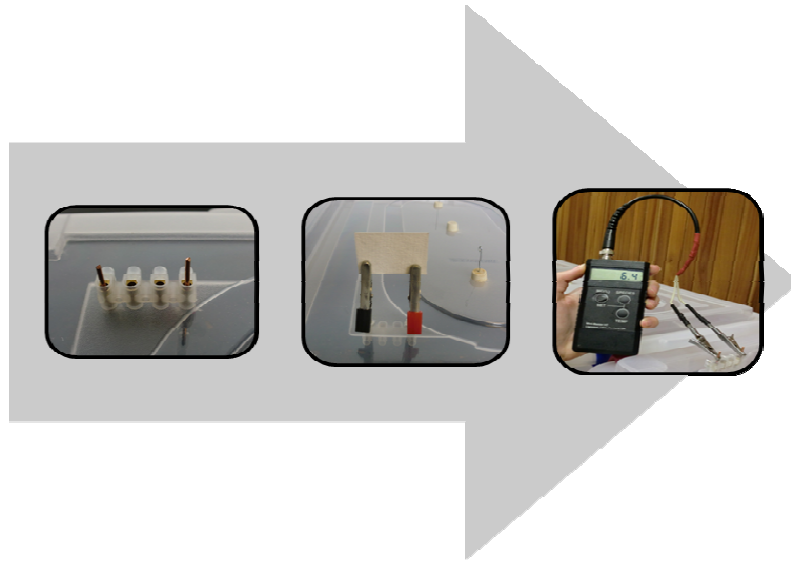


Figura 11 – Acompanhamento da umidade de equilíbrio com medidor elétrico

Em cada uma das caixas de condicionamento foram aleatoriamente escolhidas três amostras, denominadas amostras de controle, as quais ficaram suspensas dentro da caixa de condicionamento (Figura 12, detalhe). O fio de arame que mantinha as amostras de controle suspensas no interior da caixa atravessava uma rolha de borracha e podia ser diretamente conectado a uma balança. Assim, foi possível aferir a massa das amostras de controle sem a necessidade de abrir a caixa de condicionamento.

Periodicamente as amostras de controle eram pesadas, visando determinar a variação na massa das mesmas e, conseqüentemente, se haviam atingido o equilíbrio higroscópico com o ambiente interno das caixas de condicionamento.

Finalizando os dois condicionamentos todas as amostras foram secas em estufa a  $103^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2$ ), para obtenção de massa seca e cálculo do teor de umidade real dos corpos-de-prova ao longo do ensaio.

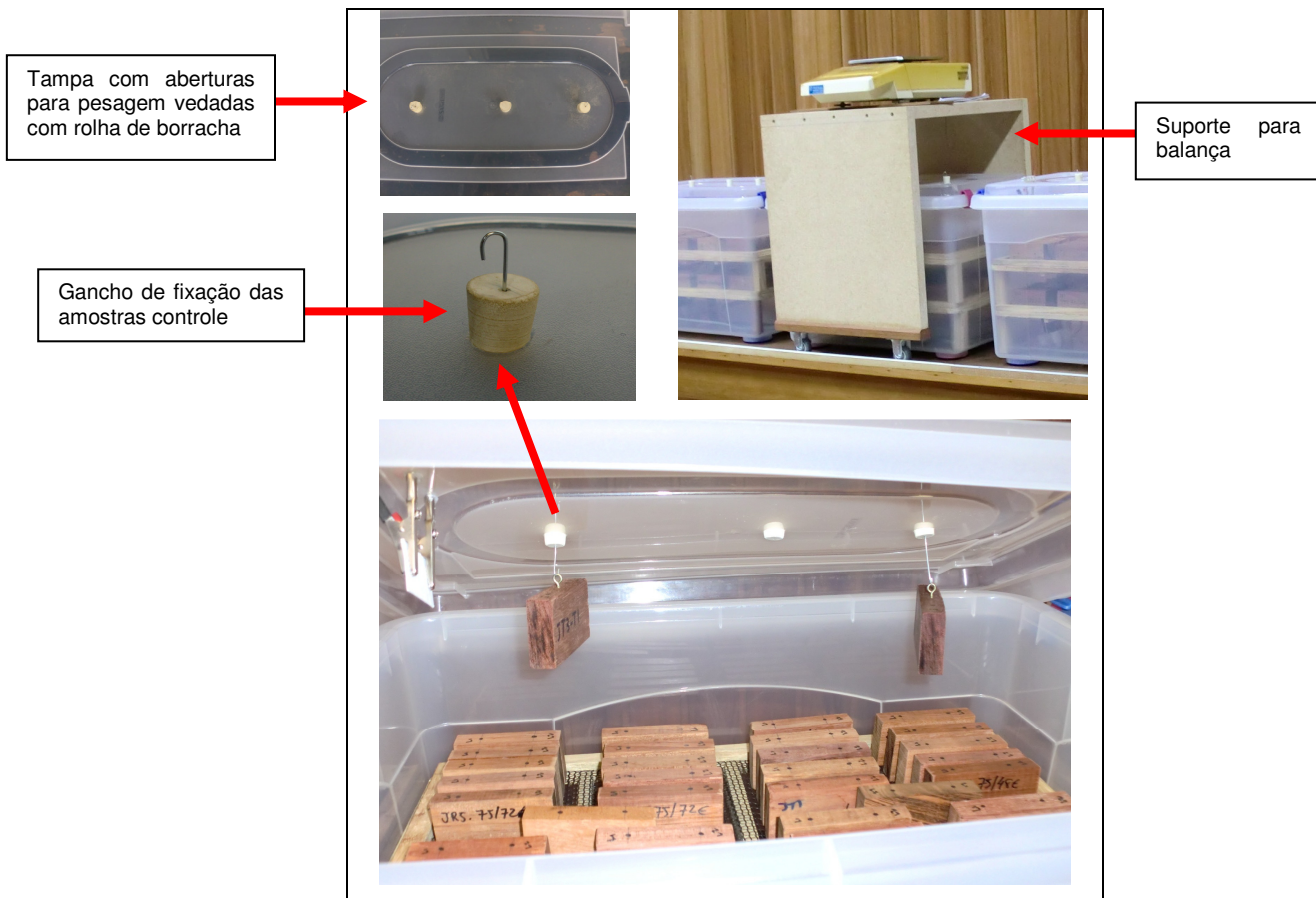


Figura 12 – Amostras controle para acompanhamento de variação de massa

### 3.7 Movimentação dimensional

Para a determinação da movimentação dimensional, foram avaliados os índices de retração e inchamento linear, no sentido radial e tangencial. Foi realizada a mensuração das amostras no início e final de cada condicionamento. Para a medição dimensional foi utilizado um micrômetro (Figura 13).



Figura 13 - Micrômetro utilizado na mensuração dos corpos-de-prova

Este índice de retração e inchamento foi calculado ao final de cada condicionamento (C1 e C2). A movimentação dimensional referente ao condicionamento 1 foi designada de MD1 (valores de retração), e de MD2 no condicionamento 2 (valores de inchamento); utilizando as equações 1 e 2.

$$MD1 = \left( \frac{DT - DC1}{DT} \right) \times 100 \quad [1]$$

$$MD2 = \left( \frac{DC1 - DC2}{DC1} \right) \times 100 \quad [2]$$

onde:

MD1 = Movimentação dimensional (%) após C1 (retração)

MD2 = Movimentação dimensional (%) após C2 (inchamento)

DT = Dimensão após tratamento térmico (mm)

DC1 = Dimensão após C1 (mm)

DC1 = Dimensão após C2 (mm)

### 3.8 Delineamento estatístico

O delineamento experimental adotado foi o fatorial inteiramente casualizado, com cinco repetições; aplicado aos resultados de umidade (U), diferença de umidade (DU) e movimentação dimensional (MD)

Aos resultados de U e DU a análise da variância incluiu os fatores espécie (Jatobá e Muiracatiara), tipo de secagem prévia (ao ar e convencional), sentido (radial e tangencial), temperatura (60°C, 75°C e 90°C) e tempo (24h, 48h, 72h e 96h); resultando em um delineamento fatorial  $2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5$ .

Uma vez que a movimentação dimensional é diferente em função da direção estrutural considerada, aos resultados de MD, individualizados nos sentidos tangencial e radial, a análise da variância incluiu os fatores espécie (Jatobá e Muiracatiara), tipo de secagem prévia (ao ar e convencional), temperatura (60°C, 75°C e 90°C) e tempo (24h, 48h, 72h e 96h); resultando em um delineamento fatorial  $2 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5$ .

Para as variáveis e interações que acusaram significância na análise da variância foi feito o teste de comparação de médias utilizando o teste de Tukey.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Condicionamentos higroscópicos

O condicionamento 1 (C1), correspondente a fase de desorção, teve duração de 22 dias, com umidade de equilíbrio média final de 4,4%. O condicionamento 2 (C2), relativo a fase de adsorção, durou 43 dias e alcançou uma UE média de 15,8%. Nos gráficos da Figuras 14 e 15 observa-se que no C1 a UE interna estabilizou-se a partir do décimo terceiro dia e no C2 a partir do vigésimo sexto dia, mas apresentando ainda pequenas oscilações até o final do condicionamento.

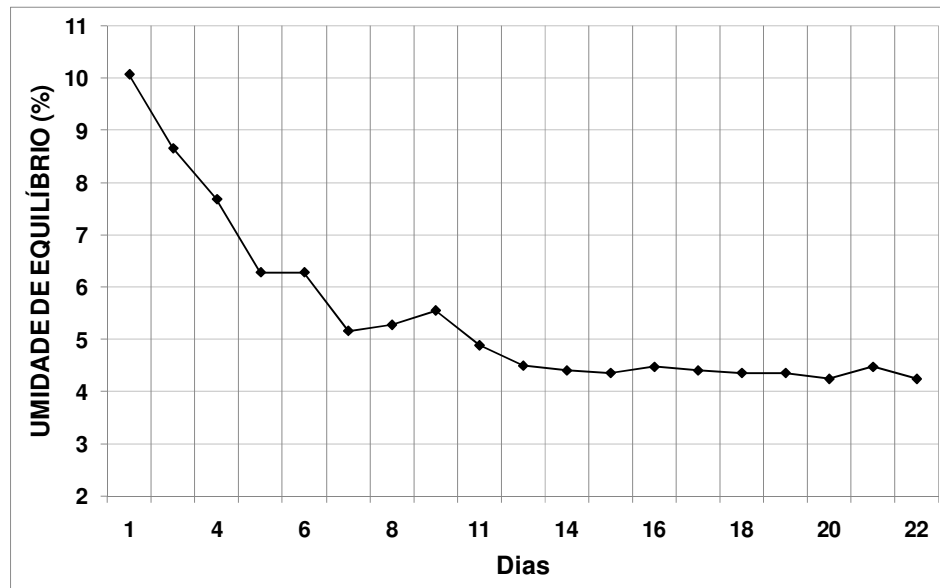


Figura 14 - Variação da umidade de equilíbrio durante C1

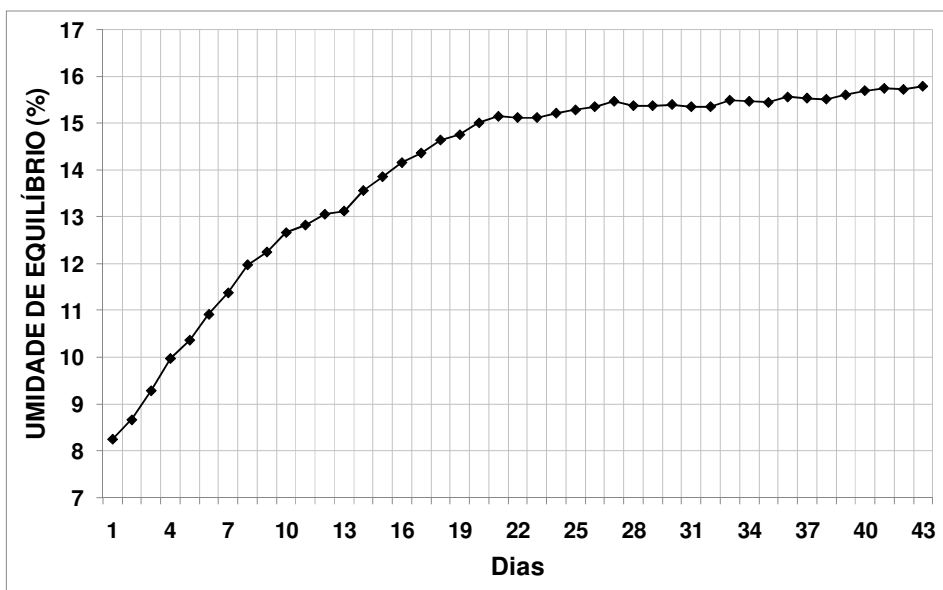


Figura 15 - Variação da umidade de equilíbrio durante C2

Os corpos de prova, tanto de Jatobá como de Muiracatiara, permaneceram expostos a estes dois ambientes até que a pesagem das amostras de controle indicassem uma situação de equilíbrio higroscópico, ou seja, massa constante, conforme mostram os gráficos das Figuras 16 e 17.

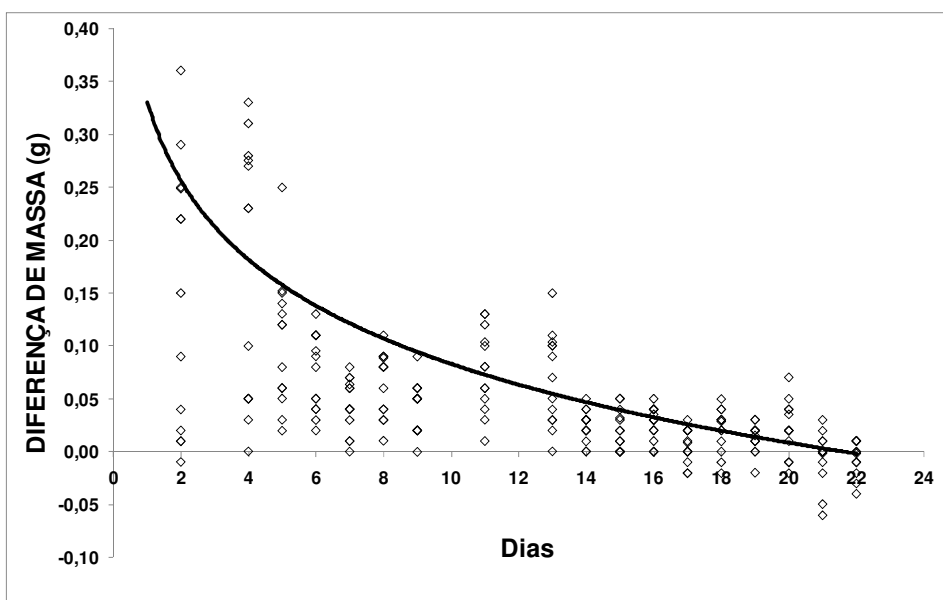


Figura 16 - Diferença na massa das amostras de controle, entre duas pesagens consecutivas, durante C1

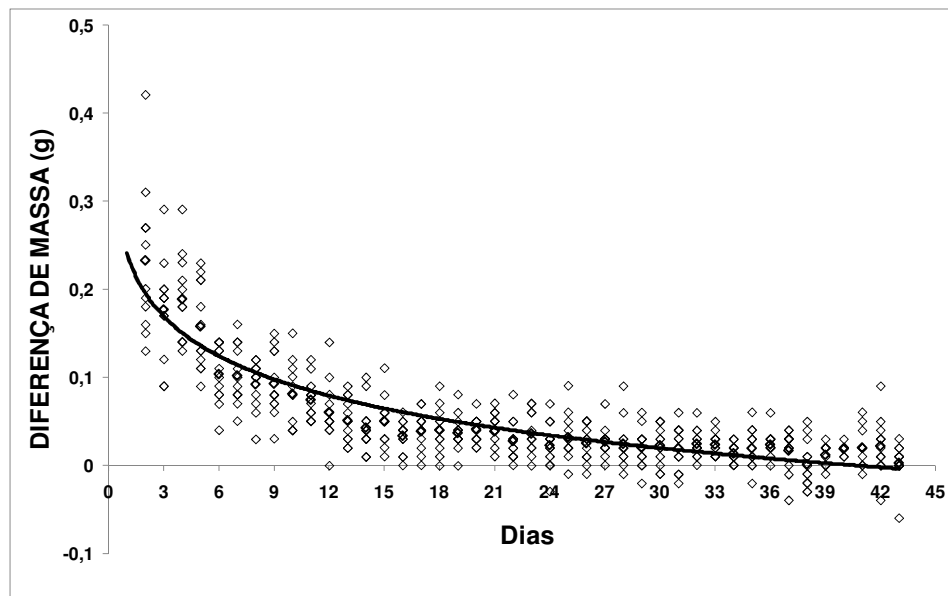


Figura 17 - Diferença na massa das amostras de controle, entre duas pesagens consecutivas, durante C2

Embora o tempo despendido no condicionamento C2 (adsorção) tenha sido praticamente o dobro em comparação ao condicionamento C1 (dessorção), o decréscimo médio no teor de umidade das amostras de madeira em C1 foi de 1,36% enquanto que o aumento médio em C2 foi de 4,64%; ou seja, cerca de 3,4 vezes maior.

Ao contrário do observado no presente experimento, Ma et al. (2005), ao realizarem um estudo de adsorção e dessorção de umidade com Abeto Chinês (*Cunninghamia lanceolata*), submetem a madeira à diferentes umidades relativas utilizando soluções de ácido sulfúrico e observaram que enquanto a temperatura do ambiente foi mantida constante, apesar do aumento da umidade relativa, as taxas de adsorção de umidade foram menores.

Outros autores que utilizaram metodologias similares em estudos de sorção (SILVA; OLIVEIRA, 2003; MARQUES, 2008) não reportaram diferenças entre as taxas de adsorção e dessorção. Possivelmente as condições específicas de cada experimento, principalmente o tamanho das amostras de madeira e as condições de clima no ensaio (temperatura e umidade relativa do ar), influenciam as taxas de sorção observadas; e não se pode concluir qual dos sentidos (adsorção ou dessorção) efetivamente tem maior taxa de sorção.



## 4.2 Teor de umidade

### 4.2.1 Umidade inicial

A umidade inicial média da madeira seca ao ar, antes da aplicação dos tratamentos térmicos, era de 11,5% para o Jatobá e de 12,2% para Muiracatiara.

Para as amostras que foram submetidas à secagem convencional, o teor de umidade inicial era cerca 3,0% menor, com valores médios de 8,4% e 9,4%, respectivamente (Figuras 18 e 19 e Tabelas 16 e 17 do Anexo A).

Nota-se que as mostras pertencentes ao grupo do tratamento térmico de 75°C estavam com a umidade inicial acima dos demais grupos. Como este grupo de amostras teve de ser refeito, provavelmente a madeira ganhou umidade durante o período de armazenamento, devido a variação sazonal do clima.

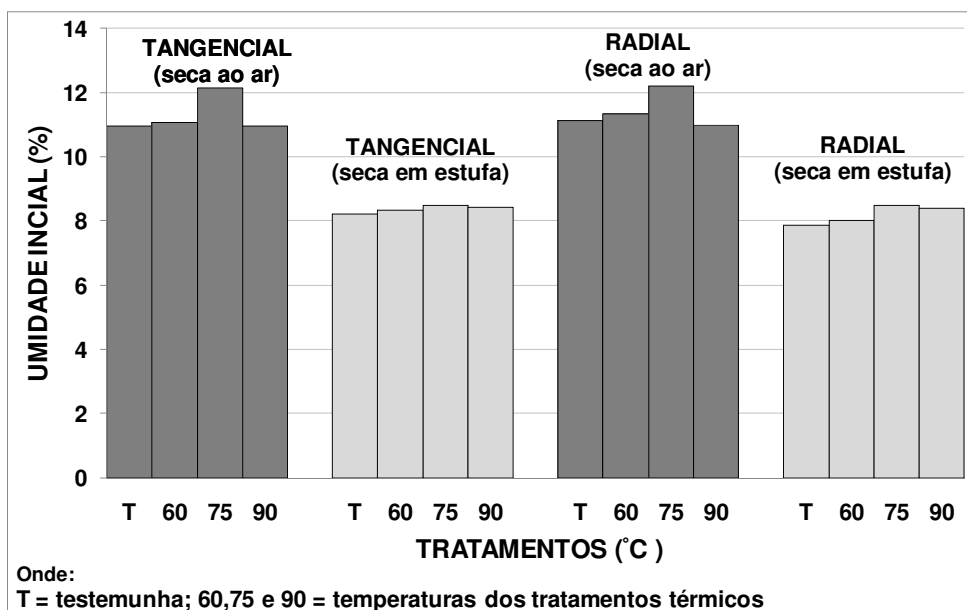


Figura 18 – Umidade inicial das amostras de Jatobá

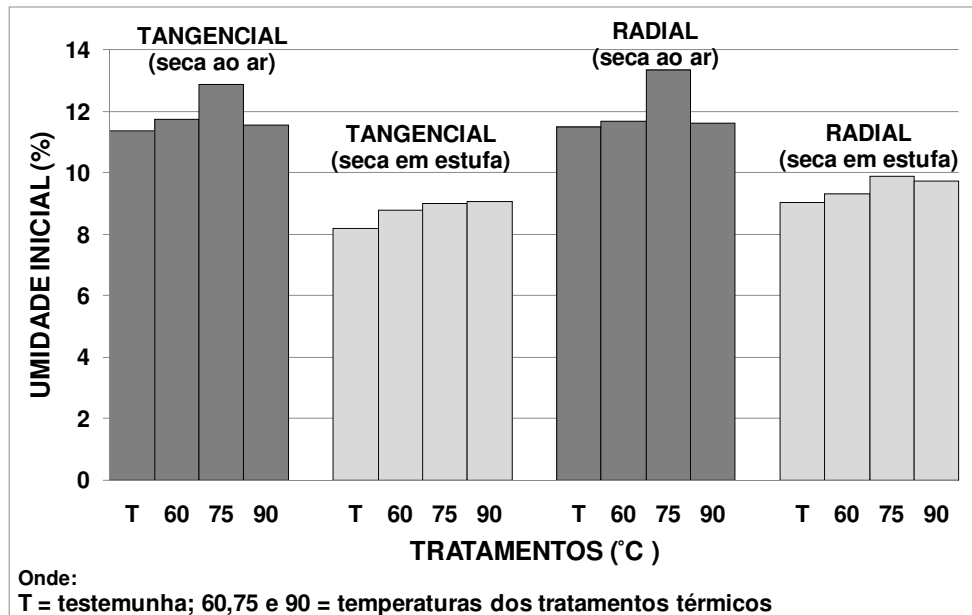


Figura 19 – Umidade inicial das amostras de Muiracatiara

#### 4.2.2 Após tratamentos térmicos

Tanto as amostras secas ao ar como as secas em estufas, receberam tratamento térmico sob as mesmas condições de tempo, temperatura e umidade relativa. Após estes tratamentos, como pode ser observado nas Figuras 20 e 21 e nas Tabelas 18 e 19 do Anexo A, verificou-se uma redução no teor de umidade das amostras provenientes da madeira seca ao ar, e um aumento na umidade das amostras secas em estufa. Este efeito causou uma uniformização no teor de umidade das amostras.

É importante destacar que as amostras submetidas ao tratamento de 90°C apresentaram os menores valores de umidade (média de 7,5%, para o Jatobá e 8,5% para a Muiracatiara). Esse efeito pode ser decorrente da temperatura utilizada no tratamento térmico ou da umidade relativa não ter atingido o valor previsto para o tratamento térmico a 90°C.

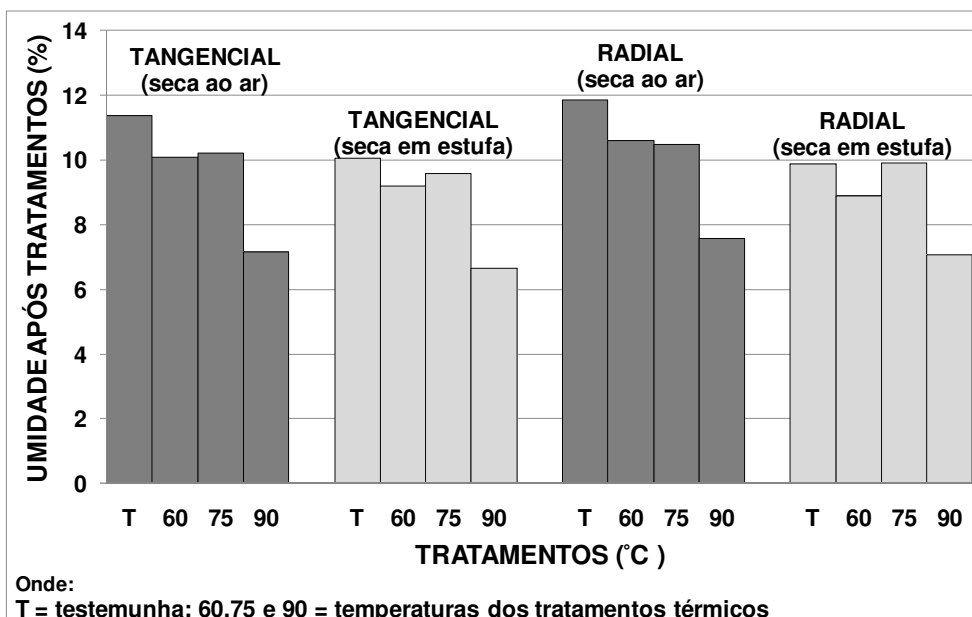


Figura 20 – Umidade média das amostras de Jatobá após os tratamentos térmicos

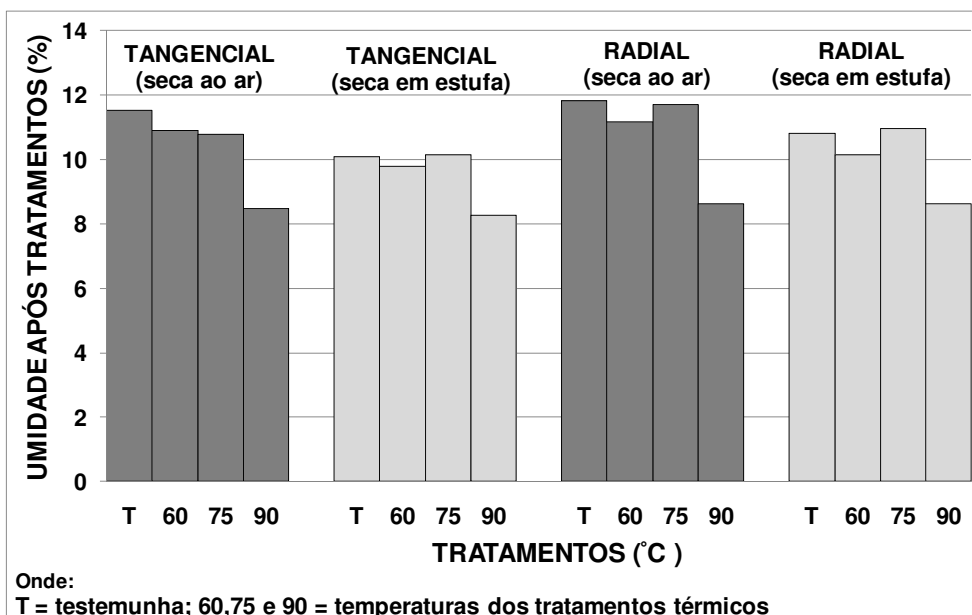


Figura 21 – Umidade média das amostras de Muiracatiara após os tratamentos térmicos

Após os tratamentos térmicos foi possível observar que, apesar do Jatobá e da Muiracatiara serem espécies com características semelhantes e geralmente agrupadas para a mesma finalidade (SUDAM, 1981; ZENID, 1997), os teores de umidade das amostras de Jatobá foram menores quando comparadas com as amostras de Muiracatiara em todas as situações.

### 4.2.3 Após condicionamento 1

Os teores médios de umidade, após o condicionamento 1 (C1) são apresentados nas Figuras 22 e 23 e nas Tabelas 20 e 21 do Anexo A, respectivamente para o Jatobá e para a Muiracatiara. A umidade da madeira seca ao ar foi de 7,9% para o Jatobá e de 8,2% para a Muiracatiara. Para as amostras que foram submetidas à secagem convencional, os teores de umidade após C1 ficaram bem próximos das amostras secas ao ar, com valores médios de 7,5% e 8,2% para o Jatobá e para a Muiracatiara, respectivamente.

Observa-se que o condicionamento 1 promoveu uma uniformização da umidade em todos os tratamentos, exceto para as amostras submetidas à temperatura de 90 °C, as quais permaneceram com a umidade menor que as demais. Os teores de umidade médios foram de 6,7% para o Jatobá e de 7,2% para a Muiracatiara.

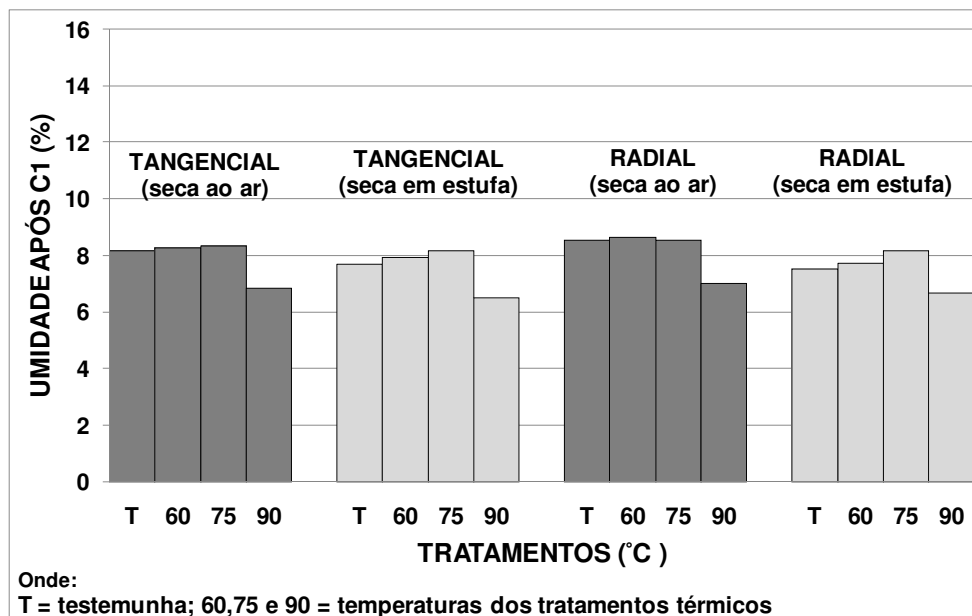


Figura 22 – Umidade média das amostras de Jatobá após C1

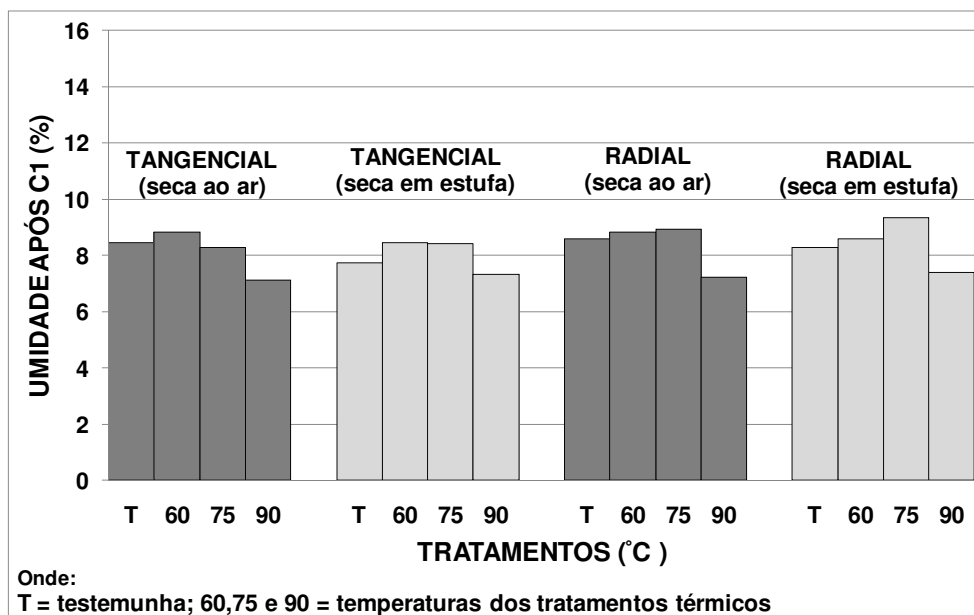


Figura 23 – Umidade média das amostras de Muiracatiara após C1

A Tabela 4 apresenta a análise de variância aplicada aos resultados do teor de umidade após o condicionamento 1, considerando os fatores individuais e as interações duplas. As interações triplas ou superiores não acusaram significância no teste F, razão pela qual não foram incluídas na Tabela 4. Para as interações significativas pelo teste F foi aplicada a comparação de médias pelo teste Tukey (Tabelas 32 a 37, do Anexo D).

Tabela 4 – Análise de variância para o fator umidade após C1

Fatores	SQ	GL	QM	F	P
Espécie	27,108	1	27,108	179,186	0,000**
Secagem	5,366	1	5,366	35,468	0,000**
Sentido	4,228	1	4,228	27,948	0,000**
Temperatura	222,141	2	111,071	734,177	0,000**
Tempo	3,134	3	1,045	6,905	0,000**
Espécie * Secagem	5,558	1	5,558	36,737	0,000**
Espécie * Sentido	0,740	1	0,740	4,893	0,027*
Espécie * Temperatura	0,583	2	0,292	1,928	0,147 <sup>ns</sup>
Espécie * Tempo	0,996	3	0,332	2,195	0,088 <sup>ns</sup>
Secagem * Sentido	0,301	1	0,301	1,986	0,159 <sup>ns</sup>
Secagem * Temperatura	4,092	2	2,046	13,525	0,000**
Secagem * Tempo	1,618	3	0,539	3,564	0,014*
Sentido * Temperatura	2,254	2	1,127	7,451	0,001**
Sentido * Tempo	0,614	3	0,205	1,353	0,257 <sup>ns</sup>
Temperatura * Tempo	4,955	6	0,826	5,459	0,000**
Erro	67,625	447	0,151		
Total	351,314	479			

\*\* = valores significativos ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01); \* = valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05); ns = não significativo (P>0,05)

Os teores médios de umidade das amostras de Jatobá (7,73%) foram menores em comparação às amostras de Muiracatiara (8,21%), mesmo comportamento observado após os tratamentos térmicos. A diferença no teor de umidade média entre as duas espécies (0,48%), observada após o Condicionamento 1, não é importante em termos de industrialização da madeira; mas acusou significância no teste Tukey ao nível de 1,0% de probabilidades.

Essa diferença entre espécies também é estatisticamente significativa em relação aos sentidos de corte (0,39% no sentido tangencial e 0,55% no radial); bem como em relação ao processo de secagem prévia (0,26% na secagem ao ar e 0,69% na secagem em estufa).

Em relação ao sentido de corte, observou-se que as amostras radiais apresentaram uma umidade média (8,06%) acima das tangenciais (7,87%). Essa diferença de 0,19%, da mesma forma que foi observado para o efeito da espécie, é estatisticamente significativa ao nível de 1,0% de probabilidades pelo teste Tukey, mas sem importância no processamento industrial.

Na interação entre espécie e sentido de corte, as amostras radiais foram estatisticamente diferentes das amostras tangenciais ao nível de 1% de significância para a Muiracatiara e ao nível de 5% para o Jatobá (Anexo D).

Nas amostras submetidas à secagem convencional o teor médio de umidade foi de 7,86%, menor do que a umidade média das amostras secas ao ar, que foi de 8,07%. Entretanto, essa diferença foi mais acentuada para a madeira de Jatobá (0,42%) e praticamente inexistente para a madeira de Muiracatiara (0,01%).

Ao analisar o efeito das temperaturas, verificou-se que ao final do condicionamento 1 as umidade média das amostras submetidas aos tratamentos de 60°C (8,40%) e 75°C (8,49%) foram estatisticamente iguais entre si e diferentes das amostras submetidas a temperatura de 90°C (7,01%); as quais apresentaram teores de umidade inferiores aos dois primeiros tratamentos (diferenças de 1,39% e de 1,48%, respectivamente). Porém, ao avaliar a variação da umidade média em relação à temperatura não se verifica uma tendência definida.

Fato semelhante foi observado por Durlo (1991) ao avaliar o efeito da temperatura no comportamento higroscópico de *Pinus elliottii*, submetendo a madeira a

temperaturas de secagem de 50°C a 150°C e condicionando-as em diferentes umidades relativas (10%, 30%, 50%, 70% e 100%). O autor constatou que as amostras submetidas a temperatura de 75°C apresentaram maiores índices de desorção do que as amostras tratadas à 50°C.

Em relação a interação ocorrida entre a temperatura do tratamento térmico e o tipo de secagem prévia observou-se que, para as amostras submetidas ao tratamento de 90°C, a umidade média do material seco ao ar (7,05%) foi estatisticamente igual à do material seco em estufa (6,96%); demonstrando que a temperatura mais elevada afetou de maneira semelhante o comportamento higroscópico da madeira nas duas formas de secagem (Anexo D).

Quanto ao fator tempo, observou-se um comportamento aleatório, com ausência de uma tendência, crescente ou decrescente, que demonstrasse de forma inequívoca sua influência sobre os teores de umidade das amostras (Anexo D). Mesmo nas interações com o tipo de secagem prévia e com a temperatura do tratamento térmico, não se observa uma tendência definida.

Ao comparar este comportamento do fator tempo com o trabalho realizado por Batista e Klitzke (2010) utilizando temperaturas mais elevadas, de 200°C e 230°C, para avaliar o efeito da temperatura e do tempo na umidade de equilíbrio da madeira de *Eucalyptus grandis*, o tempo também demonstrou não ser um efeito significativo.

Considerando que as amostras submetidas à temperatura de 90°C apresentaram os menores valores de umidade após C1 e que o fator tempo não demonstrou uma tendência clara; optou-se por comparar (Tabela 5) umidade média da Testemunha 1 (amostras secas ao ar) e da Testemunha 2 (amostras secas em estufa) com a umidade média das amostras tratadas à 90°C por 24 horas, secas ao ar e em estufa. Essa comparação revela o efeito do tratamento térmico em relação ao material original (não tratado).

Tabela 5 – Comparação da umidade média entre as testemunhas e os tratamentos térmicos a 90 °C por 24 horas, após C1

	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	8,35 (0,45)	6,77 (0,47)	7,61 (0,31)	6,61 (0,36)
<b>Muiracatiara</b>	8,52 (0,37)	7,08 (0,23)	8,01 (0,42)	7,31 (0,35)
<b>Média</b>	8,44 (0,41)	6,92 (0,40)	7,81 (0,43)	6,96 (0,50)

T1(ar) = testemunha seca ao ar; T2(E) = testemunha seca em estufa; T(90/24ar) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas ao ar; T(90/24E) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas em estufa; desvio padrão entre parênteses

A diferença entre a umidade média das testemunhas e das amostras tratadas foi, para a madeira de Jatobá, de 1,58% e 1,00% para a madeira seca ao ar e em estufa, respectivamente. Para a madeira de Muiracatiara essas diferenças foram de 1,44% para a madeira previamente seca ao ar e de 0,70% para a seca em estufa.

#### 4.2.4 Após condicionamento 2

O teor de umidade médio após o condicionamento 2 da madeira seca ao ar foi de 12,7% para o Jatobá e de 13,1% para a Muiracatiara.

Para as amostras que foram submetidas à secagem convencional, o teor de umidade após C2 ficaram bem próximos aos das amostras secas ao ar, com valores médios de 12,0% e 12,7% para o Jatobá e para a Muiracatiara, respectivamente (Figuras 24 e 25 e Tabelas 22 e 23 do Anexo A).

No condicionamento 2 também percebe-se o efeito da temperatura de 90 °C, apresentando os teores de umidade médios sempre abaixo dos demais tratamentos. A umidade média foi de 11,1% para o Jatobá e de 11,6% para a Muiracatiara.



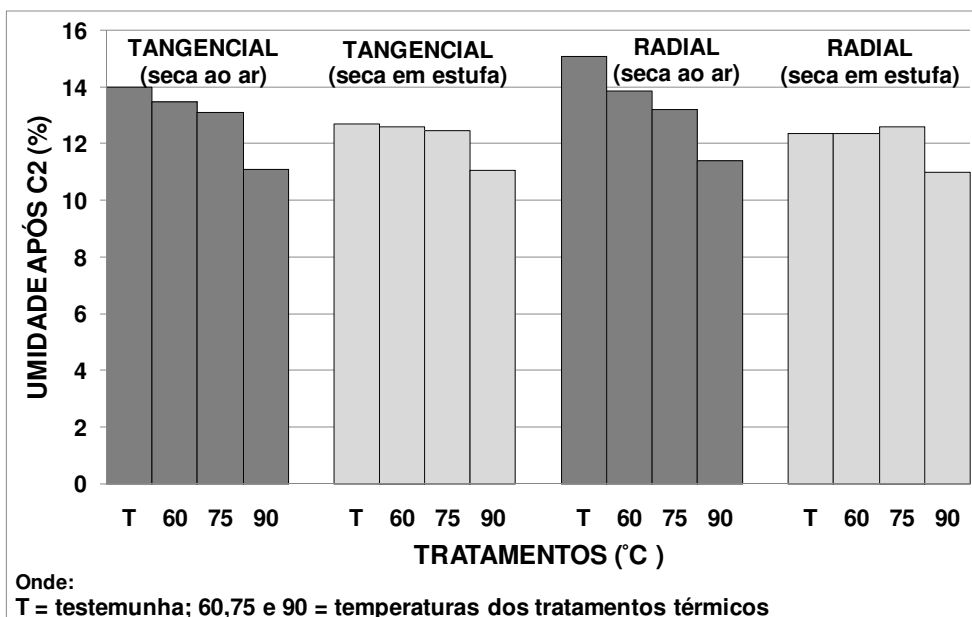


Figura 24 – Umidade média das amostras de Jatobá após C2

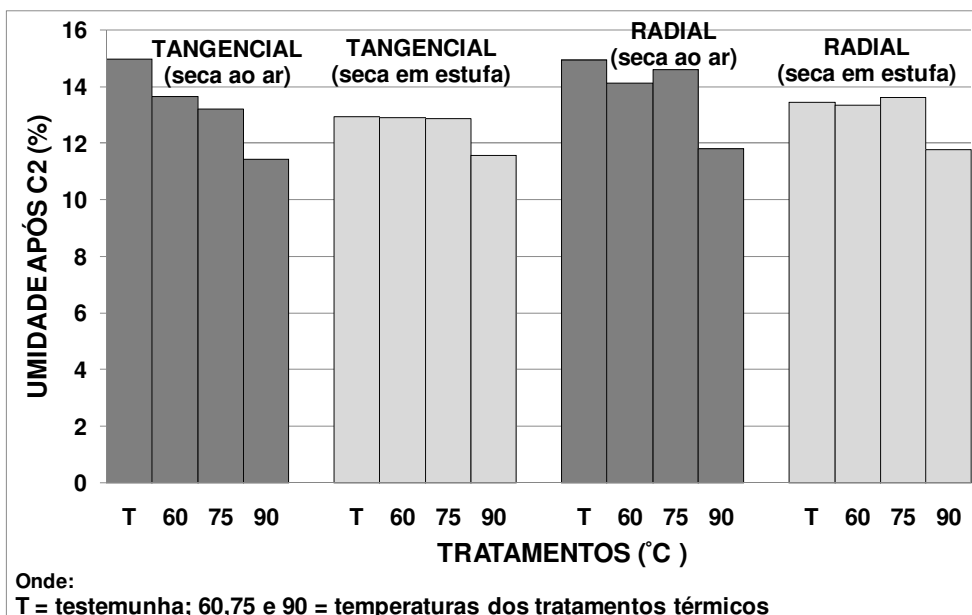


Figura 25 – Umidade média das amostras de Muiracatiara após C2

A Tabela 6 apresenta a análise de variância aplicada ao teor médio de umidade após o condicionamento 2 (C2). A partir destes resultados aplicou-se o teste de comparação de médias apenas para as interações significativas, cujos resultados podem ser analisados no Anexo E.

Tabela 6 – Análise de variância para o fator Umidade após o condicionamento 2

Fatores	SQ	GL	QM	F	P
Espécie	35,181	1	35,181	56,545	0,000**
Secagem	42,239	1	42,239	67,889	0,000**
Sentido	15,319	1	15,319	24,621	0,000**
Temperatura	356,762	2	178,381	286,701	0,000**
Tempo	3,362	3	1,121	1,801	0,146 <sup>ns</sup>
Espécie * Secagem	1,886	1	1,886	3,032	0,082 <sup>ns</sup>
Espécie * Sentido	7,338	1	7,338	11,795	0,001**
Espécie * Temperatura	2,374	2	1,187	1,908	0,150 <sup>ns</sup>
Espécie * Tempo	0,060	3	0,020	0,032	0,992 <sup>ns</sup>
Secagem * Sentido	2,633	1	2,633	4,232	0,040*
Secagem * Temperatura	13,946	2	6,973	11,207	0,000**
Secagem * Tempo	1,436	3	0,479	0,770	0,511 <sup>ns</sup>
Sentido * Temperatura	3,527	2	1,763	2,834	0,060 <sup>ns</sup>
Sentido * Tempo	0,999	3	0,333	0,535	0,658 <sup>ns</sup>
Temperatura * Tempo	5,522	6	0,920	1,479	0,184 <sup>ns</sup>
Erro	278,116	447	0,622		
Total	770,700	479			

\*\* = valores significativos ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01); \* = valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05); ns = não significativo (P>0,05)

Semelhante à situação anterior, os teores médios de umidade após o condicionamento 2 para as amostras de Jatobá (12,37%) foram menores em relação as amostras de Muiracatiara (12,91%), com uma diferença entre eles de 0,54%. Na interação entre espécie e sentido de corte a umidade média do Jatobá também foi inferior à da Muiracatiara, com diferenças de 0,79% no sentido radial e de 0,30% no tangencial.

Para as amostras submetidas à secagem convencional, os teores médios de umidade (12,34%) foram menores em relação às amostras secas ao ar (12,93%), com uma diferença entre processos de 0,36%. Essa diferença entre os processos de secagem prévia também foi observada em relação aos sentidos de corte, sendo de 0,30% no sentido tangencial e de 0,79% no radial.

As amostras tangenciais, com umidade média de 12,46%, ficaram um pouco mais secas do que as radiais, com média de 12,82%, o que representa uma diferença entre os sentidos de corte de 0,36%. Essa diferença também foi considerada significativa em relação aos processos de secagem prévia, sendo de 0,51% na secagem ao ar e de 0,20% na secagem convencional. Na interação entre espécie e sentido de corte, os teores de umidades médios das amostras no sentido radial foram

maiores em relação ao tangencial para a madeira de Muiracatiara (diferença de 0,60%), mas estatisticamente iguais entre si para a madeira de Jatobá (diferença de 0,11%).

Em relação a temperatura de tratamento, as umidades médias das amostras submetidas a 60°C (13,29%) e a 75°C (13,20%) foram estatisticamente iguais entre si, e diferentes das amostras de 90°C (11,42). Porém a umidade média, tanto das amostras secas ao ar quanto das secas em estufa, que receberam o tratamento a 90°C, não diferiram estatisticamente entre si (Anexo E). A diferença na umidade média decorrente do tratamento a 90°C, em comparação aos outros dois tratamentos térmicos, foi mais acentuada na madeira seca ao ar (de até 2,30%) do que na madeira seca em estufa (de até 1,53%).

Repetindo o verificado no condicionamento 1, o tempo de tratamento também não apresentou uma tendência clara de seu efeito no comportamento de adsorção de umidade após o condicionamento 2; inclusive não acusando diferenças significativas na análise estatística.

Assim como feito nos resultados do condicionamento 1, as umidades médias das testemunhas foram comparadas com as umidades médias das amostras submetidas à temperatura de 90°C por 24 horas (Tabela 7).

Tabela 7 – Comparação da umidade média entre as testemunhas e os tratamentos térmicos a 90°C por 24 horas, após C2

	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	14,53 (0,98)	11,23 (0,95)	12,53 (1,19)	11,23 (1,07)
<b>Muiracatiara</b>	14,97 (0,74)	11,66 (0,51)	13,20 (0,53)	11,79 (0,35)
<b>Média</b>	14,75 (0,87)	11,44 (0,77)	12,56 (0,96)	11,51 (0,83)

T1(ar) = testemunha seca ao ar; T2(E) = testemunha seca em estufa; T(90/24ar) = tratamento de 90°C por 24 horas das amostras secas ao ar; T(90/24E) = tratamento de 90°C por 24 horas das amostras secas em estufa; desvio padrão entre parênteses

A diferença entre a umidade média das testemunhas e das amostras tratadas foi, para a madeira de Jatobá, de 3,30% e 1,30% para a madeira seca ao ar e em estufa, respectivamente. Para a madeira de Muiracatiara essas diferenças foram de 3,31% para a madeira previamente seca ao ar e de 1,41% para a seca em estufa.

Esses resultados permitem afirmar que o tratamento térmico à 90°C reduziu a higroscopicidade da madeira, tanto do Jatobá como da Muiracatiara, resultando em menores valores para a umidade de equilíbrio.

Na prática, após o processo de secagem é comum que o teor de umidade do lote seco apresente uma variação em torno da umidade média desejada, porém esta variação deve estar dentro de um limite aceitável. Jankowsky (1999) afirma que, em termos práticos, uma variação de  $\pm 2\%$  em relação à umidade média pode ser considerado um bom padrão de qualidade.

O estudo realizado por Ducatti et al. (2001) apresenta um levantamento, realizado em três indústrias que utilizam a secagem convencional, para avaliar a qualidade da madeira seca; e observaram que apenas uma delas apresentou um resultado satisfatório, com teor de umidade médio na ordem de 6,4% e com variações de 4,9 a 10,2% para um tipo de secador e de 5,7 a 8,6% para o segundo tipo.

Para pisos de madeira maciça, a norma da ABNT (NBR 15799/2010 – Padronização e Classificação), 95 % das peças do lote devem estar dentro da faixa desejada ou exigida pelo cliente, com amplitude máxima de 3 %.

O Programa de Qualidade (PQ) para piso de madeira, desenvolvido pela ANPM – Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira, demonstra que a umidade é a característica de qualidade que apresentou maior variação ao longo das auditorias, sendo considerado o item mais problemático e de difícil controle. A tolerância de variação no teor de umidade aceitável pelo PQ é  $\pm 1,5\%$  em relação ao valor nominal (ANDRADE et al., 2010).

A análise de variância aplicada aos valores da umidade média, tanto em C1 como em C2, acusou diferenças significativas entre algumas das variáveis estudadas, mas em valores absolutos inferiores a 1,5%. Essas diferenças são úteis ao proporcionar um melhor entendimento sobre o material em si, mas sem importância na aplicação prática visto as amplitudes de variação no teor de umidade definidas nos padrões de qualidade da madeira seca.

Assim, pode-se concluir que a madeira de Jatobá atinge valores da umidade de equilíbrio menores do que a madeira de Muiracatiara, da mesma forma que as amostras

radiais em comparação com as tangenciais e a madeira seca em estufa quando comparada com a madeira seca ao ar.

Em relação aos tratamentos térmicos, apenas o tratamento à temperatura de 90°C reduziu a umidade de equilíbrio em todas as situações do experimento.

#### 4.2.5 Variação de umidade

Além da umidade de equilíbrio em si, decidiu-se por analisar a higroscopicidade do material em termos do seu potencial de sorção, ou seja, da capacidade de trocar umidade com o ar. No presente experimento, esse potencial de sorção é representado pelas quantidades de água desorvida em C1 ( $U_{\text{após tratamentos térmicos}} - U_{\text{após C1}}$ ) e adsorvida em C2 ( $U_{\text{após C1}} - U_{\text{após C2}}$ ).

As perdas médias de umidade, após (C1) são apresentadas nas Figuras 26 e 27 e nas Tabelas 24 e 25 do Anexo B, respectivamente para o Jatobá e para a Muiracatiara.

A perda de umidade da madeira seca ao ar foi de 1,4% para o Jatobá e de 1,8% para a Muiracatiara. Para as amostras que foram submetidas à secagem convencional a perda de umidade após C1 das duas espécies foram semelhantes, com valores médios de 1,0% e 1,2% para o Jatobá e para a Muiracatiara, respectivamente.

Nas Figuras 26 e 27 destaca-se a redução na higroscopicidade das amostras submetidas aos tratamentos térmicos, principalmente das amostras submetidas à temperatura de 90°C. Contudo deve-se também considerar que todas as amostras submetidas aos tratamentos térmicos tinham, no início do condicionamento, um teor de umidade inferior ao das testemunhas; e que as amostras mais secas eram exatamente as dos tratamentos à 90°.

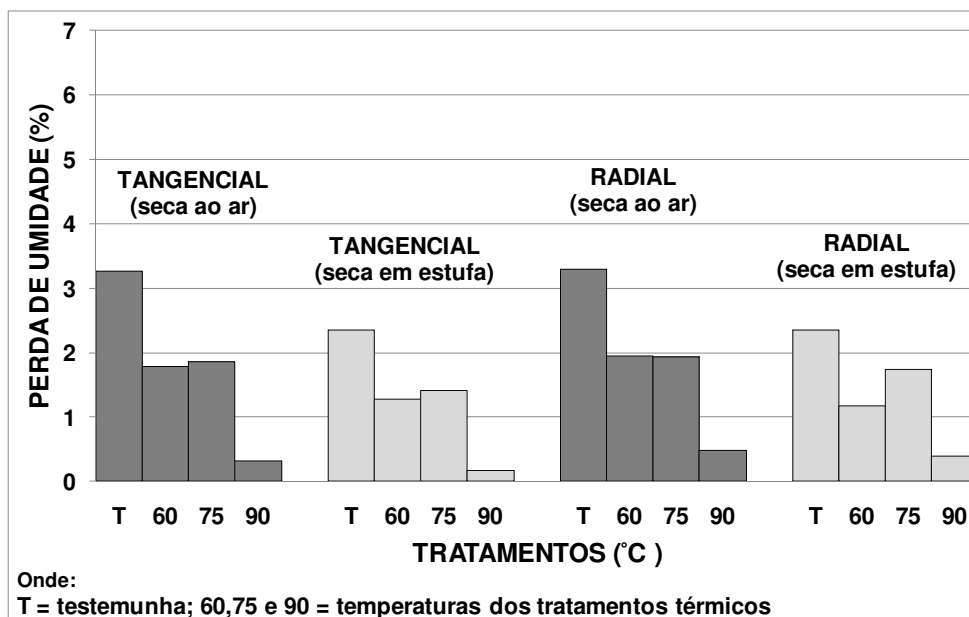


Figura 26 – Perda média de umidade das amostras de Jatobá, após C1

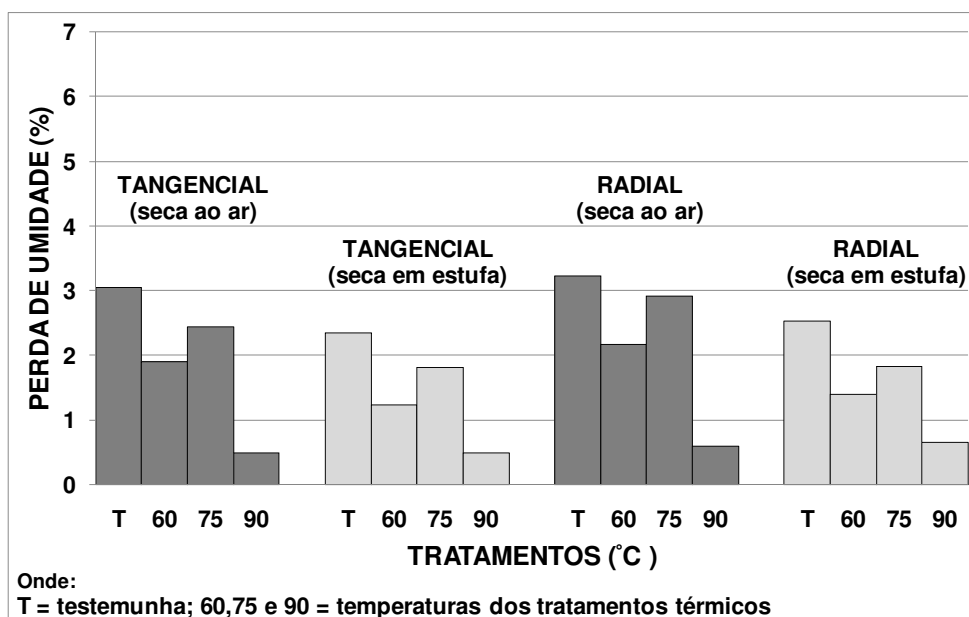


Figura 27 – Perda média de umidade das amostras de Muiracatiara, após C1

A Tabela 8 apresenta a análise de variância aplicada para a perda média de umidade após o condicionamento 1 (C1). A partir destes resultados aplicou-se o teste de comparação de médias apenas para as interações significativas, cujos resultados podem ser analisados no Anexo F.

Tabela 8 – Análise de variância para perda de umidade após C1

Fatores	SQ	GL	QM	F	P
Espécie	12,796	1	12,796	89,666	0,000**
Secagem	24,485	1	24,485	171,579	0,000**
Sentido	3,733	1	3,733	26,159	0,000**
Temperatura	201,095	2	100,547	704,594	0,000**
Tempo	0,789	3	0,263	1,844	0,138 <sup>ns</sup>
Espécie * Secagem	0,668	1	0,668	4,683	0,031*
Espécie * Sentido	0,033	1	0,033	0,228	0,633 <sup>ns</sup>
Espécie * Temperatura	4,069	2	2,034	14,256	0,000**
Espécie * Tempo	0,771	3	0,257	1,801	0,146 <sup>ns</sup>
Secagem * Sentido	0,002	1	0,002	0,014	0,905 <sup>ns</sup>
Secagem * Temperatura	6,234	2	3,117	21,844	0,000**
Secagem * Tempo	1,567	3	0,522	3,661	0,012*
Sentido * Temperatura	0,621	2	0,311	2,177	0,115 <sup>ns</sup>
Sentido * Tempo	0,065	3	0,022	0,152	0,928 <sup>ns</sup>
Temperatura * Tempo	6,790	6	1,132	7,931	0,000**
Erro	63,788	447	0,143		
Total	327,507	479			

\*\* = valores significativos ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01); \* = valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05); ns = não significativo (P>0,05)

A perda média de umidade das amostras de Jatobá (1,21%) foram menores em comparação às amostras de Muiracatiara (1,54%), apresentando a mesma tendência no teor de umidade médio observado após o condicionamento 1. Essa diferença entre espécies também é estatisticamente significativa em relação ao processo de secagem prévia (0,40% na secagem ao ar e 0,26% na secagem em estufa).

Quanto ao sentido de corte, observou-se que as amostras radiais (1,46%) apresentaram uma perda de umidade média maior que as tangenciais (1,29%), porém não apresentaram interação com outros fatores.

As amostras submetidas à secagem convencional a perda no teor médio de umidade foi de 1,15%, menor do que a umidade média das amostras secas ao ar, que foi de 1,60%. Entretanto, essa diferença foi mais acentuada para a madeira de Muiracatiara (0,52%) e um pouco menor para a madeira de Jatobá (0,38%).

Ao analisar o efeito das temperaturas, verificou-se que houve diferença significativa entre o tratamento de 60°C (1,61%), 75°C (2,02%) e 90°C (0,49%). As amostras submetidas à temperatura de 90°C obtiveram os menores valores de perda de umidade e de 75°C os maiores valores. Isso pode ter ocorrido devido às amostras

pertencentes ao grupo de 75°C apresentarem os teores médios de umidade inicial maiores que os demais (Anexo F).

Em relação a interação ocorrida entre a temperatura do tratamento térmico e o tipo de secagem prévia observou-se que, para as amostras submetidas ao tratamento de 90°C, a perda de umidade média do material seco ao ar (0,56%) apesar de estatisticamente diferente à do material seco em estufa (0,42%). Embora a interação entre temperatura e tempo de tratamento tenha acusado significância, verifica-se na Tabela 44 que o maior efeito é o da temperatura e que não há influência do tempo de tratamento; comportamento já verificado nas análises anteriores.

A Tabela 9 apresenta uma comparação entre a perda de umidade média das testemunhas e a perda de umidade média das amostras tratadas a 90°C por 24 horas.

Tabela 9 – Comparação da perda de umidade média entre as testemunhas e os tratamentos térmicos a 90°C por 24 horas, após C1

	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	3,28 (0,35)	0,46 (0,23)	2,35 (0,51)	0,19 (0,15)
<b>Muiracatiara</b>	3,14 (0,25)	0,79 (0,10)	2,44 (0,17)	0,61 (0,16)
<b>Média</b>	3,21 (0,30)	0,62 (0,24)	2,39 (0,37)	0,40 (0,26)

T1(ar) = testemunha seca ao ar; T2(E) = testemunha seca em estufa; T(90/24ar) = tratamento de 90°C por 24 horas das amostras secas ao ar; T(90/24E) = tratamento de 90°C por 24 horas das amostras secas em estufa; desvio padrão entre parênteses

Para a madeira de Jatobá a diferença entre a umidade média das testemunhas e das amostras tratadas foi de 2,82% e 2,16%, para a madeira seca ao ar e em estufa, respectivamente. Para a Muiracatiara essas diferenças foram de 2,35% para a madeira previamente seca ao ar e de 1,83% para a seca em estufa.

Esses resultados são similares aos obtidos para a umidade de equilíbrio, confirmando que o tratamento térmico à 90°C reduziu a higroscopicidade da madeira, tanto do Jatobá como da Muiracatiara, resultando tanto em menores valores para a umidade de equilíbrio como em menor potencial de sorção no condicionamento 1.

Para o condicionamento 2, o ganho médio de umidade da madeira seca ao ar foi de 4,7% para o Jatobá (Figura 28 e Tabela 26 do Anexo B) e de 4,9% para a



Muiracatiara (Figura 29 e Tabela 27 do Anexo B). Para as amostras que foram submetidas à secagem convencional, o ganho no teor de umidade após C2 (4,5%) foi o mesmo tanto para o Jatobá quanto para a Muiracatiara.

No condicionamento 2 também foi possível observar a redução na higroscopicidade das amostras de madeiras submetidas aos tratamentos térmicos, as quais apresentaram menores valores de adsorção de umidade.

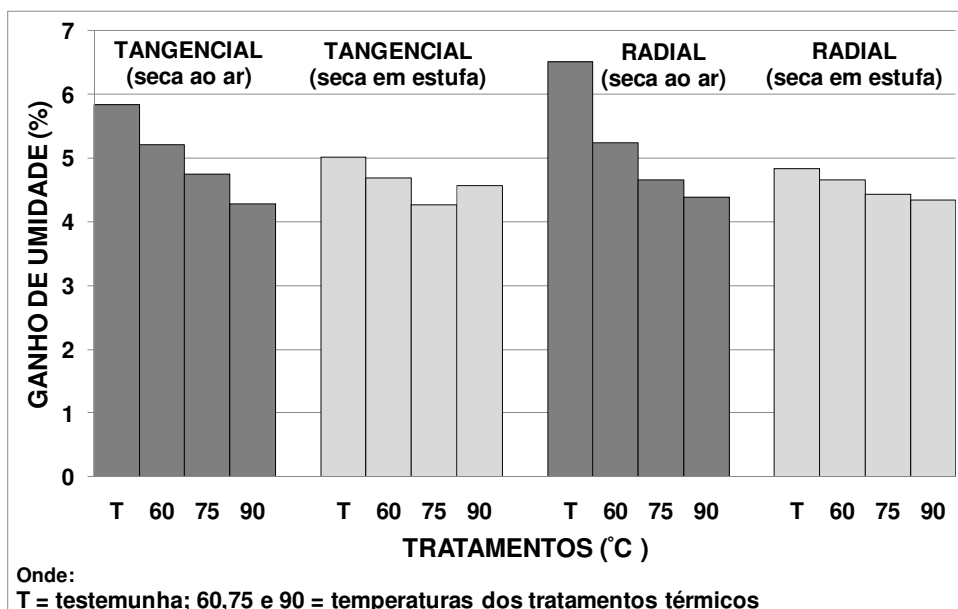


Figura 28 – Ganho médio de umidade das amostras de Jatobá, após C2

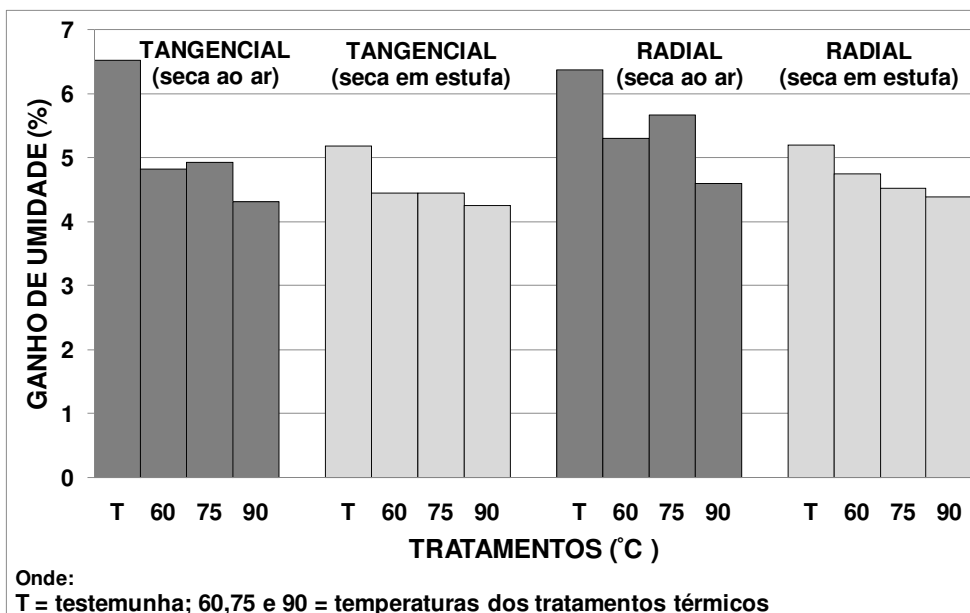


Figura 29 – Ganho médio de umidade das amostras de Muiracatiara, após C2

A Tabela 10 apresenta a análise de variância aplicada para a perda média de umidade após o condicionamento 2. A partir destes resultados aplicou-se o teste de comparação de médias apenas para as interações significativas, cujos resultados podem ser analisados no Anexo G.

Tabela 10 – Análise de variância para perda umidade após C2

Fatores	SQ	GL	QM	F	P
Espécie	0,543	1	0,543	1,586	0,209 <sup>ns</sup>
Secagem	17,393	1	17,393	50,751	0,000**
Sentido	3,473	1	3,473	10,134	0,002**
Temperatura	18,486	2	9,243	26,971	0,000**
Tempo	4,696	3	1,565	4,568	0,004**
Espécie * Secagem	0,968	1	0,968	2,823	0,094 <sup>ns</sup>
Espécie * Sentido	3,382	1	3,382	9,868	0,002**
Espécie * Temperatura	5,209	2	2,604	7,599	0,001**
Espécie * Tempo	1,349	3	0,450	1,312	0,270 <sup>ns</sup>
Secagem * Sentido	1,167	1	1,167	3,406	0,066 <sup>ns</sup>
Secagem * Temperatura	6,607	2	3,304	9,640	0,000**
Secagem * Tempo	0,427	3	0,142	0,415	0,742 <sup>ns</sup>
Sentido * Temperatura	0,314	2	0,157	0,458	0,633 <sup>ns</sup>
Sentido * Tempo	0,186	3	0,062	0,181	0,909 <sup>ns</sup>
Temperatura * Tempo	6,631	6	1,105	3,225	0,004**
Erro	153,190	447	0,343		
Total	224,020	479			

\*\* = valores significativos ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01); \* = valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05); ns = não significativo (P>0,05)

Semelhante à situação anterior, o ganho médio de umidade após o condicionamento 2 para as amostras de Jatobá (4,63%) foram menores em relação as amostras de Muiracatiara (4,70%), com uma diferença na ordem de 0,07%. Na interação entre espécie e sentido de corte o ganho a umidade média das amostras de Jatobá foram praticamente iguais (4,63% para as tangenciais e 4,64% para as radiais) e para as amostras de Muiracatiara (4,53% para as tangenciais e 4,75% para as radiais).

Quanto ao sentido de corte, o ganho de umidade média foi menor para tangencial (4,58%) em relação ao sentido radial (4,75%). Observou-se que apenas as amostras de Muiracatiara apresentaram diferença significativa entre os sentidos radiais e tangenciais (0,34% para Muiracatiara), para o jatobá essa diferença foi de apenas 0,01%.

As amostras submetidas à secagem convencional apresentaram os menores índices de adsorção, sendo diferentes significativamente das amostras secas ao ar. Os teores médios de umidade (4,48%) foram menores em relação às amostras secas ao ar (4,86%), com uma diferença entre processos de 0,38%.

Em relação à temperatura de tratamento, os ganhos médios de umidade das amostras submetidas a 60°C (4,89%) e a 75°C (4,71%) foram estatisticamente iguais entre si, e diferentes das amostras tratadas a 90°C (4,41%). Porém a umidade média, tanto das amostras secas ao ar quanto das secas em estufa, que receberam o tratamento a 90°C, não se diferiram estatisticamente entre si.

Repetindo o verificado na perda de umidade após o condicionamento 1, o tempo de tratamento também não apresentou uma tendência clara de seu efeito no ganho de umidade após o condicionamento 2 e não acusou nenhuma diferença significativa na análise estatística.

No geral os resultados demonstraram que as amostra radiais foram mais sensíveis ao efeito da umidade, apresentando os maiores índices de adsorção e dessorção quando comparadas com as amostras tangenciais. Tal fato pode estar relacionado com a estrutura anatômica da madeira, pois os raios são células parenquimáticas que se estendem transversalmente no lenho, em sentido perpendicular ao parênquima axial; e têm a função de armazenar e transportar horizontalmente as substâncias nutritivas (BURGER; RICHTER, 1991). Ou seja, também desempenham um papel fisiológico na planta, e dependendo da frequência de pontuações raios-vasculares influenciam diretamente na permeabilidade da madeira, facilitando ou dificultando a perda e ganho de umidade.

Como já discutido na análise da umidade de equilíbrio, a madeira de Jatobá possui menor potencial higroscópico do que a madeira de Muiracatiara, da mesma forma que as amostras secas em estufa quando comparadas com a madeira seca ao ar. Contudo, a amplitude das diferenças observadas não é importante no processamento industrial.

Repetindo o esquema de análise dos resultados, o ganho médio de umidade das testemunhas é comparado, na Tabela 11, ao ganho médio das amostras submetidas à temperatura de 90°C por 24 horas.

Tabela 11 – Comparação do ganho de umidade média entre as testemunhas e os tratamentos térmicos a 90 °C por 24 horas, após C2

	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	6,17 (0,74)	4,46 (0,63)	4,92 (0,86)	4,62 (0,78)
<b>Muiracatiara</b>	6,45 (0,50)	4,58 (0,34)	5,19 (0,30)	4,49 (0,33)
<b>Média</b>	6,31 (0,63)	4,52 (0,50)	5,05 (0,64)	4,55 (0,59)

T1(ar) = testemunha seca ao ar; T2(E) = testemunha seca em estufa; T(90/24ar) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas ao ar; T(90/24E) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas em estufa; desvio padrão entre parênteses

Para a madeira seca em estufa, a diferença do ganho médio de umidade entre a as testemunhas e as amostras tratadas a 90°C foi de 0,30% e 0,70%, para o Jatobá e a Muiracatiara, respectivamente. Em relação a madeira previamente seca ao ar, essas diferenças foram de 1,71% para a madeira de Jatobá e de 1,87% para a Muiracatiara.

Embora com menor magnitude, esses resultados são similares aos obtidos para a umidade de equilíbrio e para o ganho de umidade em C1.

### 4.3 Movimentação dimensional

#### 4.3.1 MD1 - após condicionamento 1

A retração média das amostras de Jatobá previamente secas ao ar, após C1, foi de 0,65% para as peças de sentido tangencial e de 0,39% para as de sentido radial (Figura 30 e Tabela 28 do Anexo C); e para a Muiracatiara foram, respectivamente, de 0,68% e 0,55% (Figura 31 e Tabela 29 do Anexo C).

Como era esperado, a retração média da madeira previamente seca em estufa foi menor, com o Jatobá retraindo 0,43% nas peças tangenciais e 0,26% nas radiais (Figura 30 e Tabela 28 do Anexo C), enquanto que para a Muiracatiara as retrações observadas foram de 0,52% e 0,37%, respectivamente (Figura 31 e Tabela 29 do Anexo C).

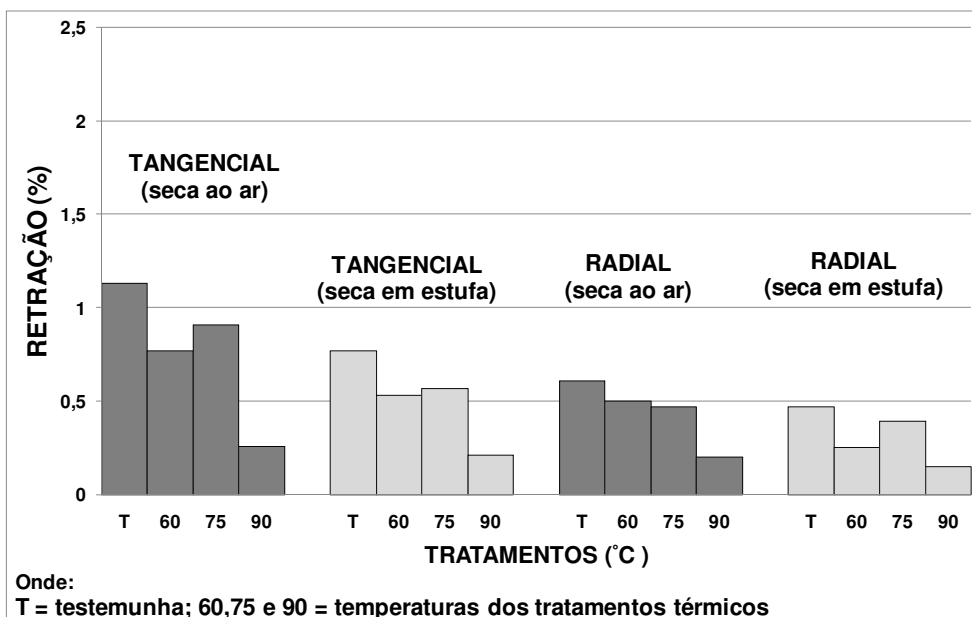


Figura 30 – Movimentação dimensional 1 (MD1) após C1, retração linear das amostras de Jatobá

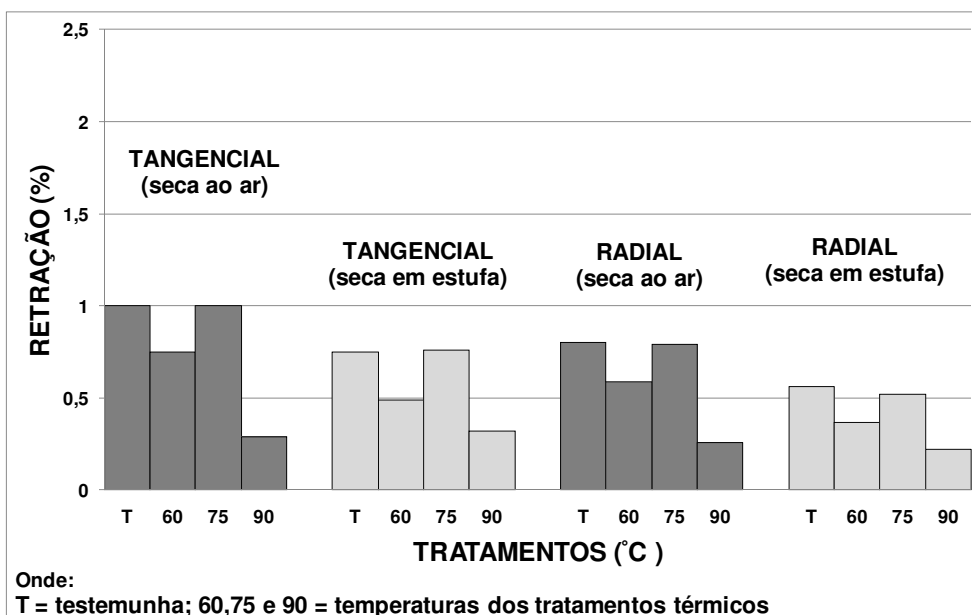


Figura 31 – Movimentação Dimensional 1 (MD1) após C1, retração linear das amostras de Muiracatiara

O menor índice de retração foi verificado nas amostras tratadas à 90°C, que para o Jatobá foi de 0,26% (tangencial) e 0,20% (radial) para as amostras de secas ao ar, e de 0,21% e 0,15% (sentidos tangencial e radial, respectivamente) para as amostras previamente secas em estufa. Para a Muiracatiara, nos sentidos tangencial e radial, foi

de 0,29% e 0,26% para as amostras de secas ao ar, e de 0,32% e 0,22% para a madeira seca em estufa (Tabelas 28 e 29 do Anexo C).

A análise da variância aplicada aos valores de MD1, tanto para as amostras tangenciais como as radiais, consta da Tabela 12. A comparação entre médias pode ser analisada no Anexo H.

Tabela 12 – Análise de variância da movimentação dimensional Tangencial e Radial após condicionamento 1 (MD1)

<b>CV (Tangencial)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Espécie	0,320	1	0,320	16,857	0,000**
Secagem	1,784	1	1,784	93,823	0,000**
Temperatura	11,570	2	5,785	304,311	0,000**
Tempo	0,072	3	0,024	1,271	0,285 <sup>ns</sup>
Espécie x Secagem	0,015	1	0,015	0,783	0,377 <sup>ns</sup>
Espécie x Temperatura	0,355	2	0,178	9,346	0,000**
Espécie x Tempo	0,037	3	0,012	0,649	0,585 <sup>ns</sup>
Secagem x Temperatura	0,768	2	0,384	20,191	0,000**
Secagem x Tempo	0,172	3	0,057	3,007	0,031*
Temperatura x Tempo	0,795	6	0,133	6,971	0,000**
Erro	4,087	215	0,019		
Total	96,488	240			
<b>CV (Radial)</b>	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Espécie	1,081	1	1,081	79,080	0,000**
Secagem	1,388	1	1,388	101,485	0,000**
Temperatura	4,732	2	2,366	173,016	0,000**
Tempo	0,000	3	0,000	0,008	0,999 <sup>ns</sup>
Espécie x Secagem	0,040	1	0,040	2,909	0,090 <sup>ns</sup>
Espécie x Temperatura	0,292	2	0,146	10,669	0,000**
Espécie x Tempo	0,030	3	0,010	0,721	0,541 <sup>ns</sup>
Secagem x Temperatura	0,405	2	0,202	14,802	0,000**
Secagem x Tempo	0,037	3	0,012	0,900	0,442 <sup>ns</sup>
Temperatura x Tempo	0,197	6	0,033	2,407	0,028*
Erro	2,940	215	0,014		
Total	11,142	239			

\*\* = valores significativos ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01); \* = valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05); ns = não significativo (P>0,05)

O índice de retração das amostras tangenciais de Jatobá (0,53%) foi similar ao das amostras de Muiracatiara (0,60%). No caso das amostras radiais, a madeira de Jatobá retraiu menos do que a de Muiracatiara (0,32% e 0,46%, respectivamente). Embora a diferença na retração radial entre espécies tenha sido estatisticamente significativa, os valores absolutos são próximos o suficiente para reforçar o fato das duas espécies serem agrupadas para uma mesma utilização comercial.

Para as amostras secas em estufa (0,48% e 0,32%, nos sentidos tangencial e radial, respectivamente) o índice de retração foi menor que as amostras secas ao ar (0,65% e 0,47%, nos sentidos tangencial e radial, respectivamente). Considerando que a movimentação dimensional é uma resposta às variações no teor de umidade da madeira, esses resultados corroboram os resultados anteriores, reforçando que a madeira seca em estufa apresenta menor higroscopicidade em comparação à madeira seca ao ar, tanto em termos da umidade de equilíbrio como do potencial higroscópico, demonstrando que a aplicação do tratamento adicional promoveu um ganho maior na estabilidade além do já proporcionado pela secagem convencional.

Tabela 13 – Comparação da movimentação dimensional 1 entre as testemunhas e os tratamentos térmicos a 90 °C por 24 horas, após C1

TANGENCIAL	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	1,13 (0,14)	0,25 (0,08)	0,77 (0,21)	0,21 (0,04)
<b>Muiracatiara</b>	1,00 (0,16)	0,31 (0,12)	0,75 (0,08)	0,33 (0,07)
<b>Média</b>	1,07 (0,16)	0,27 (0,10)	0,76 (0,15)	0,27 (0,08)
RADIAL	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	0,61 (0,17)	0,24 (0,09)	0,47 (0,14)	0,13 (0,06)
<b>Muiracatiara</b>	0,80 (0,06)	0,29 (0,05)	0,56 (0,05)	0,16 (0,08)
<b>Média</b>	0,7 (0,16)	0,26 (0,08)	0,51 (0,12)	0,13 (0,06)

T1(ar) = testemunha seca ao ar; T2(E) = testemunha seca em estufa; T(90/24ar) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas ao ar; T(90/24E) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas em estufa; desvio padrão entre parênteses

Em relação a temperatura de tratamento, a retração média das amostras, respectivamente para os sentidos tangencial e radial, submetidas a 60 °C (0,63% e 0,43%), a 75 °C (0,80% e 0,54%) e de 90 °C (0,27% e 0,20%) foram diferentes entre si ao nível de 1,0% de probabilidades (teste Tukey). Porém, a retração média, tanto das amostras secas ao ar quanto das secas em estufa, que receberam o tratamento a 90 °C, não diferiram estatisticamente entre si (Anexo H). A diferença na retração média

decorrente do tratamento a 90°C, em comparação aos outros dois tratamentos térmicos, foi mais acentuada na madeira seca ao ar (de até 0,65%) do que na madeira seca em estufa (de até 0,41%).

Repetindo o observado nas situações anteriores, o tempo de tratamento térmico não afetou os resultados de MD1 (retração).

Comparando-se os valores de retração das amostras submetidas ao tratamento térmico de 90°C por 24 horas com as testemunhas (Tabela 13), tanto para madeira seca ao ar com em estufa convencional, observa-se uma redução na movimentação dimensional da madeira que foi submetida à temperatura de 90°C, mais acentuada para a madeira previamente seca ao ar.

#### **4.3.2 MD2 - após condicionamento 2**

O inchamento médio das amostras de Jatobá secas ao ar foi de 1,60% nas peças de sentido tangencial e de 1,00% nas de sentido radial; e para a Muiracatiara, na mesma ordem, foi de 1,40% e 1,14% (Figuras 32 e 33 e Tabelas 30 e 31 do Anexo C).

Para as amostras que foram submetidas à secagem convencional, a MD2 foi cerca 0,15% menor, com valores médios de inchamento para o Jatobá de 1,43% nas peças de sentido tangencial e 0,78% para as de sentido radial; e para a Muiracatiara foram, respectivamente, de 1,39% e 0,94%.

O menor índice de inchamento também ocorreu nas amostras tratadas à 90°C. Para o Jatobá a média de inchamento foi de 1,45% nas amostras de sentido tangencial e 0,76% no radial. Para a Muiracatiara foi de 1,30% e 0,90% nas amostras tangencias e radiais, respectivamente.



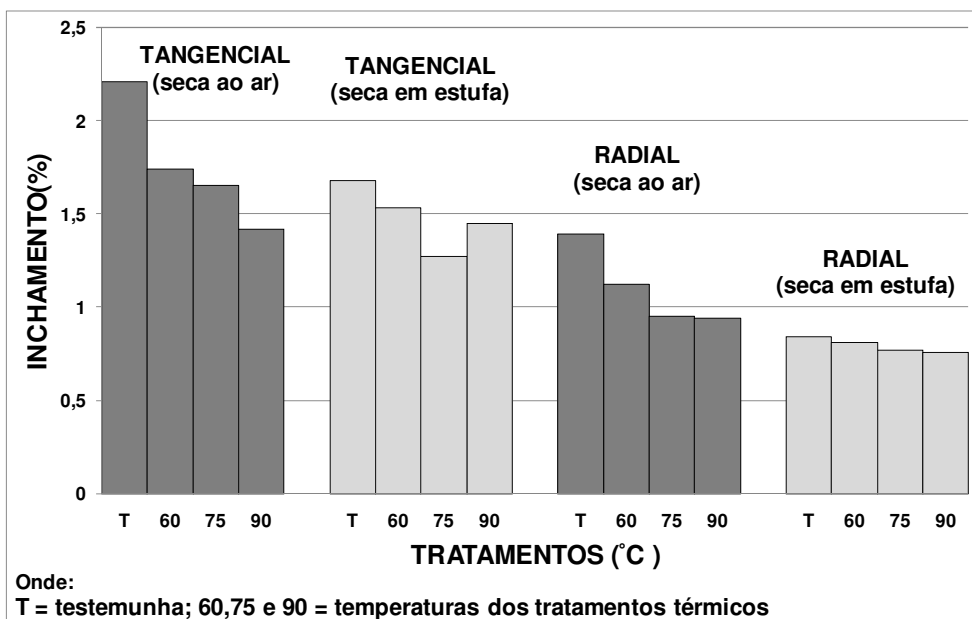


Figura 32 – Movimentação dimensional 2 (MD2) após C2, inchamento linear das amostras de Jatobá

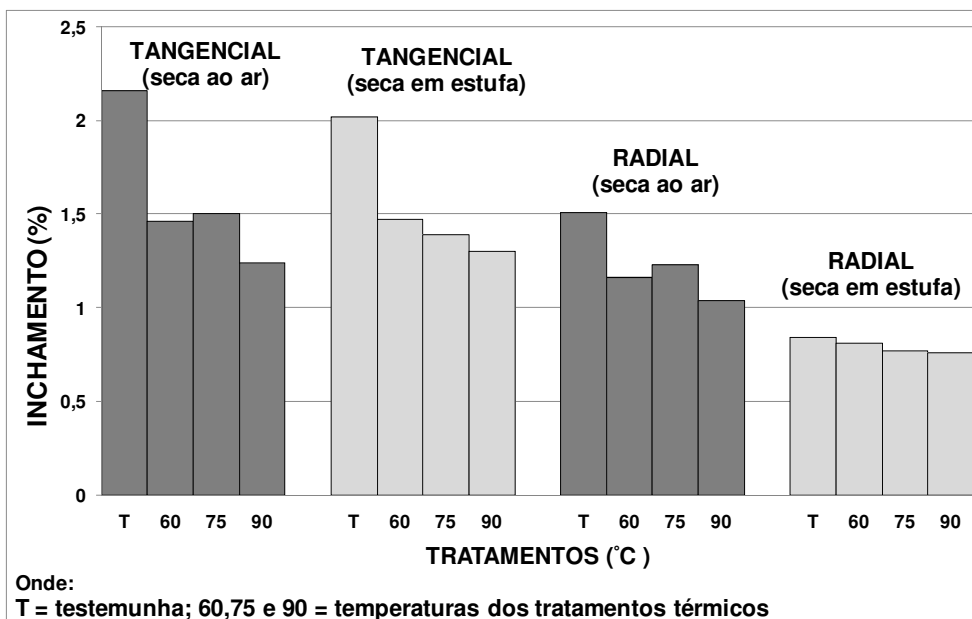


Figura 33 – Movimentação dimensional 2 (MD2) após C2, inchamento linear das amostras de Muiracatiara

A Tabela 14 apresenta a análise de variância aplicada aos resultados de MD2, e as comparações entre médias, para as interações estatisticamente significativas, estão no Anexo H.

Tabela 14 – Análise de variância da movimentação dimensional Tangencial e Radial após condicionamento 2 (MD2)

CV (Tangencial)	SQ	GL	QM	F	P
Espécie	0,610	1	0,610	6,867	0,009**
Secagem	0,430	1	0,430	4,841	0,029*
Temperatura	1,483	2	0,742	8,347	0,000**
Tempo	0,364	3	0,121	1,364	0,255 <sup>ns</sup>
Espécie x Secagem	0,301	1	0,301	3,389	0,067 <sup>ns</sup>
Espécie x Temperatura	0,500	2	0,250	2,813	0,062 <sup>ns</sup>
Espécie x Tempo	0,098	3	0,033	0,369	0,775 <sup>ns</sup>
Secagem x Temperatura	0,644	2	0,322	3,624	0,028*
Secagem x Tempo	0,075	3	0,025	0,280	0,840 <sup>ns</sup>
Temperatura x Tempo	0,874	6	0,146	1,639	0,138 <sup>ns</sup>
Erro	19,100	215	0,089		
Total	524,680	240			
CV (Radial)	SQ	GL	QM	F	P
Espécie	1,329	1	1,329	33,582	0,000**
Secagem	2,752	1	2,752	69,535	0,000**
Temperatura	0,501	2	0,250	6,328	0,002**
Tempo	0,043	3	0,014	0,364	0,779 <sup>ns</sup>
Espécie x Secagem	0,005	1	0,005	0,137	0,712 <sup>ns</sup>
Espécie x Temperatura	0,135	2	0,067	1,701	0,185 <sup>ns</sup>
Espécie x Tempo	0,032	3	0,011	0,266	0,850 <sup>ns</sup>
Secagem x Temperatura	0,087	2	0,044	1,105	0,333 <sup>ns</sup>
Secagem x Tempo	0,068	3	0,023	0,570	0,636 <sup>ns</sup>
Temperatura x Tempo	0,072	6	0,012	0,304	0,935 <sup>ns</sup>
Erro	8,509	215	0,040		
Total	237,298	240			

\*\* = valores significativos ao nível de 1% de probabilidade (P<0,01); \* = valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05); ns = não significativo (P>0,05)

Observa-se que para o inchamento no sentido radial somente os fatores individuais (espécie, secagem e temperatura) foram estatisticamente diferentes. Provavelmente as amostras radiais, por apresentarem maior estabilidade dimensional em relação ao sentido tangencial, apresentaram movimentação mais homogênea e de menor magnitude.

O inchamento observado após o condicionamento 2, para as amostras de Jatobá nas peças de sentido radial (0,89%) foram menores em relação a Muiracatiara (1,04%); porém nas peças de sentido tangencial ocorreu o inverso, as amostra de Muiracatiara (1,39%) apresentaram os valores de inchamento menores que as de Jatobá (1,49%) (Anexo C).

Para as amostras submetidas à secagem convencional, o inchamento médio nos sentidos tangencial (1,40%) e radial (0,86%) foi menor quando comparado, nos

mesmos sentidos estruturais, com o inchamento médio das amostras secas ao ar (1,49% e 1,07%).

Tanto para as amostras tangenciais como para as radiais observou-se uma relação inversa do inchamento com a temperatura do tratamento térmico. Para as amostras radiais os inchamentos médios foram de 1,54%, 0,97% e 0,91%, para as temperaturas de 60°C, 75°C e 90°C, respectivamente; e para as tangenciais, na mesma ordem de apresentação, os respectivos inchamentos médios foram de 1,54%, 1,43% e 1,35%.

Edvardsen e Sandland (1999), avaliando a influencia da temperatura na variação dimensional da espécie *Picea abies*, submetem a madeira a um tratamento térmico utilizando as temperaturas de 50°C e de 110°C, aplicadas por 96 horas, em seguida condicionando-as em um ambiente controlado alternando o ciclo de umidade relativa alta e baixa. Constataram que as madeiras submetidas às temperaturas mais elevadas, nos primeiros ciclos de dessorção e adsorção, não apresentaram diferença na variação dimensional quando comparada com a madeira submetida a 50°C; porém ao longo dos condicionamentos as amostras tratadas a 110°C apresentaram-se mais estáveis. Esses resultados são particularmente interessantes uma vez que a temperatura adotada no experimento citado é próxima à utilizada no presente estudo.

Quanto aos tempos de duração dos tratamentos, os valores médios de inchamento não apresentaram uma tendência clara de seu efeito na redução de MD2 (inchamento); repetindo comportamento já observado para a variação de umidade e para a retração (MD1).

Costa et al. (2010) também relatam que ao realizar tratamentos térmicos em madeira das espécies *Simarouba amara* (Marupá), *Sextonia rubra* (Louro-vermelho) e *Cariniana micrantha* (Jequitibá-rosa) e condicioná-las em ambientes de adsorção e dessorção de umidade, o fator tempo não teve influência significativa tanto na retração quanto no inchamento das amostras.

A Tabela 15 apresenta a comparação dos valores médios de inchamento das testemunhas com o tratamento térmico a 90°C por 24 horas. Observa-se que o inchamento foi menor na madeira submetida ao tratamento térmico, mas que a

diferença em relação às testemunhas não é tão acentuada quanto ao que foi verificado na retração.

Tabela 15 – Comparação da movimentação dimensional 2 entre as testemunhas e os tratamentos térmicos a 90 °C por 24 horas, após C2

TANGENCIAL	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	2,21 (0,40)	1,49 (0,28)	1,68 (0,47)	1,47 (0,49)
<b>Muiracatiara</b>	2,16 (0,43)	1,22 (0,23)	2,02 (0,71)	1,34 (0,32)
<b>Média</b>	2,18 (0,39)	1,37 (0,28)	1,85 (0,59)	1,41 (0,32)
RADIAL	TRATAMENTOS			
	T1(ar)	T(90/24ar)	T2(E)	T(90/24E)
<b>Jatobá</b>	1,39 (0,29)	1,00 (0,27)	0,84 (0,33)	0,77 (0,25)
<b>Muiracatiara</b>	1,51 (0,18)	1,04 (0,09)	1,01 (0,10)	0,91 (0,10)
<b>Média</b>	1,44 (0,25)	1,02 (0,20)	0,92 (0,26)	0,82 (0,19)

T1(ar) = testemunha seca ao ar; T2(E) = testemunha seca em estufa; T(90/24ar) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas ao ar; T(90/24E) = tratamento de 90 °C por 24 horas das amostras secas em estufa; desvio padrão entre parênteses

Analisando-se o conjunto de resultados conclui-se que o tratamento térmico à 90°C foi o mais efetivo para reduzir tanto a higroscopicidade com a movimentação dimensional da madeira. Considerando-se que o tempo de tratamento térmico não influenciou os resultados, é importante avaliar a aplicação desse tratamento em condições industriais; onde o tratamento térmico poderia ser executado como complemento da secagem convencional.



## 5 CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a madeira seca em estufa tende a ser menos higroscópica e mais estável do que a madeira seca ao ar;
- a madeira de Jatobá mostrou-se menos higroscópica do que a madeira de Muiracatiara, mas as diferenças observadas na umidade de equilíbrio são inferiores à amplitude de variação, no teor de umidade, aceita como padrão de qualidade para a madeira seca;
- a aplicação dos tratamentos térmicos adicionais reduziram a higroscopicidade da madeira em termos do seu potencial higroscópico e a correspondente movimentação dimensional;
- nas amostras secas em estufa os tratamentos térmicos promoveram um ganho adicional na estabilidade dimensional, além do já proporcionado pela secagem convencional;
- o tratamento térmico à temperatura de 90°C foi o mais efetivo, reduzindo a higroscopicidade da madeira, tanto em termos da umidade de equilíbrio como do potencial higroscópico, como também reduzindo os valores de retração e inchamento;
- a madeira previamente seca ao ar e submetida à temperatura de 90°C apresentou potencial higroscópico e amplitude de movimentação dimensional similar ao apresentado pela madeira seca em estufa;
- o fator tempo de tratamento não influenciou os índices de sorção de umidade e movimentação dimensional.

Adicionalmente, a experiência obtida na execução da presente pesquisa permite recomendar que:

- sejam estudadas com maior profundidade as possíveis alterações na composição química e na estrutura anatômica da madeira decorrentes da

aplicação dos tratamentos térmicos, visando um melhor entendimento dos vários aspectos envolvidos e orientar a aplicação desse conhecimento na industrialização da madeira;

- aplicar o tratamento térmico a 90°C por 24 horas na prática operacional, como um complemento do programa de secagem, buscando quantificar o ganho nos padrões de qualidade da madeira seca em escala industrial.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.; TAKESHITA, S.; JANKOWSKY, I. P.; VIEIRA NETO, R.P. Análise de Qualidade em Pisos de Madeira. In: EBRAMEM ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010. Lavras. **Anais...** Lavras: Ebramem, 2010. 1 CD-ROM

ANDRADE, A. de. **Indicação de Programas para a Secagem Convencional de Madeiras**. 2000. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeira) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo Setorial 2008**. Curitiba: ABIMCI, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15799**: Pisos de madeira com e sem acabamento - Padronização e Classificação. Rio de Janeiro, 2010. 6p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA – ANPM. Dados estatísticos do setor de pisos de madeira no Brasil. Piracicaba, 2010. (Dados não publicados).

AZEVEDO, A.; QUIRINO, W.F. **Tratamento térmico do eucalipto**. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=937&subject=Eucalipto&title=Aumento%20da%20estabilidade%20na%20madeira%20de%20eucalipto%20atrav%C3%A9s%20de%20tratamento%20t%C3%A9rmico](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=937&subject=Eucalipto&title=Aumento%20da%20estabilidade%20na%20madeira%20de%20eucalipto%20atrav%C3%A9s%20de%20tratamento%20t%C3%A9rmico) . Acesso em: 10 ago 2006.

BATISTA, D.C.; KLITZKE, R.J. Effect of time and thermal correction temperature on moisture equilibrium of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 255-261, Jun 2010.

BEALL, F.C.; EICKNER, H.W. **Thermal degradation of Wood components** – A review of the literature. Madison: Forest Products Laboratory, 1970. 130 p.

BOONE, R.S.; KOZLIK, C.J.; BOIS, P.J.; WENGERT, E.M. **Dry kiln schedules for commercial Woods – Temperate and tropical**. Forest Service. Forest Products Laboratory. USD. Madison, 1988. 158 p.

BONNEMANN, A.; MOURA, L.F.B. de. **Manual do Técnico Florestal**. Apostilas do colégio florestal de Irati. v. 4. Irati – Paraná – 1986.

BORGES, M.L.; QUIRINO, W.F. Higroscopicidade da Madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa e Energia**, Viçosa, v.1, n.2, p. 71-73, 2004.



BRANDÃO, A.T.O. **Determinação de Metodologia para Indicação de Programas de Secagem de Madeiras**. 1989. 100 p. (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

BRITO, J.O.; GARCIA, J.N.; BORTOLETTO, G. J.; PESSOA, A.M.C.; SILVA P.H.M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termoretificação. **Cerne**, Lavras, v.12, n.2, p.182-188, 2006.

BROWN, H.P.; PANSHIN, A.J.; FORSAITH, C.C. **Textbook of wood technology**. Vol 2: The physical, mechanical, and chemical properties of the commercial woods of the United States. New York: McGraw-Hill, 1952. 783p.

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

COSTA, F.C.; GOUVEIA, F.N.; CORRÊA, A.A. Efeito de tratamentos térmicos sobre a variação da massa e dimensional de madeiras da Amazônia. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 12., 2010. Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. 1 CD-ROM.

DEL MENEZZI, C.H.S. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partícula orientadas (OSB)**. 2004. 225p. Tese (Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DENIG, J.; WENGERT, E.M.; SIMPSON, W.T. **Drying Hardwood Lumber**. United States Department of Agriculture, Forest Service; Forest Products Laboratory, 2000. (General Technical Report.) 17p.

DESCH, H.E.; DINWOODIE, J.M. **Timber – Structure, Properties, Conversion and Use**. 7<sup>th</sup> ed. Food Products Press. New York; London: the Hawarth Press, 1996. 235p.

DUCATTI, M. A.; JANKOWSKY, I.P.; ANDRADE, A. Condições Operacionais da Secagem Convencional em Indústrias Madeireiras no Município de Tietê/SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 59, p. 101-114, 2001.

ESTEVES, B.M.; DOMINGOS, I.J.; PEREIRA, H.M. Pine wood modification by heat treatment in air, **BioResources**. Carolina do Norte, v. 3, n. 1, p. 142-154, 2008.

ESTEVES, B.M.; PEREIRA, H.M. Wood modification by heat treatment: a review. **Bioresources**, Carolina do Norte, n. 4, p. 370-404, 2009.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood, chemistry, ultrastructure, reactions**. New York: Waster & Grugter, 1984. 613p.

FIGUEIROA, M.J.M.; MORAES, P.D. de. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 157-174, 2009.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem Racional da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1985.

GATTO, D.A.; CALEGARI, L.; SANTINI, E.J.; SATRINGERLIN, D.M.; TREVISAN, R.; OLIVEIRA, L.S. Propriedades da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. submetida a diferentes temperaturas de secagem. **Cerne**. Lavras, v. 14, n. 3, p. 220-226, 2008.

GOUVEIA, F.N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. 130p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

GOMES, D.F.F.; SILVA, J.R.M.; BIANCHI, M.L.; TRUGILHO, P.F. Avaliação da estabilidade dimensional da madeira acetilada de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 70, p. 125-130, 2006.

GOMIDE, J.L. **Secagem de Madeira**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1973. 76p.

HART, C.A. **The drying of wood**. Raleigh: North Caroline Agricultural Extension Service, 1965. 24p. (Extension Circular, 471).

HILDEBRAND, R. **Kiln drying of sawn timber**. Berlin: Maschinenbau GmbH, 1970. 198p.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF. **Identificação de espécies florestais**. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/hymenaea.courbaril.asp>. Acesso em: 10 mar 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Informações sobre madeira**. Disponível em: [http://www.ipt.br/consultas\\_online/informacoes\\_sobre\\_madeira/busca](http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca). Acesso em: 24 fev 2011.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON). **Levantamento de iniciativas de Manejo Florestal Comunitário e Familiar na Amazônia Legal**. Belém, 2010. 79 p.(relatório técnico)

JANKOWSKY, I.P. **Influência da densidade básica e do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira**. 1979. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1979.

JANKOWSKY, I.P. Variação Sazonal da umidade de equilíbrio para madeira de *Pinus*. **IPEF**, Piracicaba, n. 31, p. 41-46, dez.1985.

JANKOWSKY, I.P. **Fundamentos de secagem de madeiras**. Documentos Florestais. Piracicaba, 1990. 11p. (nota de aula)

JANKOWSKY, I.P. Melhorando a eficiência dos secadores para madeira serrada. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRA TROPICAL, 4., Belém, 1999. **Anais...** Belém, 1999. 70p.

JANKOWSKY, I.P. **Metodologia para indicação de programas de secagem**. 2009. 129 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

JANKOWSKY, I.P.; CHIMELO, J.P.; CAVANCANTE, A. de A.; GALINA, I.C.M.; NAGAMURA, J.C.S. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172p.

JANKOWSKY, I.P.; LUIZ, M.G. Review of wood drying research in Brazil: 1984-2004. **Drying Technology**, New York, n. 24, p. 447-445, 2006.

KLIGER, R.; BENGTSSON, C.; JOHANSSON, M. Comparison between HT-dried and LT-dried spruce timber in terms of shape and dimensional stability. **Holzforschung**, Berlin, v. 59, n. 6, p. 647-653, 2005.

KLITZKE, R.J. Secagem da madeira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro, 2007. p. 159-208.

KLITZKE, R.J.; SAVIOLI, D.L.; BOLZÓN DE MUÑIZ, G.I.; BATISTA, D.C. Caracterização dos lenhos de cerne, alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 279-284, dez. 2008.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B. de; HERNANDEZ, J.A.; ANDRADE, S.A.S. de. **Química da Madeira**. 3.ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 2005. 86p.

KOL, H. S. Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing. **Journal of Environmental Biology**, Lucknow, v. 31, n. 6, p. 1007-1011, Nov.2010.

KOLIN, B.; JANEZIC, T.S. The effect of temperature, density and chemical composition upon the limit of hygroscopicity of wood. **Holzforschung**, Berlin, v. 50, n. 3, p. 263-268, 1996.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, v. 1, 1968. 592p.

KUBOJIMA, Y.; SUZUKI, Y.; TONOSAKI, M.; ISHIKAWA, A. Moisture content of Green Wood in high temperature water vapor. **Holzforschung**, Berlin, v. 57, p. 634-638, 2003.

LABORATÓRIOS DE PRODUTOS FLORESTAIS – LPF. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em:  
<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/introducao.htm>. Acesso em: 31mai 2011.

LENTH, C.; SARGENT, R. Wood material behavior during drying: Moisture-dependent tensile stiffness and strength of radiata pine at 70-150 degrees C. **Drying Technology**, New York, v. 26, n. 9, p. 1112-1117, 2008.

MA, E.; ZHAO, G.; CAO, J. Hygroexpansion of Wood drying moisture adsorption and desorption processes. **Forestry Studies in China**. Beijing, v. 7, n. 2, p. 43-46, 2005.

MARQUES, M.H.B. **Agrupamento de 41 espécies de madeiras da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas**. 2008. 141p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARQUES, M.H.B.; MARTINS, V.A. **Secagem da Madeira**. Curso para capacitação de agentes multiplicadores em valorização da madeira e resíduos vegetais. Brasília: LPF, 2002. 58p.

MARTINS, V.A., ALVES, M. V. S., SILVA, J. F., REBELLO, E. R. G., PINHO, G. S. C. Umidade de equilíbrio e risco de apodrecimento da madeira em condições de serviço no Brasil. **BRASIL FLORESTAL**, Brasília, n. 76, p. 29-34, Abr. 2003.

MEDEIROS, A.C.S. **Preparo e uso de soluções salinas saturadas para a caracterização fisiológica de sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 6p. (Circular Técnica, 125)

MENDES, A.S; MARTINS, V.A.; MARQUES, M.H.B. **Programas de secagem para madeiras brasileiras**. IBAMA. Brasília, 1998. 114p.

MICHAELIS. **Moderno Dicionário da Língua Portuguesa**. Disponível em:  
<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=difus%E3o>. Acesso em: 01.jun.2011.

MORESCHI, J.C. **Propriedades da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. Disponível em :  
<<http://www.madeira.ufpr.br/tecnologiadamadeira.pdf>> Acesso em: 22 maio 2007.

NOGI, M.; YAMAMOTO, H.; OKUYAMA, T. Relaxation mechanism of residual stress inside logs by heat treatment: choosing the heating time and temperature. **Journal of Wood Science**, Tóquio, v. 49, n. 1, p. 22-28. 2003.

OLIVEIRA, L.C.S. **Perguntas e respostas em secagem de madeiras**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981. 36 p.

OLIVEIRA, A.M.F. LELIS, A.T.; LEPAGE, E.S.; LOPEZ, G.A.C.; OLIVEIRA, C.S.; CAÑEDO, M.D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In:\_\_\_\_\_. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo : IPT, 1989. p. 99-56.

OLTEAN, L.; TEISCHINGER, A.; HANSMANN, C. Influence of temperature on cracking and mechanical properties of wood during wood drying – a review. **BioResources**, Carolina do Norte, n. 2, p. 789-811, 2007.

PEREZ, P.L.; BACHA, C.J.C. Os canais de distribuição. **Revista Analysis**. Rio de Janeiro, v. 26, n. 8, p. 24-25, 2006.

PONCE, R.H.; WATAI, L.T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília: STI/IPT, 1985. 70 p.

ROSEN, H.N. Stress development during wood drying: an overview. In: International Conference on Stress Development and Degrade During Wood Drying, 1987, Skelleftea. **Proceeding...**, Skelleftea: The Swedish Institute for Wood Technology Research, 1987. p. 1-7.

ROUSSET, P.; DAVRIEUX, F.; MACEDO, L.; PERRÉ, P. Characterizations of the torrefaction of beech wood using NIRS: Combined effects of temperature and duration. **Biomass & Bioenergy**, Oxford, v. 35, n. 3, p. 1219-1226, Mar.2011.

ROWELL, R.M.; BANKS, W.B. **Water repellency and dimensional stability of wood**. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1985. 24 p. (General Technical Report FPL-50.)

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. **Floresta do Brasil em Resumo – Dados de 2005-2010**. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília: SFB, 2010. 152 p.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB; INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA - IMAZON. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém, SFB/Imazon: 2010. 26 p.

SHEBANI, A.N.; REENEN, A.J.; MEINCKEN, M. The effect of wood extractives on the thermal stability of different wood species. **Thermochimica Acta**. Amsterda, v. 471, n. 1/2, p. 43-50, 2008.

SIAU, J.F. **Transport processes in wood**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 245 p.

SILVA, D. A. da; TRUGILHO, P. F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alburno utilizando-se a metodologia de análise de imagem submetida a diferentes temperaturas. **CERNE** (UFL), Lavras-MG, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003.

SIMPSON, W.T.; VERRILL, W.P. Estimating Kiln Schedules for Tropical and Temperate Hardwoods using specific gravity. **Forest Products Journal**, Madson, v. 47, n. 7/8, p. 64-68, 1997.

SHRESTHAD, D.; CRAMER, S.; WHITE, R. Time-temperatures profile across a lumber section exposed to pyrolytic temperatures. **Journal of Fire and Materials**. Malden, v. 18, p. 211-220, 1994.

SIK, H.S.; CHOO, K.T.; ZAKARIA, S.; S.AHMAD; HOW, S.; CHIA, C.; YUSOFF, M. Dimensional Stability of High Temperature-Dried Rubberwood Solid Lumber at Two Equilibrium Moisture Content Conditions. **Drying Technology**, New York, v. 28, n. 9, p. 1083-1090, 2010.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 233-239, 2003.

SKAAR, C. **Capillary water movement in wood**. Forest Products Research Society, Madison, 1964. 4 p. (FPRS News Digest, B1.2)

SKAAR, C. **Wood-Water Relations**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 263 p.

SMERALDI, R.; VERÍSSIMO, A. **Acertando o Alvo**: consumo de madeira no mercado interno brasileiro e promoção da certificação florestal. São Paulo: Amigos da Terra, Imaflora e Imazon, 1999. 71 p.

SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; AZEVEDO, T.; SMERALDI, R. **Acertando o Alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo**. Belém: Imazon, 2002. 72 p.

STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: Ronald Press, 1964. 549 p.

SUDAM. **Grupamento de espécies tropicais da Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização**. Belém, 1981. 237 p.

SUN, N.; FRAZIER, C.E. Time/temperature equivalence in the dry wood creep response. **Holzforschung**, Berlin, v. 61, p. 702-706, 2007.

WINANDY, J.E. **Wood Properties**. In: Encyclopedia of Agricultural Science. Orlando, Florida: Academic Press, v. 4, Out.1994. p. 549-561.

WINSTON, P.W.; BATES, D.H. Saturated solutions for the control of humidity in biological-research. **Ecology**, Tempe, v. 41, n. 1, p. 232-237, 1960.

VIVIAN, M.A.; MODES, K.S.; BELTRAME, R.; SOUZA, J.T.; STANGERLIN, D.M.; MORAIS, W.W.C.; SANTINI, E.J. Influência do tratamento térmico nos defeitos de secagem na madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 2, n. 1, p. 15-28, mai.2011.

ZENID, G.J. **Identificação e grupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**. 1997. 188 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1997.

ZENID, G.J. Madeiras e suas características: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro, 2007. 420 p.

## **ANEXOS**





## Anexo A: Valores da umidade média das amostras de Jatobá e Muiracatiara

Tabela 16 – Umidade inicial média das amostras de Jatobá (com respectivo desvio padrão entre parênteses), agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	10,94 (0,61)	11,13 (0,63)	11,04 (0,60)	8,23 (0,59)	7,85 (0,52)	8,04 (0,57)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	11,16 (0,73)	11,33 (0,68)	8,32 (0,64)	7,98 (0,51)	
	<b>48h</b>	10,96 (0,67)	11,29 (0,72)	11,21 (0,69)	8,20 (0,53)	8,17 (0,51)
	<b>72h</b>	11,19 (0,73)	11,41 (0,85)	8,59 (0,42)	8,06 (0,45)	
	<b>96h</b>	10,96 (0,70)	11,36 (0,78)	8,21 (0,52)	8,09 (0,51)	
	<b>Média</b>	11,07 (0,66)	11,35 (0,70)	8,33 (0,52)	8,03 (0,47)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	12,06 (1,37)	12,24 (1,13)	8,58 (0,58)	8,72 (0,55)	
	<b>48h</b>	12,48 (1,44)	12,16 (1,16)	12,17 (1,18)	8,50 (0,47)	8,49 (0,55)
	<b>72h</b>	11,93 (1,38)	12,15 (1,17)	8,68 (0,59)	8,36 (0,60)	
	<b>96h</b>	12,09 (1,42)	12,26 (1,20)	8,22 (0,65)	8,40 (0,59)	
	<b>Média</b>	12,14 (1,31)	12,20 (1,07)	8,50 (0,56)	8,48 (0,55)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	10,74 (0,64)	10,44 (0,51)	8,35 (0,53)	8,23 (0,52)	
	<b>48h</b>	10,92 (0,64)	11,68 (2,06)	11,01 (0,90)	8,25 (0,72)	8,42 (0,54)
	<b>72h</b>	11,19 (0,47)	11,12 (0,67)	8,36 (0,63)	8,64 (0,53)	
	<b>96h</b>	10,91 (0,61)	11,11 (0,65)	8,79 (0,59)	8,43 (0,50)	
	<b>Média</b>	10,94 (0,57)	11,09 (1,15)	8,44 (0,61)	8,40 (0,49)	
<b>Média Geral</b>	11,46 (1,07)			8,36 (0,55)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 17 – Umidade inicial média das amostras de Muiracatiara (com respectivo desvio padrão entre parênteses), agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	11,36 (0,22)	11,33 (0,69)	11,35 (0,48)	8,19 (0,65)	9,03 (0,51)	8,61 (0,65)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	11,76 (0,19)	11,71 (0,31)	9,00 (0,40)	9,83 (0,41)	
	<b>48h</b>	11,74 (0,54)	12,29 (0,38)	11,78 (0,42)	9,14 (0,61)	9,16 (0,60)
	<b>72h</b>	11,88 (0,47)	11,55 (0,29)	8,68 (0,83)	9,16 (0,53)	
	<b>96h</b>	11,94 (0,18)	11,35 (0,35)	8,84 (0,64)	9,22 (0,41)	
	<b>Média</b>	11,83 (0,36)	11,72 (0,47)	8,92 (0,61)	9,40 (0,50)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	12,66 (0,38)	13,71 (0,72)	8,91 (0,53)	10,12 (0,49)	
	<b>48h</b>	13,56 (0,52)	13,72 (0,58)	13,46 (0,63)	9,00 (0,61)	9,54 (0,72)
	<b>72h</b>	13,11 (0,53)	14,10 (0,37)	9,31 (0,43)	9,83 (0,63)	
	<b>96h</b>	13,28 (0,37)	13,57 (0,54)	9,00 (0,59)	10,11 (0,48)	
	<b>Média</b>	13,15 (0,54)	13,78 (0,56)	9,05 (0,53)	10,03 (0,53)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	10,64 (0,27)	10,78 (0,31)	9,07 (0,52)	9,66 (0,23)	
	<b>48h</b>	11,49 (0,22)	10,99 (0,13)	12,15 (0,82)	9,01 (0,47)	9,39 (0,57)
	<b>72h</b>	11,88 (1,62)	11,59 (0,16)	8,92 (0,71)	9,91 (0,24)	
	<b>96h</b>	10,87 (1,33)	11,37 (0,32)	9,33 (0,77)	9,82 (0,31)	
	<b>Média</b>	11,22 (1,10)	11,18 (0,40)	9,08 (0,60)	9,69 (0,34)	
<b>Média Geral</b>	12,15 (1,16)			9,36 (0,65)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 18 – Umidade média das amostras de Jatobá (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após tratamentos térmicos, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	11,42 (0,40)	11,84 (0,51)	11,63 (0,49)	10,05 (1,13)	9,86 (0,52)	9,95 (0,84)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	10,27 (0,45)	10,69 (0,61)	9,08 (0,58)	8,57 (0,48)	9,03 (0,55)
	<b>48h</b>	10,15 (0,58)	10,77 (0,60)	9,16 (0,73)	8,81 (0,48)	
	<b>72h</b>	10,04 (0,38)	10,41 (0,70)	9,50 (0,56)	9,03 (0,35)	
	<b>96h</b>	9,83 (0,62)	10,44 (0,71)	9,00 (0,63)	9,10 (0,33)	
	<b>Média</b>	10,07 (0,50)	10,58 (0,62)	9,18 (0,61)	8,87 (0,44)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	10,08 (0,64)	10,53 (0,86)	9,48 (0,73)	9,72 (0,41)	9,74 (0,73)
	<b>48h</b>	10,36 (0,42)	10,39 (0,84)	9,31 (0,70)	9,51 (0,48)	
	<b>72h</b>	9,74 (0,65)	10,23 (0,64)	9,71 (0,72)	10,00 (0,99)	
	<b>96h</b>	10,63 (0,59)	10,78 (0,68)	9,79 (0,88)	10,41 (0,70)	
	<b>Média</b>	10,20 (0,63)	10,48 (0,73)	9,57 (0,73)	9,91 (0,72)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	6,95 (0,55)	7,52 (0,55)	6,60 (0,47)	7,01 (0,35)	6,85 (0,52)
	<b>48h</b>	7,81 (0,38)	7,92 (0,64)	6,78 (0,75)	7,44 (0,24)	
	<b>72h</b>	7,10 (0,28)	7,21 (0,58)	6,37 (0,56)	6,90 (0,25)	
	<b>96h</b>	6,78 (0,45)	7,36 (0,50)	6,88 (0,62)	6,86 (0,31)	
	<b>Média</b>	7,16 (0,56)	7,50 (0,59)	6,66 (0,59)	7,05 (0,36)	
<b>Média Geral</b>	9,33 (1,55)			8,54 (1,38)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 19 – Umidade média das amostras de Muiracatiara (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após os tratamentos térmicos, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	11,52 (0,40)	11,81 (0,73)	11,66 (0,58)	10,10 (0,38)	10,80 (0,43)	10,45 (0,53)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	10,80 (0,15)	11,00 (0,27)	9,51 (0,29)	10,26 (0,46)	9,84 (0,44)
	<b>48h</b>	10,50 (0,49)	11,69 (0,38)	9,93 (0,40)	9,88 (0,39)	
	<b>72h</b>	10,90 (0,51)	10,63 (0,31)	9,58 (0,41)	9,77 (0,54)	
	<b>96h</b>	10,71 (0,16)	10,67 (0,29)	9,77 (0,30)	10,03 (0,48)	
	<b>Média</b>	10,73 (0,37)	11,00 (0,53)	9,70 (0,37)	9,99 (0,47)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	10,36 (0,21)	11,78 (0,47)	9,64 (0,43)	10,59 (0,45)	10,58 (0,62)
	<b>48h</b>	11,10 (0,44)	11,68 (0,38)	10,19 (0,36)	10,96 (0,53)	
	<b>72h</b>	10,73 (0,30)	12,05 (0,50)	10,48 (0,41)	10,80 (0,53)	
	<b>96h</b>	10,77 (0,49)	11,88 (0,57)	10,65 (0,30)	11,30 (0,53)	
	<b>Média</b>	10,74 (0,44)	11,85 (0,47)	10,24 (0,54)	10,91 (0,54)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	7,80 (0,20)	7,93 (0,23)	7,98 (0,24)	7,85 (0,17)	7,81 (0,43)
	<b>48h</b>	8,43 (0,21)	7,94 (0,16)	8,22 (0,20)	7,76 (0,34)	
	<b>72h</b>	7,89 (1,79)	7,91 (0,22)	7,13 (0,35)	7,90 (0,31)	
	<b>96h</b>	7,44 (0,32)	7,57 (0,27)	7,84 (0,32)	7,78 (0,31)	
	<b>Média</b>	7,89 (0,92)	7,84 (0,26)	7,79 (0,49)	7,82 (0,34)	
<b>Média Geral</b>	10,01 (1,66)			9,41 (1,24)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 20 – Umidade média das amostras de Jatobá (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após condicionamento 1, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	8,15 (0,55)	8,55 (0,20)	8,35 (0,45)	7,70 (0,41)	7,51 (0,31)	7,61 (0,36)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	8,38 (0,35)	8,62 (0,36)	7,75 (0,35)	7,45 (0,28)	
	<b>48h</b>	8,20 (0,34)	8,64 (0,32)	8,45 (0,39)	7,88 (0,34)	7,81 (0,35)
	<b>72h</b>	8,36 (0,29)	8,59 (0,45)	8,23 (0,33)	7,82 (0,24)	
	<b>96h</b>	8,17 (0,42)	8,65 (0,41)	7,77 (0,32)	7,90 (0,26)	
	<b>Média</b>	8,28 (0,34)	8,63 (0,36)		7,91 (0,37)	7,71 (0,30)
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	7,93 (0,37)	8,29 (0,35)	7,96 (0,40)	8,08 (0,30)	
	<b>48h</b>	8,63 (0,34)	8,62 (0,46)	8,44 (0,47)	8,20 (0,44)	8,17 (0,39)
	<b>72h</b>	8,21 (0,49)	8,55 (0,45)	8,45 (0,45)	8,24 (0,31)	
	<b>96h</b>	8,59 (0,48)	8,71 (0,49)	8,04 (0,52)	8,21 (0,38)	
	<b>Média</b>	8,34 (0,49)	8,54 (0,44)		8,16 (0,46)	8,17 (0,31)
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	6,66 (0,56)	6,88 (0,41)	6,53 (0,42)	6,69 (0,31)	
	<b>48h</b>	7,26 (0,39)	7,30 (0,46)	6,93 (0,47)	6,54 (0,64)	6,57 (0,43)
	<b>72h</b>	6,86 (0,27)	6,84 (0,45)	6,18 (0,53)	6,56 (0,24)	
	<b>96h</b>	6,58 (0,46)	7,03 (0,50)	6,69 (0,54)	6,55 (0,28)	
	<b>Média</b>	6,84 (0,48)	7,01 (0,46)		6,49 (0,53)	6,66 (0,28)
<b>Média Geral</b>	7,94 (0,85)			7,52 (0,79)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 21 – Umidade média das amostras de Muiracatiara (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 1, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	8,46 (0,30)	8,58 (0,46)	8,52 (0,37)	7,74 (0,31)	8,27 (0,35)	8,01 (0,42)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	8,77 (0,19)	8,83 (0,18)	8,42 (0,21)	8,93 (0,37)	
	<b>48h</b>	8,77 (0,40)	9,48 (0,27)	8,83 (0,38)	8,74 (0,32)	8,53 (0,37)
	<b>72h</b>	8,81 (0,39)	8,57 (0,21)	8,19 (0,32)	8,28 (0,30)	8,53 (0,37)
	<b>96h</b>	8,96 (0,14)	8,43 (0,24)	8,50 (0,28)	8,50 (0,36)	
	<b>Média</b>	8,83 (0,29)	8,83 (0,46)		8,46 (0,33)	8,59 (0,40)
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	7,79 (0,28)	9,02 (0,24)	8,16 (0,34)	8,98 (0,40)	
	<b>48h</b>	8,73 (0,38)	8,99 (0,26)	8,62 (0,60)	8,41 (0,30)	8,75 (0,54)
	<b>72h</b>	8,55 (0,32)	9,52 (0,34)	9,00 (0,22)	9,13 (0,38)	
	<b>96h</b>	8,11 (0,27)	8,22 (0,26)	8,11 (0,24)	9,35 (0,40)	
	<b>Média</b>	8,29 (0,48)	8,94 (0,54)		8,42 (0,44)	9,09 (0,41)
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	7,05 (0,22)	7,11 (0,27)	7,46 (0,28)	7,15 (0,19)	
	<b>48h</b>	7,77 (0,18)	7,28 (0,09)	7,17 (0,41)	7,49 (0,22)	7,24 (0,30)
	<b>72h</b>	6,50 (0,44)	7,32 (0,18)	6,94 (0,32)	7,31 (0,22)	
	<b>96h</b>	7,16 (0,33)	7,16 (0,20)	7,34 (0,35)	7,25 (0,24)	
	<b>Média</b>	7,12 (0,54)	7,22 (0,20)		7,31 (0,35)	7,17 (0,25)
<b>Média Geral</b>	8,20 (0,88)			8,17 (0,75)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 22 – Umidade média das amostras de Jatobá (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 2, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	13,99 (0,88)	15,07 (0,80)	14,53 (0,98)	12,70 (1,63)	12,35 (0,68)	12,53 (1,19)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	13,86 (0,74)	13,97 (1,15)	12,37 (1,34)	12,55 (0,71)	
	<b>48h</b>	13,42 (0,92)	14,01 (0,86)	13,67 (0,94)	12,91 (1,81)	12,48 (1,11)
	<b>72h</b>	13,51 (0,78)	13,79 (0,90)	12,69 (1,29)	12,05 (0,60)	
	<b>96h</b>	13,13 (1,12)	13,65 (1,28)	12,44 (1,69)	12,28 (0,69)	
	<b>Média</b>	13,48 (0,87)	13,85 (0,99)	12,60 (1,44)	12,36 (0,67)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	13,08 (0,67)	13,44 (1,00)	12,43 (1,08)	12,58 (0,57)	
	<b>48h</b>	13,54 (1,32)	13,19 (1,04)	13,15 (0,85)	12,31 (0,99)	12,52 (0,82)
	<b>72h</b>	12,59 (0,67)	12,97 (0,82)	12,59 (0,99)	12,62 (0,75)	
	<b>96h</b>	13,15 (0,61)	13,23 (0,74)	12,41 (1,11)	12,85 (0,76)	
	<b>Média</b>	13,09 (0,87)	13,21 (0,85)	12,44 (0,97)	12,60 (0,65)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	11,03 (0,87)	11,43 (1,08)	11,28 (1,50)	11,17 (0,58)	
	<b>48h</b>	11,50 (0,56)	11,58 (0,90)	11,25 (0,84)	10,83 (1,54)	11,02 (1,07)
	<b>72h</b>	11,33 (0,74)	11,43 (0,92)	10,96 (1,52)	11,08 (0,84)	
	<b>96h</b>	10,60 (0,81)	11,13 (0,90)	11,12 (1,51)	10,66 (0,56)	
	<b>Média</b>	11,11 (0,78)	11,39 (0,89)	11,05 (1,40)	11,00 (0,61)	
<b>Média Geral</b>	12,69 (1,35)			12,01 (1,22)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 23 – Umidade média das amostras de Muiracatiara (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 2, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	14,99 (0,52)	14,95 (1,00)	14,97 (0,74)	12,93 (0,46)	13,46 (0,48)	13,20 (0,53)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	13,82 (0,45)	14,26 (0,40)	13,15 (0,49)	14,05 (0,94)	
	<b>48h</b>	13,52 (0,66)	14,84 (0,85)	13,89 (0,65)	13,21 (0,38)	13,12 (0,69)
	<b>72h</b>	13,61 (0,55)	13,79 (0,54)	12,64 (0,59)	13,06 (0,73)	
	<b>96h</b>	13,66 (0,37)	13,62 (0,37)	12,63 (0,34)	13,17 (0,59)	
	<b>Média</b>	13,65 (0,49)	14,13 (0,71)	12,91 (0,51)	13,34 (0,79)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	12,83 (0,33)	14,48 (0,73)	12,51 (0,41)	13,52 (0,64)	
	<b>48h</b>	13,59 (0,58)	14,39 (0,59)	13,91 (0,93)	12,69 (0,42)	13,23 (0,70)
	<b>72h</b>	13,06 (0,25)	14,73 (0,69)	13,20 (0,48)	13,74 (0,99)	
	<b>96h</b>	13,42 (0,65)	14,79 (0,88)	13,04 (0,43)	13,64 (0,58)	
	<b>Média</b>	13,22 (0,54)	14,59 (0,49)	12,86 (0,49)	13,61 (0,69)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	11,50 (0,40)	11,82 (0,60)	11,69 (0,33)	12,20 (0,18)	
	<b>48h</b>	11,86 (0,17)	11,68 (0,34)	11,62 (0,54)	11,78 (0,25)	11,60 (0,49)
	<b>72h</b>	11,06 (0,52)	11,76 (0,43)	11,35 (0,57)	11,80 (0,37)	
	<b>96h</b>	11,29 (0,35)	12,02 (0,67)	11,44 (0,47)	11,36 (0,47)	
	<b>Média</b>	11,43 (0,46)	11,82 (0,43)	11,56 (0,43)	11,64 (0,53)	
<b>Média Geral</b>	13,14 (1,29)			12,65 (0,96)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

## Anexo B - Valores de variação da umidade média das amostras de Jatobá e Muiracatiara

Tabela 24 – Variação de umidade média das amostras de Jatobá (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 1, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	3,27 (0,37)	3,29 (0,36)	3,28 (0,35)	2,35 (0,73)	2,35 (0,22)	2,35 (0,51)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	1,89 (0,28)	2,07 (0,38)	1,33 (0,26)	1,12 (0,23)	1,22 (0,25)
	<b>48h</b>	1,96 (0,49)	2,12 (0,35)	1,28 (0,40)	1,15 (0,23)	
	<b>72h</b>	1,67 (0,34)	1,82 (0,38)	1,27 (0,28)	1,21 (0,15)	
	<b>96h</b>	1,66 (0,39)	1,79 (0,40)	1,23 (0,31)	1,20 (0,13)	
	<b>Média</b>	1,79 (0,38)	1,95 (0,38)	1,87 (0,38)	1,28 (0,30)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	2,15 (0,39)	2,23 (0,51)	1,51 (0,36)	1,64 (0,19)	1,58 (0,52)
	<b>48h</b>	1,73 (0,11)	1,77 (0,40)	1,11 (0,26)	1,37 (0,23)	
	<b>72h</b>	1,53 (0,22)	1,68 (0,27)	1,26 (0,32)	1,76 (0,93)	
	<b>96h</b>	2,04 (0,31)	2,07 (0,20)	1,75 (0,40)	2,21 (0,46)	
	<b>Média</b>	1,86 (0,36)	1,94 (0,41)	1,90 (0,38)	1,41 (0,40)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	0,29 (0,10)	0,64 (0,16)	0,07 (0,07)	0,32 (0,07)	0,28 (0,17)
	<b>48h</b>	0,55 (0,11)	0,62 (0,22)	0,23 (0,15)	0,60 (0,08)	
	<b>72h</b>	0,25 (0,05)	0,37 (0,15)	0,19 (0,09)	0,34 (0,08)	
	<b>96h</b>	0,20 (0,12)	0,33 (0,16)	0,19 (0,11)	0,31 (0,07)	
	<b>Média</b>	0,32 (0,17)	0,49 (0,22)	0,40 (0,21)	0,17 (0,12)	
<b>Média Geral</b>	1,39 (0,77)			1,03 (0,65)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 25 – Variação de umidade média das amostras de Muiracatiara (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 1, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	3,05 (0,19)	3,23 (0,30)	3,14 (0,25)	2,35 (0,20)	2,53 (0,11)	2,44 (0,53)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	2,02 (0,13)	2,18 (0,14)	1,09 (0,16)	1,33 (0,23)	1,31 (0,69)
	<b>48h</b>	1,73 (0,16)	2,21 (0,21)	1,19 (0,20)	1,23 (0,07)	
	<b>72h</b>	2,09 (0,26)	2,05 (0,16)	1,39 (0,14)	1,49 (0,24)	
	<b>96h</b>	1,76 (0,24)	2,24 (0,07)	1,26 (0,14)	1,53 (0,21)	
	<b>Média</b>	1,90 (0,25)	2,17 (0,16)	2,04 (0,25)	1,23 (0,18)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	2,57 (0,24)	2,76 (0,27)	1,48 (0,20)	1,61 (0,13)	1,82 (0,70)
	<b>48h</b>	2,37 (0,26)	2,69 (0,33)	1,79 (0,17)	2,08 (0,14)	
	<b>72h</b>	2,18 (0,43)	2,52 (0,44)	1,48 (0,30)	1,67 (0,28)	
	<b>96h</b>	2,67 (0,38)	3,66 (0,46)	2,53 (0,24)	1,95 (0,43)	
	<b>Média</b>	2,44 (0,37)	2,91 (0,57)	2,68 (0,53)	1,82 (0,49)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	0,75 (0,09)	0,82 (0,10)	0,52 (0,15)	0,70 (0,14)	0,57 (0,49)
	<b>48h</b>	0,67 (0,10)	0,66 (0,15)	0,73 (0,13)	0,80 (0,10)	
	<b>72h</b>	1,39 (1,48)	0,59 (0,08)	0,19 (0,10)	0,59 (0,14)	
	<b>96h</b>	0,28 (0,09)	0,41 (0,08)	0,51 (0,08)	0,53 (0,07)	
	<b>Média</b>	0,77 (0,80)	0,62 (0,18)	0,70 (0,58)	0,49 (0,22)	
<b>Média Geral</b>	1,80 (0,96)			1,24 (0,96)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 26 – Variação de umidade média das amostras de Jatobá (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 2, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	5,84 (0,68)	6,51 (0,69)	6,17 (0,74)	5,01 (1,23)	4,83 (0,38)	4,92 (0,86)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	5,48 (0,76)	5,34 (0,97)	4,61 (1,05)	5,11 (0,43)	4,67 (0,91)
	<b>48h</b>	5,22 (0,89)	5,37 (0,69)	5,22 (0,77)	4,91 (0,50)	
	<b>72h</b>	5,15 (0,76)	5,20 (0,57)	4,46 (0,98)	4,23 (0,41)	
	<b>96h</b>	4,96 (0,96)	5,00 (0,95)	4,66 (1,39)	4,38 (0,49)	
	<b>Média</b>	5,20 (0,80)	5,23 (0,76)	4,69 (1,17)	4,66 (0,56)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	5,15 (0,51)	5,14 (0,67)	4,47 (0,70)	4,50 (0,35)	4,35 (0,53)
	<b>48h</b>	4,91 (1,07)	4,56 (0,61)	4,12 (0,56)	4,19 (0,39)	
	<b>72h</b>	4,38 (0,40)	4,42 (0,49)	4,14 (0,55)	4,38 (0,60)	
	<b>96h</b>	4,56 (0,40)	4,52 (0,36)	4,37 (0,61)	4,64 (0,51)	
	<b>Média</b>	4,75 (0,68)	4,66 (0,58)	4,27 (0,58)	4,43 (0,47)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	4,37 (0,49)	4,55 (0,80)	4,75 (1,11)	4,48 (0,31)	4,45 (0,73)
	<b>48h</b>	4,24 (0,49)	4,29 (0,47)	4,29 (0,92)	4,23 (0,27)	
	<b>72h</b>	4,48 (0,59)	4,59 (0,56)	4,78 (0,99)	4,52 (0,64)	
	<b>96h</b>	4,02 (0,68)	4,10 (0,56)	4,42 (0,99)	4,11 (0,31)	
	<b>Média</b>	4,28 (0,55)	4,38 (0,60)	4,56 (0,95)	4,34 (0,42)	
<b>Média Geral</b>	4,75 (0,75)			4,49 (0,74)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 27 – Variação de umidade média das amostras de Muiracatiara (com respectivo desvio padrão entre parênteses), após o condicionamento 2, agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR			SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	Média	TANG	RAD	Média
<b>TESTEMUNHA</b>	6,52 (0,47)	6,37 (0,58)	6,45 (0,50)	5,18 (0,38)	5,19 (0,25)	5,19 (0,17)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	5,05 (0,52)	5,43 (0,27)	4,72 (0,39)	5,12 (0,60)	4,59 (0,22)
	<b>48h</b>	4,74 (0,37)	5,36 (0,61)	5,06 (0,45)	4,41 (0,25)	
	<b>72h</b>	4,80 (0,28)	5,22 (0,41)	4,45 (0,34)	4,78 (0,52)	
	<b>96h</b>	4,70 (0,39)	5,19 (0,22)	4,13 (0,31)	4,67 (0,57)	
	<b>Média</b>	4,82 (0,39)	5,30 (0,39)	4,44 (0,40)	4,75 (0,53)	
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	5,04 (0,34)	5,46 (0,54)	4,35 (0,26)	4,54 (0,30)	4,48 (0,41)
	<b>48h</b>	4,86 (0,30)	5,40 (0,56)	4,29 (0,22)	4,64 (0,29)	
	<b>72h</b>	4,51 (0,33)	5,20 (0,61)	4,20 (0,34)	4,61 (0,69)	
	<b>96h</b>	5,31 (0,58)	6,57 (0,75)	4,93 (0,35)	4,30 (0,43)	
	<b>Média</b>	4,93 (0,48)	5,66 (0,79)	4,44 (0,40)	4,52 (0,44)	
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	4,45 (0,28)	4,72 (0,38)	4,23 (0,24)	4,76 (0,13)	4,32 (0,21)
	<b>48h</b>	4,10 (0,20)	4,40 (0,28)	4,29 (0,20)	4,23 (0,25)	
	<b>72h</b>	4,55 (0,25)	4,44 (0,44)	4,40 (0,41)	4,49 (0,21)	
	<b>96h</b>	4,12 (0,17)	4,86 (0,56)	4,10 (0,27)	4,11 (0,25)	
	<b>Média</b>	4,31 (0,29)	4,60 (0,29)	4,25 (0,29)	4,39 (0,33)	
<b>Média Geral</b>	4,94 (0,65)			4,47 (0,60)		

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

## Anexo C - Valores médios de movimentação dimensional das amostras de Jatobá e Muiracatiara

Tabela 28 – Movimentação dimensional 1 das amostras de Jatobá agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR		SECA EM ESTUFA	
	TANG	RAD	TANG	RAD
<b>TESTEMUNHA</b>	1,13 (0,14)	0,61 (0,17)	0,77 (0,21)	0,47 (0,14)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	0,81 (0,10)	0,54 (0,12)	0,54 (0,11)
	<b>48h</b>	0,85 (0,21)	0,50 (0,20)	0,51 (0,08)
	<b>72h</b>	0,73 (0,16)	0,50 (0,20)	0,51 (0,10)
	<b>96h</b>	0,70 (0,14)	0,46 (0,19)	0,54 (0,10)
	<b>Média</b>	0,77 (0,16)	0,50 (0,17)	0,53 (0,09)
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	1,05 (0,27)	0,49 (0,21)	0,57 (0,13)
	<b>48h</b>	0,90 (0,33)	0,46 (0,11)	0,47 (0,11)
	<b>72h</b>	0,71 (0,17)	0,46 (0,15)	0,52 (0,12)
	<b>96h</b>	0,97 (0,23)	0,46 (0,27)	0,72 (0,12)
	<b>Média</b>	0,91 (0,27)	0,47 (0,18)	0,57 (0,15)
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	0,25 (0,08)	0,24 (0,09)	0,21 (0,04)
	<b>48h</b>	0,36 (0,09)	0,24 (0,06)	0,25 (0,05)
	<b>72h</b>	0,28 (0,03)	0,18 (0,04)	0,24 (0,08)
	<b>96h</b>	0,16 (0,08)	0,12 (0,05)	0,14 (0,03)
	<b>Média</b>	0,26 (0,10)	0,20 (0,08)	0,21 (0,07)
<b>Média Geral</b>	0,65 (0,34)	0,39 (0,20)	0,43 (0,19)	0,26 (0,14)

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 29 – Movimentação dimensional 1 das amostras de Muiracatiara agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR		SECA EM ESTUFA	
	TANG	RAD	TANG	RAD
<b>TESTEMUNHA</b>	1,00 (0,16)	0,80 (0,06)	0,75 (0,08)	0,56 (0,05)
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	0,81 (0,14)	0,62 (0,10)	0,45 (0,08)
	<b>48h</b>	0,64 (0,11)	0,56 (0,07)	0,46 (0,10)
	<b>72h</b>	0,81 (0,19)	0,59 (0,08)	0,53 (0,07)
	<b>96h</b>	0,72 (0,18)	0,61 (0,09)	0,50 (0,10)
	<b>Média</b>	0,75 (0,16)	0,59 (0,08)	0,49 (0,09)
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	1,05 (0,30)	0,75 (0,10)	0,64 (0,09)
	<b>48h</b>	0,98 (0,25)	0,72 (0,12)	0,76 (0,14)
	<b>72h</b>	0,91 (0,28)	0,75 (0,13)	0,66 (0,18)
	<b>96h</b>	1,05 (0,17)	0,93 (0,16)	1,00 (0,12)
	<b>Média</b>	1,00 (0,24)	0,79 (0,15)	0,76 (0,19)
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	0,29 (0,11)	0,28 (0,05)	0,33 (0,06)
	<b>48h</b>	0,40 (0,12)	0,32 (0,06)	0,38 (0,13)
	<b>72h</b>	0,28 (0,09)	0,23 (0,03)	0,29 (0,13)
	<b>96h</b>	0,22 (0,06)	0,18 (0,02)	0,28 (0,11)
	<b>Média</b>	0,29 (0,11)	0,26 (0,07)	0,32 (0,11)
<b>Média Geral</b>	0,68 (0,34)	0,55 (0,24)	0,52 (0,23)	0,37 (0,16)

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais



Tabela 30 – Movimentação dimensional 2 das amostras de Jatobá agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR		SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	TANG	RAD	
<b>TESTEMUNHA</b>	2,21 (0,40)	1,39 (0,29)	1,68 (0,47)	0,84 (0,32)	
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	1,88 (0,23)	1,13 (0,32)	1,55 (0,60)	0,85 (0,30)
	<b>48h</b>	1,74 (0,36)	1,14 (0,35)	1,68 (0,48)	0,89 (0,30)
	<b>72h</b>	1,68 (0,41)	1,15 (0,33)	1,34 (0,47)	0,72 (0,24)
	<b>96h</b>	1,67 (0,40)	1,05 (0,33)	1,56 (0,55)	0,79 (0,31)
	<b>Média</b>	1,74 (0,34)	1,12 (0,31)	1,53 (0,50)	0,81 (0,27)
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	1,83 (0,29)	0,97 (0,26)	1,31 (0,23)	0,80 (0,26)
	<b>48h</b>	1,75 (0,63)	0,96 (0,19)	1,20 (0,20)	0,72 (0,19)
	<b>72h</b>	1,43 (0,23)	0,93 (0,24)	1,22 (0,19)	0,73 (0,19)
	<b>96h</b>	1,56 (0,32)	0,95 (0,24)	1,33 (0,18)	0,83 (0,27)
	<b>Média</b>	1,65 (0,40)	0,95 (0,22)	1,27 (0,19)	0,77 (0,22)
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	1,49 (0,28)	1,00 (0,27)	1,47 (0,41)	0,77 (0,25)
	<b>48h</b>	1,38 (0,32)	0,94 (0,22)	1,43 (0,30)	0,75 (0,25)
	<b>72h</b>	1,49 (0,28)	0,93 (0,18)	1,54 (0,38)	0,78 (0,25)
	<b>96h</b>	1,33 (0,20)	0,90 (0,23)	1,36 (0,29)	0,73 (0,24)
	<b>Média</b>	1,42 (0,26)	0,94 (0,22)	1,45 (0,33)	0,76 (0,23)
<b>Média Geral</b>	1,60 (0,36)	1,00 (0,26)	1,43	0,78 (0,24)	

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

Tabela 31 – Movimentação dimensional 2 das amostras de Muiracatiara agrupadas de acordo com os tratamentos experimentais

	SECA AO AR		SECA EM ESTUFA		
	TANG	RAD	TANG	RAD	
<b>TESTEMUNHA</b>	2,16 (0,43)	1,51 (0,18)	2,02 (0,70)	1,01 (0,10)	
<b>60 °C</b>	<b>24h</b>	1,55 (0,35)	1,20 (0,15)	1,63 (0,27)	1,09 (0,12)
	<b>48h</b>	1,38 (0,30)	1,10 (0,08)	1,46 (0,29)	0,97 (0,07)
	<b>72h</b>	1,45 (0,35)	1,17 (0,13)	1,43 (0,24)	0,97 (0,10)
	<b>96h</b>	1,44 (0,34)	1,18 (0,13)	1,34 (0,21)	0,93 (0,16)
	<b>Média</b>	1,46 (0,31)	1,16 (0,12)	1,47 (0,26)	0,99 (0,12)
<b>75 °C</b>	<b>24h</b>	1,54 (0,44)	1,17 (0,11)	1,35 (0,21)	0,91 (0,07)
	<b>48h</b>	1,47 (0,32)	1,15 (0,15)	1,33 (0,20)	1,01 (0,07)
	<b>72h</b>	1,37 (0,23)	1,19 (0,17)	1,33 (0,19)	0,94 (0,08)
	<b>96h</b>	1,63 (0,26)	1,40 (0,20)	1,57 (0,18)	0,83 (0,05)
	<b>Média</b>	1,50 (0,32)	1,23 (0,18)	1,39 (0,21)	0,92 (0,09)
<b>90 °C</b>	<b>24h</b>	1,20 (0,20)	1,04 (0,08)	1,34 (0,22)	0,91 (0,10)
	<b>48h</b>	1,18 (0,25)	1,00 (0,08)	1,30 (0,35)	0,91 (0,06)
	<b>72h</b>	1,40 (0,20)	1,00 (0,09)	1,35 (0,14)	0,87 (0,07)
	<b>96h</b>	1,18 (0,21)	1,11 (0,14)	1,20 (0,19)	0,90 (0,07)
	<b>Média</b>	1,24 (0,22)	1,04 (0,10)	1,30 (0,23)	0,90 (0,07)
<b>Média Geral</b>	1,40 (0,31)	1,14 (0,16)	1,39 (0,24)	0,94 (0,10)	

60 °C, 75 °C e 90 °C: temperaturas de tratamentos; 24h, 48h, 72h e 96 h: tempos de tratamentos; TANG: amostras tangenciais; RAD: amostras radiais

## ANEXO D - Análise estatística para o fator umidade no condicionamento 1

Tabela 32 – Comparação de médias da interação entre espécie x sentido

Espécie	Sentido		$\mu$ [E]
	Tang	Rad	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 7,68 <sub>I</sub> (0,84)	<sup>A</sup> 7,79 <sub>I</sub> (0,83)	7,73 <sub>I</sub> (0,84)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 8,07 <sub>II</sub> (0,75)	<sup>B</sup> 8,34 <sub>II</sub> (0,85)	8,21 <sub>II</sub> (0,81)
<b><math>\mu</math>[St]</b>	<sup>A</sup> 7,87 (0,82)	<sup>B</sup> 8,06 (0,88)	

Tang = sentido tangencial; Rad = sentido radial;  $\mu$ [St] = média de sentido;  $\mu$ [E] = média de espécie; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 33 – Comparação de médias da interação entre espécie x secagem

Espécie	Secagem		$\mu$ [E]
	S <sub>ar</sub>	S <sub>Estufa</sub>	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 7,94 <sub>I</sub> (0,84)	<sup>B</sup> 7,52 <sub>I</sub> (0,78)	7,73 <sub>I</sub> (0,84)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 8,20 <sub>II</sub> (0,88)	<sup>A</sup> 8,21 <sub>II</sub> (0,75)	8,21 <sub>II</sub> (0,81)
<b><math>\mu</math>[Sc]</b>	<sup>A</sup> 8,07 (0,86)	<sup>B</sup> 7,86 (0,84)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [E] = média de espécie; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 34 - Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 8,64 <sub>I</sub> (0,43)	<sup>A</sup> 8,53 <sub>I</sub> (0,54)	<sup>B</sup> 7,05 <sub>I</sub> (0,44)	8,07 <sub>I</sub> (0,86)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 8,17 <sub>II</sub> (0,51)	<sup>B</sup> 8,46 <sub>I</sub> (0,55)	<sup>C</sup> 6,96 <sub>II</sub> (0,53)	7,86 <sub>II</sub> (0,84)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 8,40 (0,52)	<sup>A</sup> 8,49 (0,55)	<sup>B</sup> 7,01 (0,49)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 35 - Comparação de médias da interação entre sentido x temperatura

Sentido	Temperatura (°C)			$\mu$ [St]
	60	75	90	
<b>Tang</b>	<sup>A</sup> 8,37 <sub>I</sub> (0,47)	<sup>A</sup> 8,30 <sub>I</sub> (0,47)	<sup>B</sup> 6,95 <sub>I</sub> (0,55)	7,87 <sub>I</sub> (0,82)
<b>Rad</b>	<sup>A</sup> 8,44 <sub>I</sub> (0,58)	<sup>B</sup> 8,68 <sub>II</sub> (0,56)	<sup>C</sup> 7,07 <sub>II</sub> (0,41)	8,06 <sub>II</sub> (0,88)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 8,40 (0,52)	<sup>A</sup> 8,49 (0,55)	<sup>B</sup> 7,01 (0,49)	

Tang = sentido tangencial; Rad = sentido radial;  $\mu$ [St] = média de sentido;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 36 - Comparação de médias da interação entre secagem x tempo

Secagem	Tempo (horas)				$\mu$ [Sc]
	24	48	72	96	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 7,95 <sub>I</sub> (0,85)	<sup>B</sup> 8,30 <sub>I</sub> (0,78)	<sup>A</sup> 8,06 <sub>I</sub> (0,97)	<sup>A</sup> 7,98 <sub>I</sub> (0,82)	8,07 <sub>I</sub> (0,86)
<b>S<sub>estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 7,83 <sub>I</sub> (0,79)	<sup>A</sup> 7,90 <sub>II</sub> (0,79)	<sup>A</sup> 7,87 <sub>II</sub> (0,94)	<sup>A</sup> 7,85 <sub>I</sub> (0,84)	7,86 <sub>II</sub> (0,84)
<b><math>\mu</math>[t]</b>	<sup>A</sup> 7,89 (0,82)	<sup>B</sup> 8,10 (0,90)	<sup>AB</sup> 7,96 (0,79)	<sup>A</sup> 7,92 (0,88)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [t] = média de tempo; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 37 - Comparação de médias da interação entre temperatura x tempo

Temp.(°C)	Tempo (horas)				$\mu$ [T]
	24	48	72	96	
<b>60</b>	<sup>A</sup> 8,39 <sub>I</sub> (0,57)	<sup>A</sup> 8,50 <sub>I</sub> (0,62)	<sup>A</sup> 8,36 <sub>I</sub> (0,41)	<sup>A</sup> 8,36 <sub>I</sub> (0,47)	8,40 <sub>I</sub> (0,52)
<b>75</b>	<sup>A</sup> 8,28 <sub>I</sub> (0,54)	<sup>BC</sup> 8,58 <sub>I</sub> (0,44)	<sup>C</sup> 8,71 <sub>II</sub> (0,56)	<sup>AB</sup> 8,42 <sub>I</sub> (0,55)	8,49 <sub>I</sub> (0,55)
<b>90</b>	<sup>AB</sup> 7,01 <sub>II</sub> (0,47)	<sup>A</sup> 7,23 <sub>II</sub> (0,48)	<sup>B</sup> 6,82 <sub>III</sub> (0,48)	<sup>AB</sup> 6,98 <sub>II</sub> (0,45)	7,01 <sub>II</sub> (0,49)
<b><math>\mu</math>[t]</b>	<sup>A</sup> 7,89 (0,82)	<sup>B</sup> 8,10 (0,81)	<sup>AB</sup> 7,96 (0,95)	<sup>AC</sup> 7,92 (0,83)	

$\mu$ [t] = média de tempo;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

## ANEXO E - Análise estatística para o fator umidade no condicionamento 2

Tabela 38 – Comparação de médias da interação entre espécie x sentido

Espécie	Sentido		$\mu$ [E]
	Tang	Rad	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 12,31 <sub>I</sub> (1,40)	<sup>A</sup> 12,42 <sub>I</sub> (1,24)	12,37 <sub>I</sub> (1,32)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 12,61 <sub>II</sub> (0,96)	<sup>B</sup> 13,21 <sub>II</sub> (1,26)	12,91 <sub>II</sub> (1,16)
<b><math>\mu</math>[St]</b>	<sup>A</sup> 12,46 (1,21)	<sup>B</sup> 12,82 (1,31)	

Tang = sentido tangencial; Rad = sentido radial;  $\mu$ [St] = média de sentido;  $\mu$ [E] = média de espécie; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 39 – Comparação de médias da interação entre secagem x sentido

Secagem	Sentido		$\mu$ [Se]
	Tang	Rad	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 12,68 <sub>I</sub> (1,20)	<sup>B</sup> 13,19 <sub>I</sub> (1,39)	12,93 <sub>I</sub> (1,32)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 12,24 <sub>II</sub> (1,18)	<sup>A</sup> 12,44 <sub>II</sub> (0,72)	12,34 <sub>II</sub> (1,14)
<b><math>\mu</math>[St]</b>	<sup>A</sup> 12,46 (1,21)	<sup>B</sup> 12,82 (1,31)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>Estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem; Tang = sentido tangencial; Rad = sentido radial;  $\mu$ [S] = média de sentido; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 40 – Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 13,78 <sub>I</sub> (0,81)	<sup>A</sup> 13,53 <sub>I</sub> (0,96)	<sup>B</sup> 11,49 <sub>I</sub> (0,71)	12,93 <sub>I</sub> (1,32)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 12,80 <sub>II</sub> (0,97)	<sup>A</sup> 12,87 <sub>II</sub> (0,84)	<sup>B</sup> 11,34 <sub>I</sub> (0,89)	12,34 <sub>II</sub> (1,14)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 13,29 (0,90)	<sup>A</sup> 13,20 (0,96)	<sup>B</sup> 11,42 (0,81)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>Estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

## ANEXO F - Análise estatística para a variação de umidade após o condicionamento 1

Tabela 41 – Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 1,95 <sub>I</sub> (0,33)	<sup>B</sup> 2,29 <sub>I</sub> (0,60)	<sup>C</sup> 0,56 <sub>I</sub> (0,48)	1,60 <sub>I</sub> (0,89)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 1,27 <sub>II</sub> (0,24)	<sup>B</sup> 1,76 <sub>II</sub> (0,63)	<sup>C</sup> 0,42 <sub>I</sub> (0,24)	1,15 <sub>II</sub> (0,69)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 1,61 (0,45)	<sup>B</sup> 2,02 (0,67)	<sup>C</sup> 0,49 (0,38)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 42 – Comparação de médias da interação entre espécie x secagem

Espécie	Secagem		$\mu$ [E]
	S <sub>ar</sub>	S <sub>Estufa</sub>	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 1,40 <sub>I</sub> (0,77)	<sup>B</sup> 1,02 <sub>I</sub> (0,65)	1,21 <sub>I</sub> (0,74)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 1,80 <sub>II</sub> (0,95)	<sup>B</sup> 1,28 <sub>II</sub> (0,71)	1,54 <sub>II</sub> (0,88)
<b><math>\mu</math>[Sc]</b>	<sup>A</sup> 1,60 (0,89)	<sup>B</sup> 1,15 (0,69)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [E] = média de espécie; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 43 – Comparação de médias da interação entre secagem x tempo

Secagem	Tempo (horas)				$\mu$ [Sc]
	24	48	72	96	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 1,70 <sub>I</sub> (0,85)	<sup>A</sup> 1,59 <sub>I</sub> (0,78)	<sup>A</sup> 1,51 <sub>I</sub> (0,85)	<sup>A</sup> 1,61 <sub>I</sub> (1,07)	1,60 <sub>I</sub> (0,89)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 1,06 <sub>II</sub> (0,55)	<sup>A</sup> 1,13 <sub>II</sub> (0,52)	<sup>A</sup> 1,15 <sub>II</sub> (0,86)	<sup>A</sup> 1,27 <sub>II</sub> (0,78)	1,15 <sub>II</sub> (0,69)
<b><math>\mu</math>[t]</b>	<sup>A</sup> 1,38 (0,78)	<sup>A</sup> 1,36 (0,70)	<sup>A</sup> 1,33 (0,87)	<sup>A</sup> 1,44 (0,95)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [t] = média de tempo; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 44 – Comparação de médias da interação entre temperatura x tempo

Temperatura (°C)	Tempo (horas)				$\mu$ [T]
	24	48	72	96	
60	<sup>A</sup> 1,63 <sub>I</sub> (0,48)	<sup>A</sup> 1,61 <sub>I</sub> (0,50)	<sup>A</sup> 1,62 <sub>I</sub> (0,40)	<sup>A</sup> 1,58 <sub>I</sub> (0,42)	1,61 <sub>I</sub> (0,45)
75	<sup>A</sup> 2,00 <sub>II</sub> (0,55)	<sup>A</sup> 1,86 <sub>I</sub> (0,54)	<sup>A</sup> 1,88 <sub>II</sub> (0,79)	<sup>B</sup> 2,36 <sub>II</sub> (0,66)	2,02 <sub>II</sub> (0,67)
90	<sup>A</sup> 0,52 <sub>III</sub> (0,27)	<sup>A</sup> 0,61 <sub>II</sub> (0,20)	<sup>A</sup> 0,48 <sub>III</sub> (0,62)	<sup>A</sup> 0,37 <sub>III</sub> (0,27)	0,49 <sub>III</sub> (0,38)
$\mu$ [t]	<sup>A</sup> 1,38 (0,78)	<sup>A</sup> 1,36 (0,70)	<sup>A</sup> 1,33 (0,87)	<sup>A</sup> 1,44 (0,95)	

$\mu$ [t] = média de tempo;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 45 – Comparação de médias da interação entre espécie x temperatura

Espécie	Temperatura (°C)			$\mu$ [E]
	60	75	90	
Jatobá	<sup>A</sup> 1,55 <sub>I</sub> (0,46)	<sup>B</sup> 1,74 <sub>I</sub> (0,48)	<sup>C</sup> 0,35 <sub>I</sub> (0,26)	1,21 <sub>I</sub> (0,74)
Muiracatiara	<sup>A</sup> 1,68 <sub>I</sub> (0,43)	<sup>B</sup> 2,31 <sub>II</sub> (0,71)	<sup>C</sup> 0,63 <sub>II</sub> (0,43)	1,54 <sub>II</sub> (0,88)
$\mu$ [T]	<sup>A</sup> 1,61 (0,45)	<sup>B</sup> 2,02 (0,67)	<sup>C</sup> 0,49 (0,38)	

$\mu$ [E] = média de espécie;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

## ANEXO G - Análise estatística para a variação de umidade após o condicionamento 2

Tabela 46 – Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 5,14 <sub>I</sub> (0,63)	<sup>A</sup> 5,00 <sub>I</sub> (0,74)	<sup>B</sup> 4,44 <sub>I</sub> (0,52)	4,86 <sub>I</sub> (0,71)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 4,63 <sub>II</sub> (0,72)	<sup>A</sup> 4,41 <sub>II</sub> (0,48)	<sup>A</sup> 4,38 <sub>I</sub> (0,56)	4,48 <sub>II</sub> (0,61)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 4,89 (0,72)	<sup>A</sup> 4,71 (0,69)	<sup>B</sup> 4,41 (0,54)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 47 – Comparação de médias da interação entre espécie x sentido

Espécie	Sentido		$\mu$ [E]
	Tang	Rad	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 4,63 <sub>I</sub> (0,87)	<sup>A</sup> 4,64 <sub>I</sub> (0,64)	4,63 <sub>I</sub> (0,76)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 4,53 <sub>I</sub> (0,45)	<sup>B</sup> 4,87 <sub>II</sub> (1,29)	4,70 <sub>II</sub> (0,60)
<b><math>\mu</math>[St]</b>	<sup>A</sup> 4,58 (0,76)	<sup>B</sup> 4,75 (0,60)	

Tang = sentido tangencial; Rad = sentido radial;  $\mu$ [St] = média de sentido;  $\mu$ [E] = média de espécie; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 48 – Comparação de médias da interação entre temperatura x tempo

Temperatura (°C)	Tempo (horas)				$\mu$ [T]
	24	48	72	96	
<b>60</b>	<sup>A</sup> 5,05 <sub>I</sub> (0,68)	<sup>A</sup> 4,94 <sub>I</sub> (0,77)	<sup>A</sup> 4,79 <sub>I</sub> (0,64)	<sup>A</sup> 4,71 <sub>I</sub> (0,76)	4,89 <sub>I</sub> (0,72)
<b>75</b>	<sup>AB</sup> 4,83 <sub>I</sub> (0,59)	<sup>AB</sup> 4,62 <sub>I</sub> (0,66)	<sup>A</sup> 4,48 <sub>I</sub> (0,56)	<sup>B</sup> 4,90 <sub>I</sub> (0,85)	4,71 <sub>I</sub> (0,69)
<b>90</b>	<sup>A</sup> 4,57 <sub>II</sub> (0,57)	<sup>A</sup> 4,26 <sub>II</sub> (0,41)	<sup>AB</sup> 4,52 <sub>I</sub> (0,53)	<sup>B</sup> 4,28 <sub>II</sub> (0,59)	4,41 <sub>II</sub> (0,54)
<b><math>\mu</math>[t]</b>	<sup>A</sup> 4,84 (0,65)	<sup>A</sup> 4,61 (0,68)	<sup>A</sup> 4,60 (0,59)	<sup>A</sup> 4,63 (0,78)	

$\mu$ [t] = média de tempo;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 49 – Comparação de médias da interação entre espécie x temperatura

Espécie	Temperatura (°C)			$\mu$ [E]
	60	75	90	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 4,94 <sub>I</sub> (0,88)	<sup>B</sup> 4,53 <sub>I</sub> (0,60)	<sup>B</sup> 4,43 <sub>I</sub> (0,68)	4,63 <sub>I</sub> (0,76)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 4,83 <sub>I</sub> (0,52)	<sup>A</sup> 4,89 <sub>II</sub> (0,73)	<sup>B</sup> 4,39 <sub>I</sub> (0,36)	4,70 <sub>I</sub> (0,60)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 4,89 (0,72)	<sup>A</sup> 4,71 (0,69)	<sup>B</sup> 4,41 (0,54)	

$\mu$ [E] = média de espécie;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses



## ANEXO H – Análise estatística dos resultados da movimentação dimensional

Tabela 50 – Comparação de médias da interação entre espécie x temperatura para MD1 (Tangencial)

Espécie	Temperatura (°C)			$\mu$ [E]
	60	75	90	
<b>Jatobá</b>	<sup>A</sup> 0,64 <sub>I</sub> (0,16)	<sup>A</sup> 0,71 <sub>I</sub> (0,24)	<sup>B</sup> 0,23 <sub>I</sub> (0,90)	0,53 <sub>I</sub> (0,27)
<b>Muiracatiara</b>	<sup>A</sup> 0,62 <sub>I</sub> (0,19)	<sup>B</sup> 0,88 <sub>II</sub> (0,25)	<sup>C</sup> 0,31 <sub>I</sub> (0,11)	0,60 <sub>I</sub> (0,30)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 0,63 (0,17)	<sup>B</sup> 0,80 (0,25)	<sup>C</sup> 0,27 (0,11)	

$\mu$ [E] = média de espécie;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 51 – Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura para MD1 (Tangencial)

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 0,75 <sub>I</sub> (0,15)	<sup>B</sup> 0,93 <sub>I</sub> (0,24)	<sup>C</sup> 0,28 <sub>I</sub> (0,11)	0,65 <sub>I</sub> (0,33)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 0,50 <sub>II</sub> (0,09)	<sup>B</sup> 0,67 <sub>II</sub> (0,20)	<sup>C</sup> 0,26 <sub>I</sub> (0,11)	0,48 <sub>II</sub> (0,22)
<b><math>\mu</math>[T]</b>	<sup>A</sup> 0,63 (0,17)	<sup>B</sup> 0,80 (0,25)	<sup>C</sup> 0,27 (0,11)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>Estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 52 – Comparação de médias da interação entre secagem x tempo para MD1 (Tangencial)

Secagem	Tempo (horas)				$\mu$ [Sc]
	24	48	72	96	
<b>S<sub>ar</sub></b>	<sup>A</sup> 0,70 <sub>I</sub> (0,37)	<sup>A</sup> 0,66 <sub>I</sub> (0,27)	<sup>A</sup> 0,61 <sub>I</sub> (0,30)	<sup>A</sup> 0,63 <sub>I</sub> (0,37)	0,65 <sub>I</sub> (0,33)
<b>S<sub>Estufa</sub></b>	<sup>A</sup> 0,45 <sub>II</sub> (0,17)	<sup>A</sup> 0,47 <sub>II</sub> (0,18)	<sup>A</sup> 0,46 <sub>II</sub> (0,19)	<sup>A</sup> 0,53 <sub>II</sub> (0,30)	0,48 <sub>II</sub> (0,22)
<b><math>\mu</math>[t]</b>	<sup>A</sup> 0,58 (0,31)	<sup>A</sup> 0,57 (0,25)	<sup>A</sup> 0,54 (0,26)	<sup>A</sup> 0,58 (0,34)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>Estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [t] = média de tempo; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 53 – Comparação de médias da interação entre temperatura x tempo para MD1 (Tangencial)

Temperatura (°C)	Tempo (horas)				$\mu$ [T]
	24	48	72	96	
60	<sup>A</sup> 0,65 <sub>I</sub> (0,19)	<sup>A</sup> 0,61 <sub>I</sub> (0,18)	<sup>A</sup> 0,65 <sub>I</sub> (0,18)	<sup>A</sup> 0,61 <sub>I</sub> (0,15)	0,63 <sub>I</sub> (0,17)
75	<sup>AB</sup> 0,82 <sub>II</sub> (0,30)	<sup>A</sup> 0,75 <sub>II</sub> (0,24)	<sup>A</sup> 0,69 <sub>I</sub> (0,22)	<sup>B</sup> 0,93 <sub>II</sub> (0,20)	0,80 <sub>II</sub> (0,25)
90	<sup>AB</sup> 0,27 <sub>III</sub> (0,08)	<sup>A</sup> 0,35 <sub>III</sub> (0,11)	<sup>AB</sup> 0,27 <sub>II</sub> (0,09)	<sup>B</sup> 0,20 <sub>III</sub> (0,09)	0,27 <sub>III</sub> (0,11)
$\mu$ [t]	<sup>A</sup> 0,58 (0,31)	<sup>A</sup> 0,57 (0,25)	<sup>A</sup> 0,54 (0,26)	<sup>A</sup> 0,58 (0,34)	

$\mu$ [t] = média de tempo;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 54 – Comparação de médias da interação entre espécie x temperatura para MD1 (Radial)

Espécie	Temperatura (°C)			$\mu$ [E]
	60	75	90	
Jatobá	<sup>A</sup> 0,38 <sub>I</sub> (0,18)	<sup>A</sup> 0,43 <sub>I</sub> (0,17)	<sup>B</sup> 0,17 <sub>I</sub> (0,07)	0,32 <sub>I</sub> (0,19)
Muiracatiara	<sup>A</sup> 0,48 <sub>I</sub> (0,14)	<sup>B</sup> 0,66 <sub>II</sub> (0,20)	<sup>C</sup> 0,24 <sub>I</sub> (0,07)	0,46 <sub>II</sub> (0,22)
$\mu$ [Ta]	<sup>A</sup> 0,43 (0,17)	<sup>B</sup> 0,54 (0,22)	<sup>C</sup> 0,20 (0,08)	

$\mu$ [E] = média de espécie;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 55 – Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura para MD1 (Radial)

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
S <sub>ar</sub>	<sup>A</sup> 0,55 <sub>I</sub> (0,14)	<sup>A</sup> 0,63 <sub>I</sub> (0,23)	<sup>B</sup> 0,23 <sub>I</sub> (0,08)	0,47 <sub>I</sub> (0,24)
S <sub>Estufa</sub>	<sup>A</sup> 0,31 <sub>II</sub> (0,09)	<sup>B</sup> 0,46 <sub>II</sub> (0,16)	<sup>C</sup> 0,18 <sub>I</sub> (0,07)	0,32 <sub>II</sub> (0,16)
$\mu$ [T]	<sup>A</sup> 0,43 (0,17)	<sup>B</sup> 0,54 (0,22)	<sup>C</sup> 0,20 (0,08)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>Estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 56 – Comparação de médias da interação entre temperatura x tempo para MD1 (Radial)

Temperatura (°C)	Tempo (horas)				$\mu$ [T]
	24	48	72	96	
60	<sup>A</sup> 0,44 <sub>I</sub> (0,18)	<sup>A</sup> 0,41 <sub>I</sub> (0,17)	<sup>A</sup> 0,44 <sub>I</sub> (0,17)	<sup>A</sup> 0,43 <sub>I</sub> (0,17)	0,43 <sub>I</sub> (0,17)
75	<sup>A</sup> 0,53 <sub>I</sub> (0,19)	<sup>A</sup> 0,50 <sub>I</sub> (0,19)	<sup>A</sup> 0,55 <sub>I</sub> (0,22)	<sup>A</sup> 0,59 <sub>II</sub> (0,27)	0,54 <sub>II</sub> (0,22)
90	<sup>A</sup> 0,20 <sub>II</sub> (0,09)	<sup>A</sup> 0,26 <sub>II</sub> (0,07)	<sup>A</sup> 0,19 <sub>II</sub> (0,05)	<sup>A</sup> 0,16 <sub>II</sub> (0,05)	0,20 <sub>III</sub> (0,08)
$\mu$ [t]	<sup>A</sup> 0,39 (0,21)	<sup>A</sup> 0,39 (0,18)	<sup>A</sup> 0,39 (0,22)	<sup>A</sup> 0,39 (0,26)	

$\mu$ [t] = média de tempo;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses

Tabela 57 – Comparação de médias da interação entre secagem x temperatura para MD2 (Tangencial)

Secagem	Temperatura (°C)			$\mu$ [Sc]
	60	75	90	
S <sub>ar</sub>	<sup>A</sup> 1,59 <sub>I</sub> (0,35)	<sup>AB</sup> 1,54 <sub>I</sub> (0,30)	<sup>B</sup> 1,33 <sub>I</sub> (0,26)	1,49 <sub>I</sub> (0,32)
S <sub>estufa</sub>	<sup>A</sup> 1,50 <sub>I</sub> (0,40)	<sup>A</sup> 1,33 <sub>II</sub> (0,21)	<sup>A</sup> 1,38 <sub>I</sub> (0,29)	1,40 <sub>I</sub> (0,31)
$\mu$ [T]	<sup>A</sup> 1,54 (0,37)	<sup>AB</sup> 1,43 (0,28)	<sup>B</sup> 1,35 (0,27)	

S<sub>ar</sub> = secagem ao ar; S<sub>estufa</sub> = secagem em estufa;  $\mu$ [Sc] = média de secagem;  $\mu$ [T] = média de temperatura; Médias com letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey onde  $\alpha=0,01$ ; AB = comparação entre médias no sentido horizontal; I,II = comparação entre médias no sentido vertical; desvio padrão entre parênteses