

Comparação entre o teor de umidade da madeira obtido por um medidor elétrico e o método gravimétrico

Andreza Silva Fonseca¹; Camila Leão Carneiro¹; Saly Takeshita Yamaguti¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Paragominas/PA, Brasil

Resumo: Os medidores de umidade da madeira podem apresentar oscilações de leitura para mais ou para menos e é importante entender se há uma discrepância em relação a umidade real. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi comparar a umidade da madeira obtido por um medidor elétrico e o método gravimétrico. Foram utilizadas espécies comercialmente conhecidas como Sucupira, Timborana e Freijó coletadas em uma marcenaria. Para determinação da umidade foram utilizados o método gravimétrico e o medidor elétrico tipo agulha nas posições superfície, meio e por meio de pregos. As umidades médias obtidas pelo método gravimétrico foram 9,6% para Timborana, 9,5% para Freijó e 9,4% para Sucupira. O medidor elétrico apresentou umidade média das espécies por posição de 6,07% (pregos), 6,37% (meio) e 5,87% (superfície). Conclui-se que as leituras de umidade realizadas pelos medidores elétricos apresentaram valores inferiores em relação ao método gravimétrico.

Palavras-chave: Umidade de equilíbrio, Qualidade da madeira, Secagem da madeira.

Comparison of wood moisture content between electric meter and gravimetric method

Abstract: Wood moisture meters can show fluctuations in readings, either higher or lower, and it is important to understand if there is a discrepancy relative to the actual moisture content. Thus, the general objective of this study was to compare the wood moisture obtained by an electric meter and the gravimetric method. Commercially known species such as Sucupira, Timborana, and Freijó, collected from a woodworking shop, were used. To determine the moisture content, the gravimetric method and a needle-type electric meter were used at the surface, middle, and nails positions. The average moisture content obtained by the gravimetric method was 9.6% for Timborana, 9.5% for Freijó and 9.4% for Sucupira. The electric meter showed an average moisture content for the species by position of 6.07% (nails), 6.37% (middle), and 5.87% (surface). It is concluded that the moisture readings obtained by the electric meters were lower compared to the gravimetric method.

Keywords: Equilibrium moisture content, Wood quality, Wood drying.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as propriedades físicas da madeira, a variação no teor de umidade faz com que a madeira se contraia ou expanda, alterando suas dimensões. Um alto teor de umidade pode torná-la mais suscetível ao ataque de fungos, causando seu

apodrecimento (Batista *et al.*, 2011). A trabalhabilidade, colagem e acabamento da madeira, bem como suas propriedades mecânicas, térmicas e acústicas, também são afetadas pelo teor de umidade, assim como durante o seu processamento nos setores de tratamento preservante e celulose (Minini *et al.*, 2021).

O teor de umidade que a madeira pode atingir durante a secagem depende quase exclusivamente das condições ambientais onde se localiza (Marques; Martins, 2002). Um fator importante que afeta o equilíbrio higroscópico da madeira no ambiente é a umidade relativa do ar e a temperatura, especialmente com as mudanças sazonais locais (Galina; Jankowsky, 2013).

Para utilizar ou aplicar corretamente a madeira, é necessário saber o teor de umidade e a temperatura a que estará sujeita, pois variações climáticas de outras localidades podem influenciar a umidade e, conseqüentemente, as dimensões deste material higroscópico. Essa umidade pode ser obtida através do método gravimétrico ou por um medidor elétrico de umidade (Marques; Martins, 2002).

Pelo método gravimétrico, a determinação final do teor de umidade é feita por meio da diferença de massa de amostras antes e depois de irem para estufa (ABNT, 2002). Já os aparelhos elétricos realizam a leitura através dos sensores (eletrodos de penetração), e seu funcionamento consiste na resistência da condutividade elétrica pela umidade da madeira (Rodrigues, 1999).

A maioria dos medidores elétricos tem limitações em suas leituras de umidade variando entre 5% a 25% para maioria das espécies, sendo menos precisos, necessitando de correções principalmente para a espécie e a temperatura. Porém apresentam vantagens como resultados imediatos, sendo portáteis, facilitando a leitura de um maior volume de madeira de forma rápida e prática, sem danificar as peças aferidas (Galina; Jankowsky, 2013).

Ambos os métodos apresentam vantagens e desvantagens, mas os aparelhos elétricos, dependendo do tipo e tecnologia embarcada, podem apresentar oscilações de leitura da umidade para mais ou para menos, e é importante entender se há uma discrepância entre estes principais métodos. Diante desta premissa, o objetivo geral deste trabalho foi comparar o teor de umidade da madeira obtido por um medidor elétrico e o método gravimétrico.



2. MATERIAL E MÉTODOS

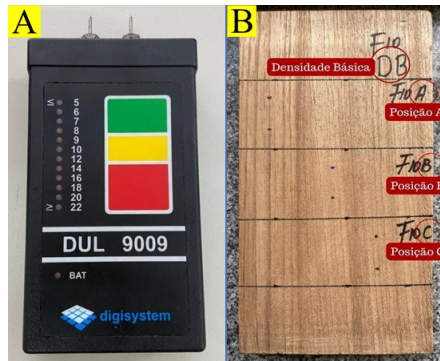
2.1 Local e amostragem

O presente estudo e as análises das amostras foram realizados no Laboratório de Ciências Florestais da Universidade Rural da Amazônia (UFRA), campus Paragominas. Para o experimento foram utilizadas três espécies coletadas em uma marcenaria localizada no município de Paragominas/PA. As espécies foram escolhidas conforme a disponibilidade de material presente no local, sendo elas: Sucupira (S1 a S10), Timborana (T1 a T10) e Freijó (F1 a F10). A coleta foi realizada através dos nomes vernaculares de comercialização da marcenaria e para o preparo dos corpos de prova, foram utilizadas 30 amostras (10 de cada espécie), com dimensões aproximadas de 20 cm de comprimento, 10 cm de largura e 3 cm de espessura. As dimensões dos corpos de prova foram padronizadas de acordo com o material que estava disponível no momento da coleta.

2.2 Determinação do teor de umidade: medidor elétrico

O medidor elétrico utilizado para o estudo foi o de Agulha DIGISYSTEM DUL 9009 (Figura 1-A). Para a realização das leituras do medidor elétrico, as agulhas foram posicionadas na direção da grã da madeira, de acordo com o manual do equipamento, em três posições (A, B e C) da peça para obter o valor médio de leitura (Figura 1–B). Para divisão dos pontos de leitura, cada corpo de prova foi dividido proporcionalmente em 5 segmentos de aproximadamente 4 cm, onde as duas extremidades foram descartadas para leitura; a posição B foi direcionada para leitura no meio da peça e as posições A e C, adjacentes a posição B, as leituras foram realizadas próximas ao lado esquerdo e direito da peça, respectivamente. Adotou-se este posicionamento para efetuar uma leitura média de cada corpo de prova.

Figura 1. (A) Medidor de umidade da madeira DIGISYSTEM DUL 9009 e (B) Amostra para determinação da umidade

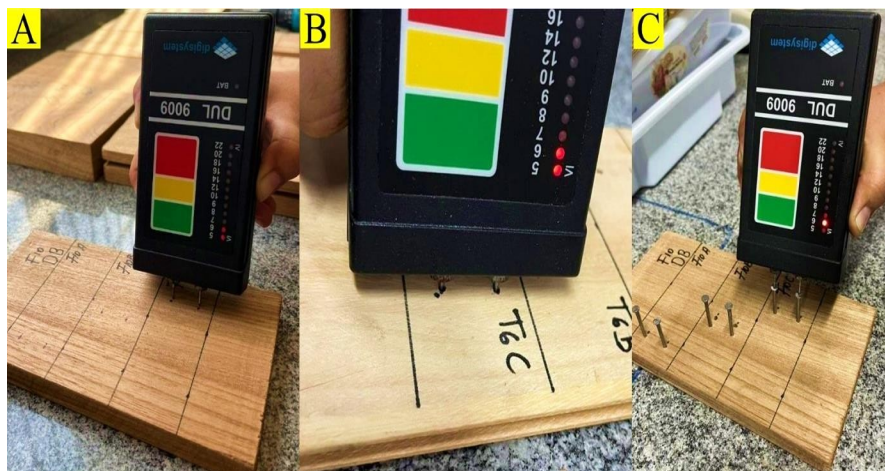


Fonte: Autoras

Em cada posição, foram testadas 3 metodologias de leituras com o medidor elétrico tipo agulha, sendo elas:

1. Leitura na Superfície (LS), agulhas em contato direto com a superfície da madeira (Figura 2-A);
2. Leitura abaixo da superfície (LM), com auxílio de uma furadeira foram feitos furos na madeira até a metade da espessura da peça para leitura da umidade no interior da peça (Figura 2-B);
3. Leitura abaixo da superfície com Pregos (LP), pregos foram inseridos até a metade da espessura da peça para leitura através do medidor (Figura 2-C).

Figura 2. Metodologias de leitura da umidade, onde (A) Leitura da Superfície, (B) Leitura do Meio e (C) Leitura com Pregos



Fonte: Autoras

2.3 Determinação da Umidade: Método Gravimétrico

A determinação da umidade utilizando o método gravimétrico consiste na secagem dos corpos de prova das amostras em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até massa

constante, para obtenção de massa seca. Em seguida é realizado o cálculo através da Equação 1, de acordo com a ABNT NBR-12551 (ABNT, 2002).

(1)

Onde: TU: teor de umidade (%); M_u : massa úmida (g); M_s : massa seca (g).

2.4 Determinação da densidade básica da madeira

Inicialmente as amostras foram imersas em água para saturação da madeira para determinação da densidade básica baseada na NBR11941:2003 (ABNT, 2003), onde o volume saturado foi obtido pelo método da balança hidrostática e massa seca (g), por pesagem após secagem em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até massa constante e a densidade básica determinada pela equação 2.

(2)

Onde: D_b = Densidade Básica (g/cm^3); M_s = Massa Seca (g); V_{sat} = Volume Saturado (cm^3).

2.5 Delineamento Experimental

Para o desenvolvimento da análise estatística das variáveis em questão, inicialmente os dados foram avaliados descritivamente, a fim de identificar os padrões de comportamento para cada um dos tratamentos. Subsequentemente, foram verificadas os pressupostos de normalidade, independência e variância constante com o objetivo de desenvolvimento das análises paramétricas (Análise de Variância - ANOVA) das variáveis. Não atendendo aos pressupostos, optou-se pelo desenvolvimento de metodologias não-paramétricas, por meio do teste de Kruskal-Wallis e posteriormente o teste de Dunn para comparação múltipla.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade Básica

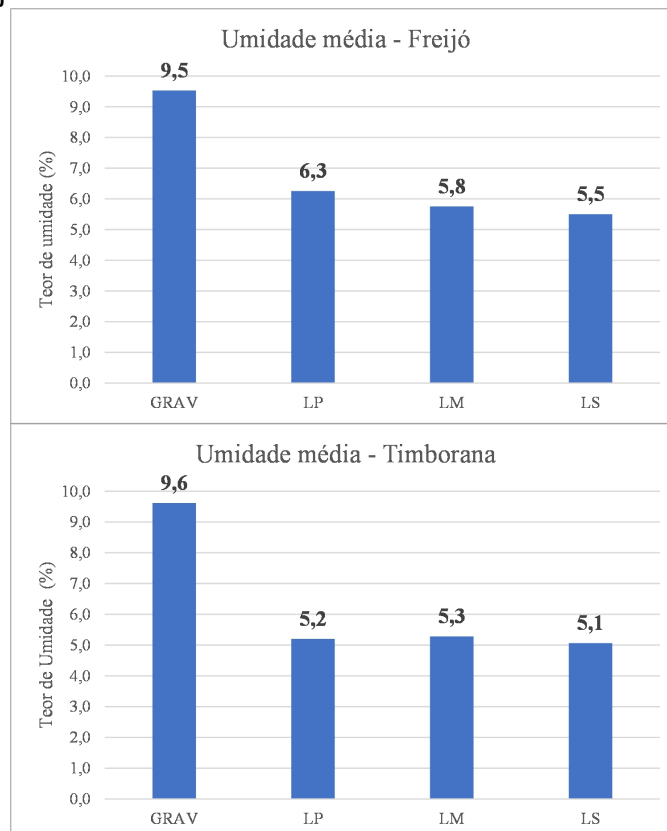
Dentre as espécies utilizadas nesta pesquisa a Sucupira apresentou a maior densidade básica, com valor de $0,72 \text{ g}/\text{cm}^3$, seguida da Timborana com o valor $0,67 \text{ g}/\text{cm}^3$ e o Freijó com o menor valor de $0,41 \text{ g}/\text{cm}^3$. De acordo com o Laboratório de Produtos Florestais - LPP (2024), madeiras com densidade variando de $0,50$ até $0,72 \text{ g}/\text{cm}^3$ são classificadas como madeiras de média

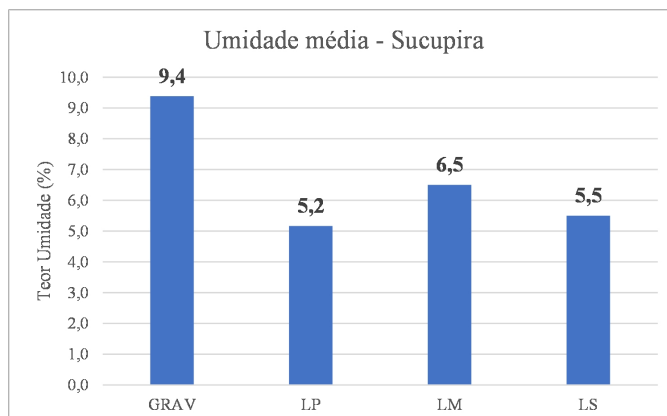
densidade, como as amostras de Sucupira e Timborana. Já o Freijó pode ser classificado como espécie de densidade leve, por apresentar o valor médio de 0,41 g/cm³, estando abaixo de 0,50 g/cm³.

3.2 Umidade

As três espécies apresentaram o teor de umidade variando de 9,4% a 9,6%, demonstrando que as mesmas estavam em equilíbrio com ambiente (Figura 3). No entanto, ao realizar a leitura de umidade com o medidor elétrico obteve-se valores mais baixos em relação aos obtidos no método gravimétrico, variando entre 5,1% a 6,5%.

Figura 3. Gráfico comparativo das leituras de umidade das espécies Sucupira, Timborana e Freijó





Onde: GRAV – Método gravimétrico; LP - Leitura prego; LM – Leitura Meio; LS – Leitura Superfície. Fonte: As Autoras (2024)

Segundo o manual da fabricante DIGISYSTEM, se as leituras de umidade obtidas com o medidor forem baixas (abaixo de 15%) deve-se somar 0,5% ao valor, se forem em torno de 15% de umidade soma-se 1% e até 2% em torno de 25% umidade (DIGISYSTEM, [20--]), desta forma, o fator de correção sugerido pelo manual também foi inserido para fins de comparação (Tabela 1).

Tabela 1. Análise comparativa do teor de umidade obtido pelo método gravimétrico e o medidor elétrico

	Sucupira		Timborana		Freijó	
	Média	Mediana	Média	Mediana	Média	Mediana
GRAV. (%)	9,4	9,2 a	9,6	9,8 a	9,5	9,6 a
DP	1,03		0,60		0,29	
CV (%)	11,01		6,19		3,07	
LP (%)	5,2%	5,2 d	5,2%	5,3 bc	6,3%	6,0 b
FC (%)	5,7%		5,7%		6,8%	
DP	0,17		0,16		0,60	
CV (%)	3,23		3,14		9,56	
LM (%)	6,5%	6,1 b	5,3%	5,2 b	5,8%	5,7 c
FC (%)	7,0%		5,8%		6,3%	
DP	0,91		0,22		0,11	
CV (%)	14,00		4,24		1,94	
LS (%)	5,5%	5,5 c	5,1%	5,0 c	5,5%	5,5 d
FC (%)	6,0%		5,6%		6,0%	
DP	0,00		0,15		0,00	
CV (%)	0,00		3,01		0,00	

Onde: GRAV.: Método gravimétrico; LP: Leitura Pregos; LM: Leitura Meio; LS: Leitura Superfície, FC: Fator de correção, CV: Coeficiente de Variação, DP: Desvio Padrão, Valor – p: < 0,000, Teste de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5% (= 0,05). Medianas com letras diferentes na coluna, apresentam a diferença significativa através do teste de Dunn. Fonte: As Autoras (2024).

Entre os métodos, todos os valores obtidos apresentaram diferença estatística significativa, com exceção das amostras de Timborana, onde a Leitura Pregos (LP) não apresentou diferença em comparação com LM e LS. Em termos de

valores absolutos, considerando os valores de mediana, a Leitura abaixo da superfície (LM) da Sucupira foi a que apresentou o maior valor de umidade. Para o Freijó e a Timborana a maior leitura foi na posição LP. As leituras mais distantes foram na Superfície (LS) nas espécies Timborana e Freijó, com exceção da espécie Sucupira.

A umidade obtida pelo método gravimétrico representa a umidade real da madeira baseando-se na relação entre massa da água e massa da madeira, enquanto o medidor elétrico realiza uma leitura em um ponto específico da madeira, desta forma o menor teor de umidade, como esperado, foi o da Leitura Superfície (com exceção da Sucupira), uma vez que a superfície da madeira geralmente estará mais seca que o seu interior. Os medidores elétricos realizam a leitura pontual, possibilitando verificar o gradiente de umidade de uma peça. Uma alternativa para obter valores mais precisos seria adotar uma metodologia de fator de correção conforme demonstrado por Donato (2013).

4. CONCLUSÃO

As leituras de umidade realizadas pelos medidores elétricos apresentaram valores médios de aproximadamente 31% inferiores em relação ao método gravimétrico. Das três metodologias utilizadas para leitura de umidade, a Leitura abaixo da superfície (LM) foi a que obteve o melhor desempenho para as amostras de Sucupira e Timborana, e a Leitura Prego para o Freijó.

5. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR-11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR-12551**: Madeira serrada – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 7p.
- BATISTA, W. R.; SANTOS, J. E. G.; SEVERO, E. T. D. *et al.* Calibração de um equipamento TDR (reflectometria por domínio do tempo) para a determinação da umidade da madeira de *Grevillea robusta* (Cunn.). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 129- 145, 2011.
- DIGISYSTEM: indústria de sistemas eletrônicos Ltda. **Manual em PDF: Medidor de Umidade para Lâminas**. Curitiba, [2014].
- DONATO, D. B.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. *et al.* Determinação da umidade da madeira em tora por diferentes métodos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 449–453, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.80.608. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/608>. Acesso em: 21 ago.

2023.

GALINA, I. C. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem de Madeiras**. Associação Nacional dos Produtos de Pisos de Madeira. Curso Técnico. 2013. 36p.

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.

MININI, D.; BRAGA, B. A.; MARIA, D. M. B. *et al.* **Qualidade e processamento da madeira serrada no Brasil: qualidade e estado da arte**. In: EVANGELISTA, W.V. (Org.). *Madeiras nativas e plantadas no Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades*. Guarujá: Editora Científica Digital Ltda., v.1, p.402-419, 2021.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Laboratório de Produtos Florestais (LPF)**. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/bd-madeiras-brasileiras/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

RODRIGUES, W. **Determinação do teor de umidade em madeiras por meio de medidores elétricos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-16092016-111220/pt-br.php>. Acesso em: 05 nov. 2023.