

# VARIAÇÃO DIMENSIONAL DA MADEIRA COM A UMIDADE

**ALÍPIO, Alex Roberto<sup>1</sup>**

Faculdades Integradas Maria Imaculada  
[alexralipio@gmail.com](mailto:alexralipio@gmail.com)

**BARBOSA, Hugo Luiz<sup>2</sup>**

Faculdades Integradas Maria Imaculada  
[hugo@hbxprojetos.eng.br](mailto:hugo@hbxprojetos.eng.br)

**COSTA, Odilon Antônio Leme<sup>3</sup>**

Faculdades Integradas Maria Imaculada  
[odilon.eng@uol.com.br](mailto:odilon.eng@uol.com.br)

## RESUMO

A umidade é uma das principais causas de patologias em construções. A madeira, por se tratar de um material natural e com isso de comportamento irregular, possui um efeito higroscópico que nada mais é do que a capacidade de absorver água em estado líquido ou estado gasoso (vapor), e possui um efeito anisotrópico que basicamente é a variação das características dimensionais pelo o efeito da umidade. O objetivo foi encontrar uma equação matemática que descreva o comportamento volumétrico da madeira pela influência da umidade. (Analisando o peso e as dimensões dos corpos de prova que foram analisados devido a variação volumétrica de corpos de prova de acordo com a umidade). E acompanhar o quanto a variação da umidade afeta nas dimensões dos corpos de prova. Foi necessário a utilização de medições (peso e variação volumétrica) e acompanhamento através de ensaios de corpos de prova para aquisição de dados e parâmetros de tendência do comportamento higroscópico das amostras que foram analisadas no laboratório de Engenharia nas dependências das Faculdades Integradas Maria Imaculada.

**Palavras-chave:** Madeira. Anisotropia. Umidade.

---

<sup>1</sup> Bacharel em Engenharia Civil pelas FIMI.

<sup>2</sup> Bacharel em Engenharia Civil pelas FIMI e Tecnólogo em Projetos Mecânicos

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Agrícola – Unicamp – outubro/2006; Especialista em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas – UFPb – dezembro de 1998; Engenheiro Civil – Escola de Engenharia de São Carlos – USP – janeiro/1976; Professor Titular do Instituto Maria Imaculada – Mogi Guaçu – desde de fevereiro/2013.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a pré-história, a madeira é um dos elementos comumente utilizado na área da construção civil. Mesmo assim, o conhecimento aprofundado de suas características é novo quando comparado com outros materiais. E com o surgimento de novas tecnologias, os problemas têm sido cada vez mais comuns. Entre eles, os causados pela umidade relativa do ar. (MACHADO, 2006).

As madeiras utilizadas em construção civil são usualmente divididas em duas categorias: as chamadas ‘madeiras duras’ ou hardwoods (retiradas de árvores dicotiledôneas, de crescimento lento eventualmente chamadas de madeira de lei) e ‘madeiras moles’ ou softwoods (retiradas de árvores coníferas, de crescimento rápido). (PFEIL; PFEIL, 2003).

Em razão do crescimento natural da madeira, a mesma apresenta um comportamento que a diferencia dos demais materiais de construção, a anisotropia, caracterizada pelas diferentes propriedades, conforme a orientação das fibras, nas três direções (longitudinal tangencial e radial). Desta forma, a madeira apresentará variação na sua resistência, retração (ou inchamento) em razão do eixo considerado. (PFEIL; PFEIL, 2003).

A madeira, como material de construção apresenta uma grande versatilidade, podendo ser empregada desde o alicerce, como elemento estrutural, de vedação e até mobiliário. A grande variedade de espécies ocasiona características extremamente diferenciadas e, portanto, propriedades mecânicas totalmente distintas. Sendo a madeira extremamente sensível à variação da umidade, para que seja possível a comparação entre espécies, é usual analisar cada parâmetro partir de uma umidade padrão de 15%, em muito aproximada ao ponto de saturação das fibras. Como exemplo, podemos citar o caso da densidade aparente, também chamada de massa unitária, que chega a atingir diferenças da ordem de  $900 \text{ kg/m}^3$ , entre espécies. (COSTA, 2005).

A exploração indiscriminada tem exaurido as reservas e determinado a substituição das espécies tradicionalmente utilizadas, nem sempre com resultados satisfatórios, em razão da utilização de espécies inadequadas. (NAHUZ et al., 2013).

Os critérios para utilização da madeira devem indicar as propriedades características necessárias ao bom desempenho no uso final. Em tais critérios, serão identificados os valores máximos e mínimos de desempenho, sendo que os critérios podem ser de valores tradicionais no emprego da madeira. Os principais grupos de usos identificam a adequação para seleção da madeira com os componentes e requisitos técnicos. (NAHUZ et al., 2013).

A umidade das madeiras é influenciada pela temperatura do meio físico e a umidade relativa do ar. Ao estabelecer este valor como uma variável da madeira, obtivemos então um parâmetro que podemos chamar de umidade de equilíbrio. Esta umidade de equilíbrio possibilita uma estimativa da umidade da madeira em diversos tipos de condições. (GALVÃO, 1975).

A umidade da madeira é um tema bastante discutido no meio acadêmico. Dentre os fatores que influenciam na umidade de equilíbrio da madeira, podemos citar: umidade relativa, temperatura, espécie da madeira e extrativos, a história da exposição, tensões mecânicas e exposição ao sol. Porém, os fatores principais são a umidade e a temperatura. (SKAAR, 1988).

Há alguns anos, a ABNT-NBR-7190 - Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira (1982), recomendava o uso da madeira e a classificava como “verde” recomendando esta classificação na concepção de todos os projetos, juntamente com a umidade acima do ponto de saturação das fibras. Com esta classificação, todas as madeiras têm sua resistência constante, porém ela é diminuída consideravelmente. Sabe-se também que quando utilizada uma madeira nova, ela estará “verde”, porém com o passar dos meses sua resistência será aumentada. Com a atualização da ABNT-NBR 7190 – Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira (1997), estabeleceu então um fator de umidade para todas as madeiras de 12%. (LOGSDON, 1998)

Anisotropia basicamente é a característica que determinado elemento possui de ter suas características físicas e químicas diferentes nas diferentes direções. Por se tratar de um material natural onde seu crescimento é axial, radial e longitudinal simultaneamente, a madeira possui um arranjo anisotrópico bastante característico. (NENNEWITZ et al; 2008).

Devido ao alinhamento das células e seu crescimento, existe uma diferença de propriedades entre os eixos radial e tangencial. Por outro lado, devemos nos importar quando analisados na direção das fibras principais (ou longitudinais) e perpendicular à direção das fibras. (PFEIL; PFEIL, 2003).

Uma das principais propriedades da madeira é a massa específica aparente, pois desta propriedade depende quase todas as outras. É com este parâmetro que classificamos a madeira. Em média, as madeiras mais pesadas são mais resistentes, elásticas e duras do que as madeiras mais leves. Também por esta característica, tem sua trabalhabilidade diretamente afetada. Quando avaliado as características de corpos de prova, é necessário que os dois estejam com a mesma umidade. No Brasil, diversas regiões possuem valores ideais de

equilíbrio para a madeira. Esse valor seria a uma temperatura de 20°C e umidade relativa do ar em 65%. (MORESCHI, 2014).

Sabe-se que é muito difícil determinar exatamente o valor real da umidade da madeira. Assim que removida a amostra de dentro da estufa, a mesma já começa a absorver umidade do ar. Isso faz com que a medição do volume da madeira e o nível do valor da umidade exata tenha certa variação. Com isso utiliza-se a estrutura interna do lenho. Cada espécie possui um valor de massa específica característica. (MORESCHI, 2014)

O objetivo geral desta análise foi encontrar uma equação matemática que descreva o comportamento volumétrico da espécie *Tamarindus indica* L pela influência da umidade.

Já o objetivo específico foi verificar o quanto a umidade, em função do peso de água e as dimensões dos corpos de prova se alteram e apresentar os resultados. Analisar a variação volumétrica de corpos de prova de acordo com a umidade. E acompanhar o quanto a variação da umidade afeta nas dimensões dos corpos de prova.

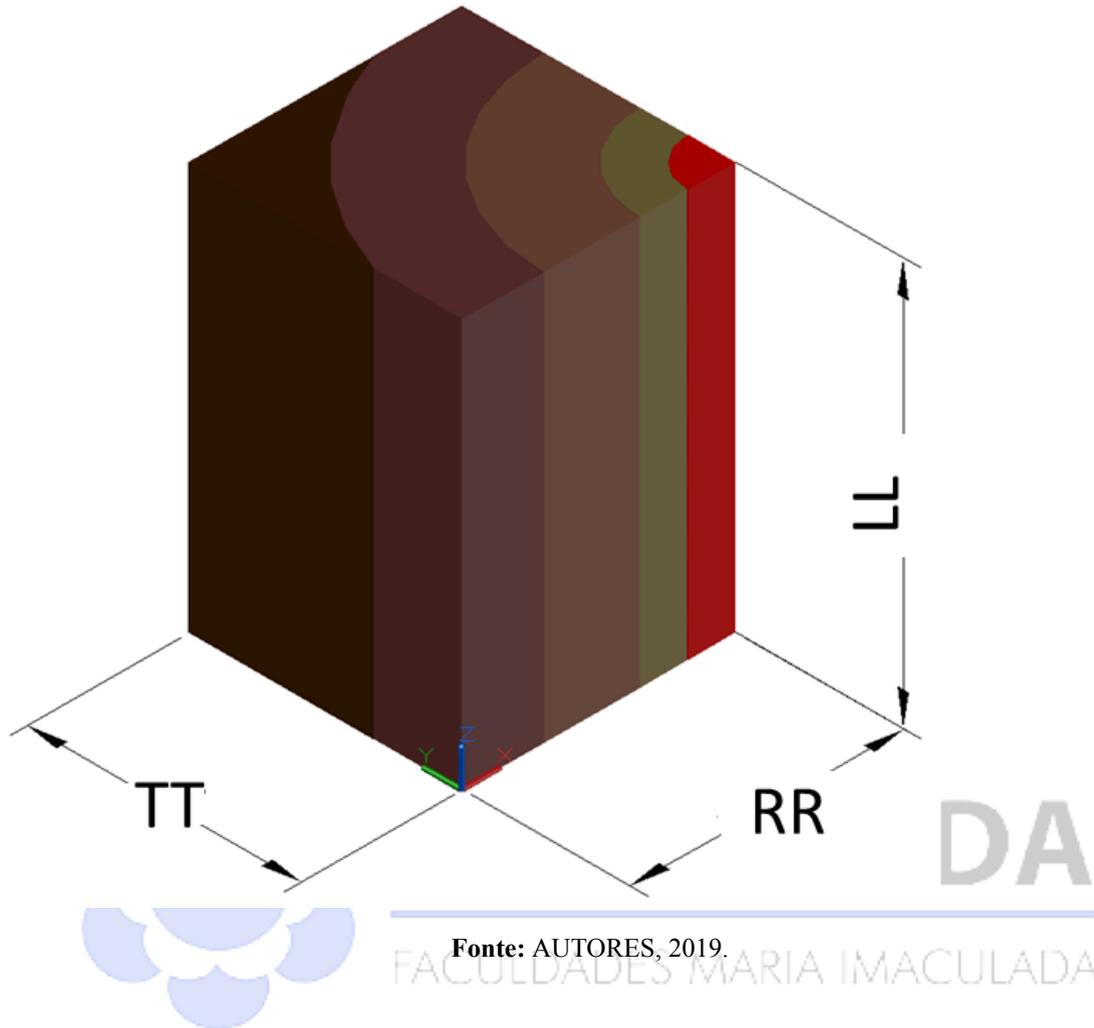
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram ensaiadas no laboratório de Engenharia nas dependências das Faculdades Integradas Maria Imaculada.

Com intuito de encontrar a taxa de variação da madeira, selecionamos oito blocos de madeira denominada *Tamarindus indica* L, que é uma madeira lei, classificada como dicotiledônea e é popularmente conhecida como Tamarindo.

As dimensões foram (aproximadamente) 5,0 x 5,0 x 5,0 cm (sendo largura (x), base (y) e altura (z) respectivamente). Estes blocos foram previamente escolhidos de forma que o corte da medula esteja na direção z do bloco (**Figura 2.**)

**Figura 2** – Apresentação da posição do cerne dos blocos escolhidos



Todos os corpos de prova foram numerados e anotadas as suas dimensões e peso em uma tabela comparativa.

Após a identificação dos corpos de prova, os mesmos foram imersos em um tanque com água e ficaram em repouso por um dia para absorverem água.

No dia seguinte, foram pesadas e anotadas as dimensões. Após a anotação de todas as características dimensionais, os corpos de prova foram levados a estufa por um período de 01 (uma) hora a 150°C.

Com a remoção da umidade, os blocos foram pesados e medidos novamente para determinação de parâmetros. Este processo se repetiu por mais 4 vezes.

Após a aquisição das dimensões das amostras, as mesmas foram levadas a estufa a 100°C por um período de 24 horas afim de eliminar 100% da umidade e conferido as dimensões das amostras e estabelecidas como zero água.

Com as informações coletadas, foi traçado um gráfico de “taxa de umidade” x “variação volumétrica” e comparado se os comportamentos de todos os corpos de prova são parecidos e se é possível prever o comportamento.

### 3 RESULTADOS

Na **Figura 3** apresentamos a análise e o acompanhamento de oito amostras em cinco testes, estando anotadas as suas informações como apresentado abaixo:

**Figura 3** – Informações coletadas

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
Teste 1								
Peso	96,207	103,0611	98,7634	105,5216	103,0192	100,9137	102,7335	102,2583
RR	43,52	43,50	43,39	43,60	43,58	43,52	43,60	43,53
LL	44,12	45,46	44,78	45,83	45,80	45,75	44,68	46,01
TT	47,13	47,01	46,85	45,67	45,06	46,07	44,75	45,83
VOL.	90494,43	92962,75	91029,75	91257,25	89938,14	91727,21	87175,15	91789,03
Teste 2								
Peso	88,9729	95,586	91,1817	97,3566	95,8012	92,5937	93,2298	92,5252
RR	43,82	43,68	43,65	45,66	43,78	43,46	43,84	43,41
LL	46,92	45,06	44,62	43,76	44,96	45,75	44,68	46,00
TT	49,92	46,88	46,62	43,88	45,04	46,04	44,62	45,51
VOL.	102637,24	92270,19	90800,05	87675,82	88654,43	91541,10	87400,37	90877,10
Teste 3								
Peso	82,7346	89,1091	84,631	91,9827	89,2567	87,419	87,4678	88,5864
RR	43,12	43,36	43,28	45,14	43,38	43,31	43,07	43,31
LL	44,12	45,03	44,62	43,29	44,75	45,74	44,68	45,98
TT	46,43	46,72	46,39	43,17	45,02	45,85	44,49	45,19
VOL.	88330,96	91220,84	89586,22	84358,95	87395,30	90828,82	85615,11	89991,09
Teste 4								
Peso	79,4691	84,8895	80,3526	87,6557	85,9137	83,8334	83,4688	84,7921
RR	42,71	42,73	42,50	44,48	42,67	42,74	42,42	42,84
LL	44,12	44,95	44,62	45,70	44,59	45,73	44,68	45,19
TT	46,33	46,20	45,84	42,38	45,00	45,36	44,36	44,80
VOL.	87302,64	88736,96	86928,68	86147,35	85619,49	88656,13	84076,64	86730,09
Teste 5								
Peso	75,846	79,1119	76,1605	82,4498	79,8997	78,5807	79,5185	79,7587
RR	42,25	42,04	42,04	44,07	42,16	42,06	42,19	42,38

LL	43,90	44,85	44,63	45,66	44,43	45,70	44,65	45,02
TT	45,43	45,37	45,31	42,03	44,96	44,63	44,23	44,22

Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 4**, apresentamos a quantidade de água que cada amostra absorveu. Os dados apresentados estão em grama de agua.

**Figura 4** – Informações coletadas – Peso da água (em gramas)

PESO							
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
20,361	23,9492	22,6029	23,0718	23,1195	22,333	23,215	22,4996
13,1269	16,4741	15,0212	14,9068	15,9015	14,013	13,7113	12,7665
6,8886	9,9972	8,4705	9,5329	9,357	8,8383	7,9493	8,8277
3,6231	5,7776	4,1921	5,2059	6,014	5,2527	3,9503	5,0334
0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 5**, apresentamos a quantidade de água que cada amostra absorveu. Os dados apresentados estão em porcentagem.

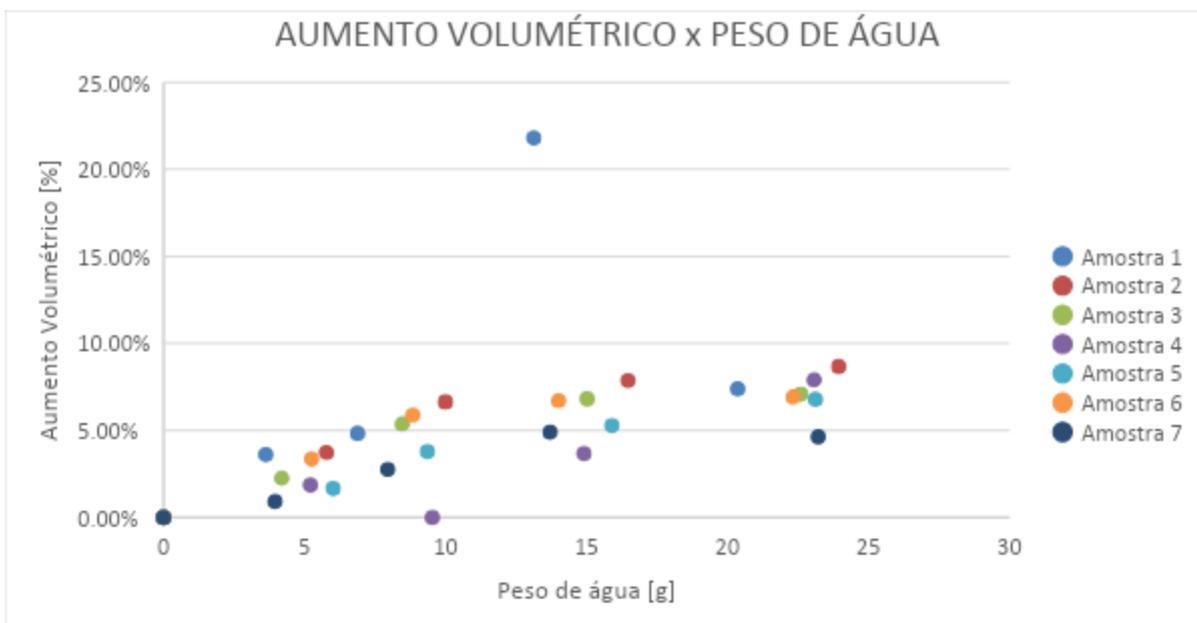
**Figura 5** – Informações coletadas – Peso da água (em porcentagem)

VOLUME							
Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
7,40%	8,67%	7,08%	7,90%	6,79%	6,93%	4,63%	8,79%
21,81%	7,86%	6,81%	3,67%	5,27%	6,71%	4,90%	7,71%
4,83%	6,64%	5,38%	-0,25%	3,77%	5,88%	2,75%	6,66%
3,61%	3,73%	2,25%	1,86%	1,66%	3,35%	0,91%	2,80%
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Fonte: Autores, 2019

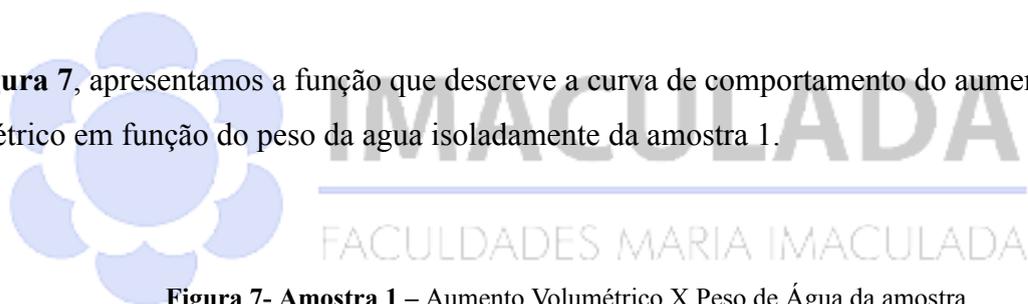
Na **Figura 6**, apresentamos a dispersão de cada amostra por aumento volumétrico das em função do peso da água.

**Figura 6** – Informações coletadas – Aumento volumétrico X Peso de água (em porcentagem)

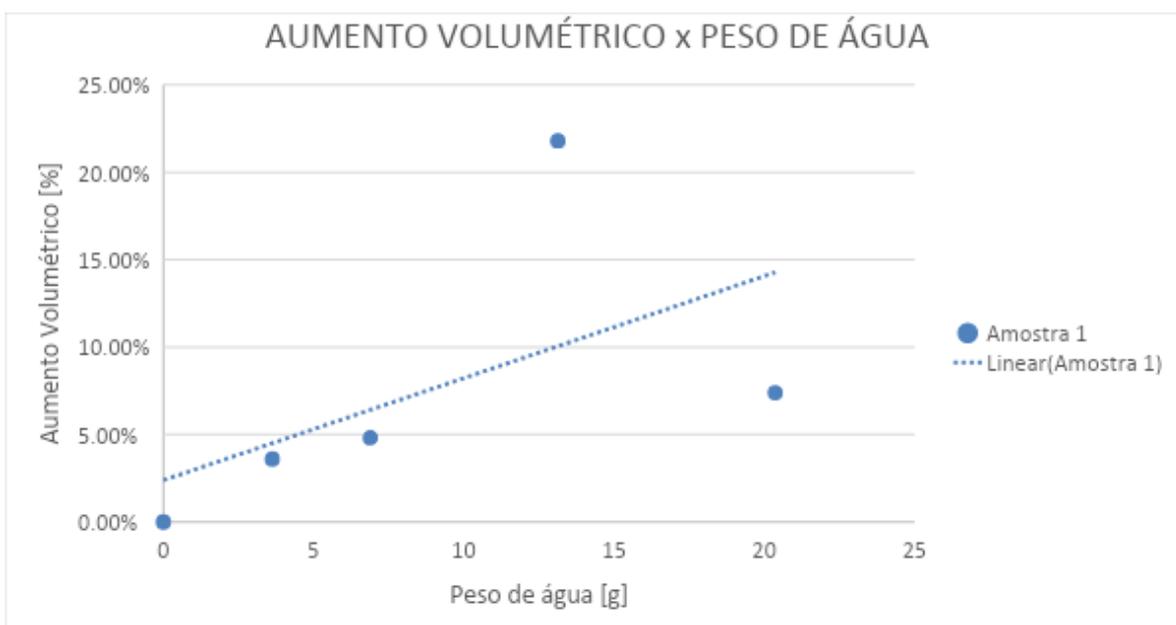


Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 7**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 1.



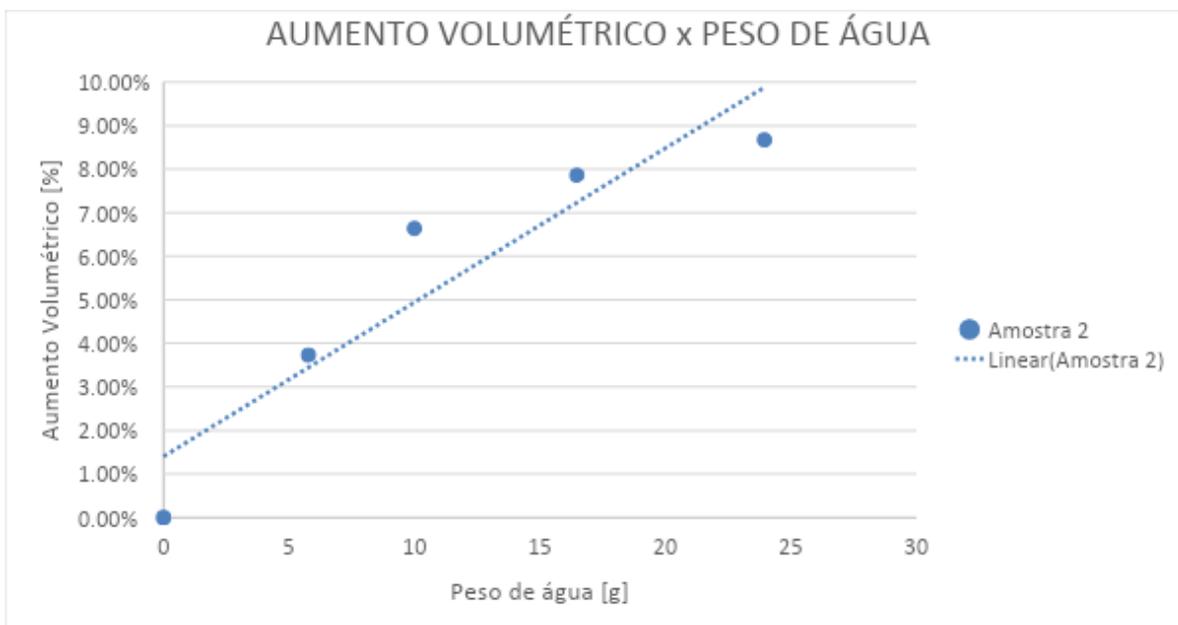
**Figura 7- Amostra 1** – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 8**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 2.

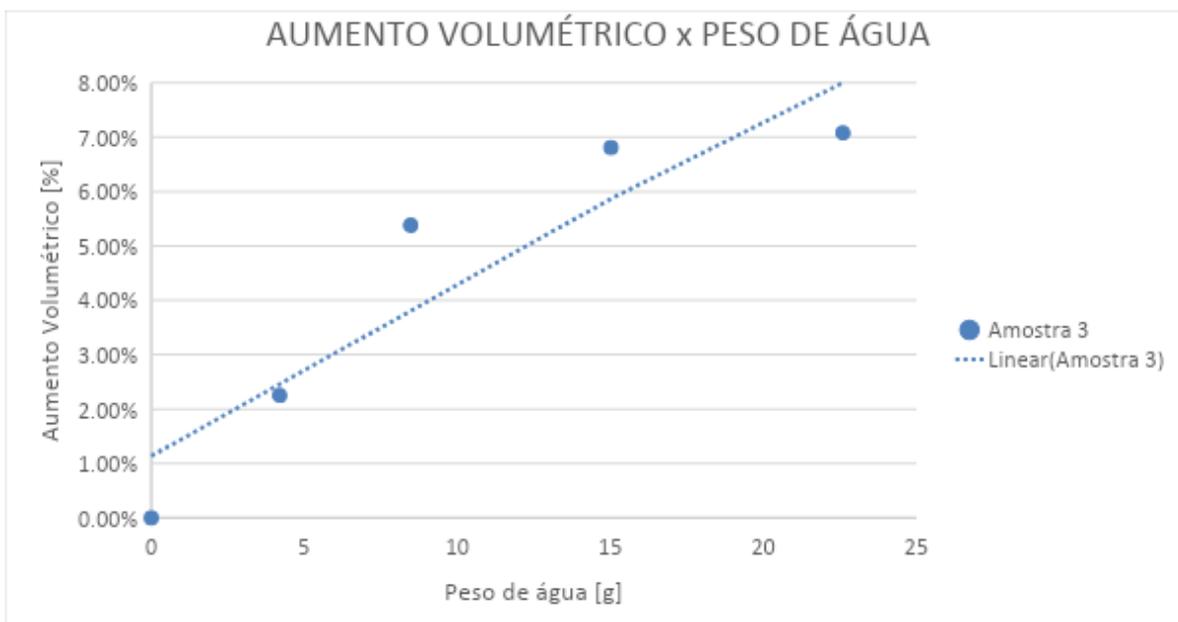
**Figura 8 - Amostra 2 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 9**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 3.

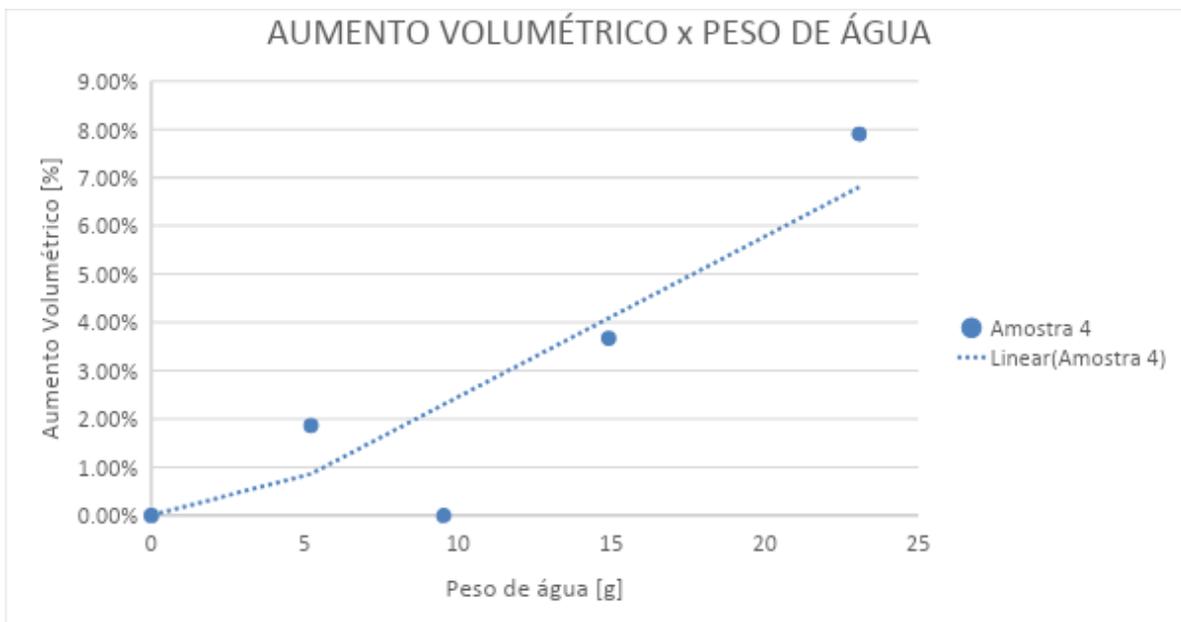
**Figura 9 - Amostra 3 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 10**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 4.

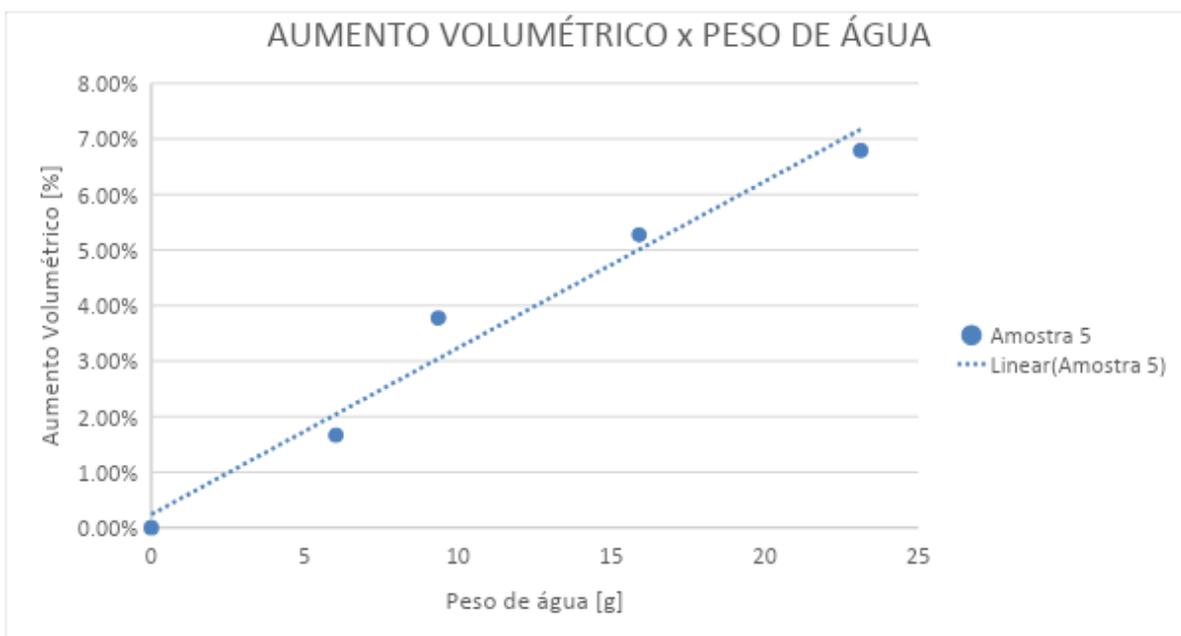
**Figura 10 - Amostra 4 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 11**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 5.

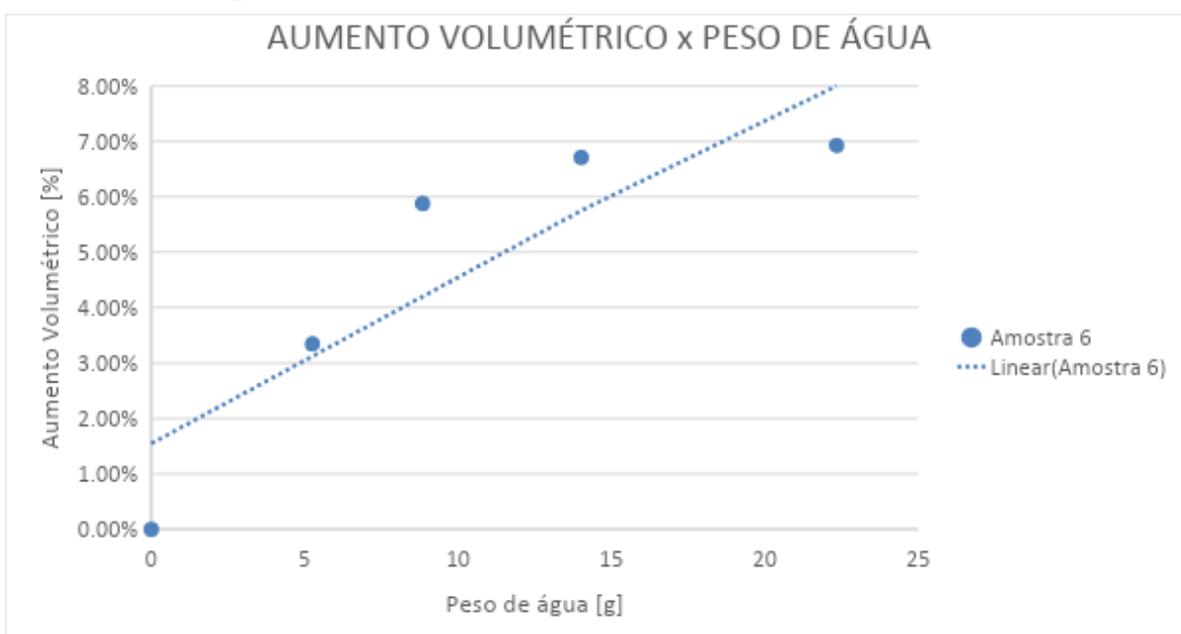
**Figura 11 - Amostra 5 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 12**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 6.

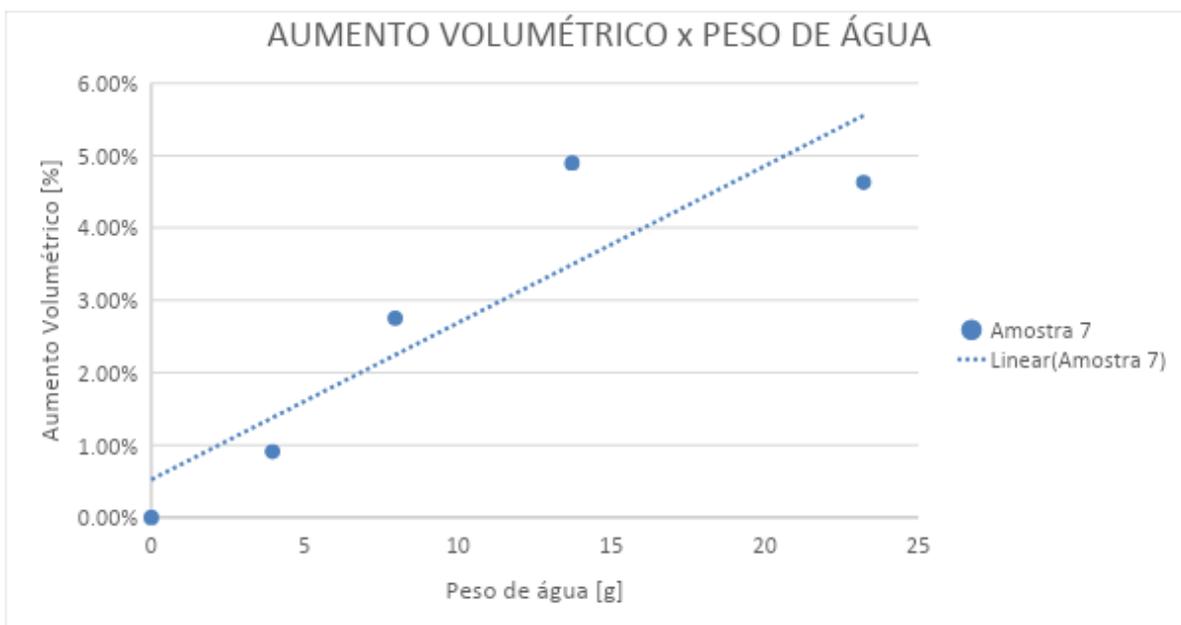
**Figura 12 - Amostra 6 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 13**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 7.

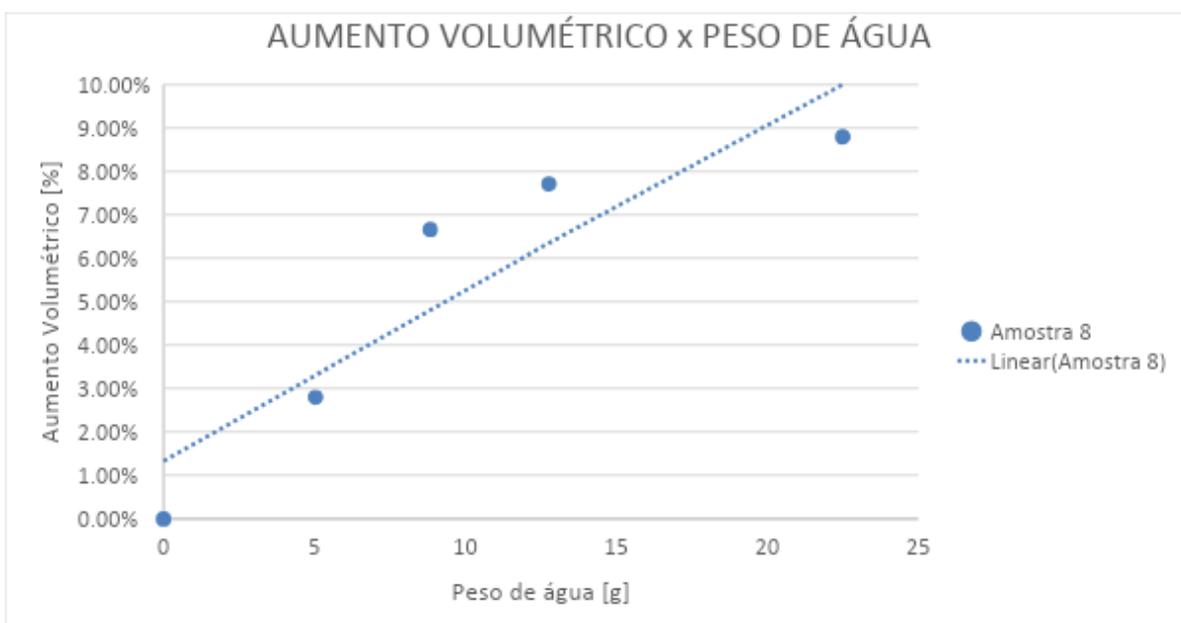
**Figura 13 - Amostra 7 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



Fonte: Autores, 2019

Na **Figura 14**, apresentamos a função que descreve a curva de comportamento do aumento volumétrico em função do peso da água isoladamente da amostra 8.

**Figura 14 - Amostra 8 – Aumento Volumétrico X Peso de Água da amostra**



## 4 DISCUSSÃO

Como apresentado nas figuras elaboradas, e de acordo com o valor de  $R^2$  apresentado dentro de cada uma delas, as amostras têm um comportamento parecido devido a linha de tendência. No entanto, mesmo que cada comportamento possui uma variação da equação de “y” diferente. Mesmo que o valor de  $R^2$  esteja próximo (menos o da amostra 1 – Figura 7)

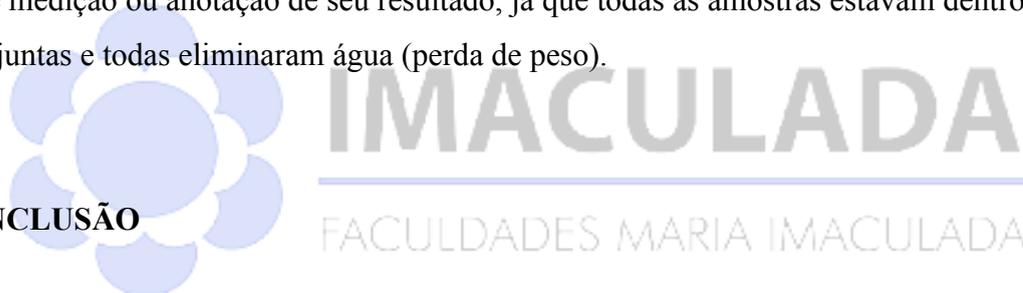
Na figura 5, foi observado também que existe uma discrepância entre o valor medido no 2º teste da amostra 1, onde informa uma variação de 21,81%. Este valor, quando editado para (por exemplo) 5,0% deixa o gráfico da Figura 6 com resultados próximos aos demais ensaios realizados.

Também na figura 5, verificamos que no teste 3 da amostra 4, o corpo de prova ganhou peso, conseqüentemente, água. Este valor, hora informado, deve ter sofrido algum erro de medição ou anotação de seu resultado, já que todas as amostras estavam dentro da estufa juntas e todas eliminaram água (perda de peso).

## 5 CONCLUSÃO

Concluimos então que o objetivo do trabalho foi alcançado e que é realmente possível conseguir prever o comportamento do material.

Quando comparamos as amostras, é fácil observar que as curvas de tendência são muito próximas e de fácil reprodução com a equação polinomial de 2ª ordem. Portando de fácil execução e entendimento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

COSTA, Odilon Antonio Leme da. **VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE ULTRA-SOM NA MADEIRA PARA DIFERENTES**. Orientador: DRa. RAQUEL GONÇALVES. 103f. Trabalho de conclusão de curso (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GALVÃO, Paulo Mendes. Estimativas da Umidade de Equilíbrio da Madeira em Diferentes Cidades do Brasil. **IPEF**, n.11, p.53-65,1975.

LOGSDON, Norman Barros. **INFLUÊNCIA DA UMIDADE NAS PROPRIEDADES DE RESISTÊNCIA E RIGIDEZ DA MADEIRA**. Orientador: Carlito Calil Junior. 174f. Trabalho de conclusão de curso (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

MACHADO, Nuno Cláudio de Carvalho Mendes - **VARIAÇÃO DIMENSIONAL DA MADEIRA DEVIDA AO SEU COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO**. Orientador: Vasco Peixoto de Freitas. 146f. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2006.

MORESCHI, João Carlos. **PROPRIEDADES DA MADEIRA**. 2014. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

NAHUZ, Marcio Augusto Rabelo. **CATÁLOGO DE MADEIRAS BRASILEIRAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**. São Paulo: IPT, 2013.

NENNEWITZ, Ingo. *et al.* **MANUAL DE TECNOLOGIA DA MADEIRA**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2012.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

SKAAR, Christen - Wood-WaterRelations. 1988. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ZvTuCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=SKAAR,+Christen+&ots=iSn\\_p80AHt&sig=xi6bDlpE-3Ed9QSVN1wDladimho#v=onepage&q=SKAAR%2C%20Christen&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ZvTuCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=SKAAR,+Christen+&ots=iSn_p80AHt&sig=xi6bDlpE-3Ed9QSVN1wDladimho#v=onepage&q=SKAAR%2C%20Christen&f=false)  
Acesso em: 24 abr. 2019.