



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

---

## **TRABALHO FINAL DE CONCLUSÃO DE CURSO**

# **UTILIZAÇÃO DE UM CAPACÍMETRO PARA DETERMINAR A RELAÇÃO ENTRE O TEOR DE UMIDADE E CONSTANTE DIELÉTRICA DE SEIS ESPÉCIES DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM.**

Estudante: Matheus Couto Crisóstomo

Matrícula: 10/0036678

RG: 2410546 – SPP – DF

CPF: 749.747.931-87

Linha de pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

Orientador: Fernando Nunes Gouveia

Co-Orientador: Alexandre Florian da Costa

Trabalho Final de Conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.

**Brasília, Distrito Federal**

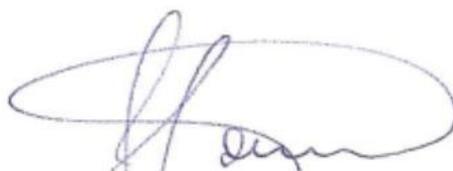
**11 de Julho de 2014**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**UTILIZAÇÃO DE UM CAPACÍMETRO PARA DETERMINAR A RELAÇÃO  
ENTRE O TEOR DE UMIDADE E CONSTANTE DIELÉTRICA DE SEIS  
ESPÉCIES DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA DURANTE O PROCESSO DE  
SECAGEM.**

Matheus Couto Crisóstomo, matrícula: 10/0036678

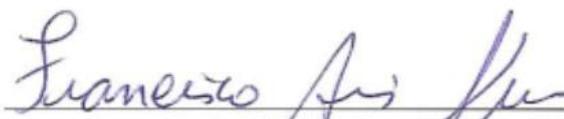
Menção: \_\_\_\_\_



Orientador: Doutor Fernando Nunes Gouveia  
Orientador LPF/SFB



Professor Doutor Alexandre Florian da Costa  
Co-orientador EFL/UnB



Mestre em Engenharia Elétrica Francisco Assis Lima  
Examinador Externo

---

Matheus Couto Crisóstomo

SHCGN 711, Bloco A, Casa 30, Asa Norte.

70750-761. Brasília – DF – Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu avô Adalberto pela oportunidade e por todo o suporte prestado ao longo da minha Graduação na Universidade de Brasília.

Agradeço à minha mãe Cláudia e a minha namorada Rayssa, por estarem comigo ao longo desta jornada e por todo o apoio prestado, assim como a motivação para que eu seguisse em frente e trabalhasse para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Fernando Nunes Gouveia, pela idealização do projeto e por todo o apoio durante a realização do trabalho.

Ao meu co-orientador, Dr. Alexandre Florian da Costa, por seu auxílio durante a realização do trabalho.

Ao Engenheiro Eletricista, Francisco Assis Lima, pela colaboração para a realização do presente trabalho.

Ao Laboratório de Produtos Florestais (LPF) por permitir a utilização de suas instalações.

## RESUMO

### UTILIZAÇÃO DE UM CAPACÍMETRO PARA DETERMINAR A RELAÇÃO ENTRE O TEOR DE UMIDADE E CONSTANTE DIELÉTRICA DE SEIS ESPÉCIES DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM.

O presente estudo teve como objetivo relacionar a constante dielétrica e o teor de umidade de seis espécies de madeiras da Amazônia não comercializadas, mas com alta abundância e dominância na FLONA Tapajós-PA, tais como: *Balizia elegans* (Fava-paricá), *Brosimum sp* (Amapá-doce), *Chamaecrysa scleroxylum* (Pau-santo), *Qualea dinizii* (Mandioqueira-rosa), *Trattinnickia burserifolia* (Amescla) e *Swartzia laurifolia* (Gombeira). Os corpos-de-prova para a determinação da constante dielétrica foram confeccionados com as dimensões de: 4,5 x 4,5 x 1cm, definidas por testes preliminares realizados no Laboratório de Produtos Florestais (LPF). A coleta dos valores de capacitância foi realizada com a construção de um capacitor, utilizando multímetro digital, fios de cobre, e placas de alumínio, sendo medidas em oito ocasiões com intervalos de uma hora cada, durante o processo de secagem, que iniciou na condição de massa saturada até atingir massa constante. A partir dos resultados foram ajustadas curvas de regressão entre os valores de teor de umidade e constante dielétrica da madeira, as quais apresentaram forte correlação entre as duas variáveis, mostrando a influencia do teor de umidade sobre a constante dielétrica. Houve também relação entre a massa específica das madeiras e constante dielétrica, a qual condicionou os valores máximos e mínimos desta propriedade.

Palavras-chave: resistividade elétrica, capacitância, secagem, madeiras amazônicas.

## ABSTRACT

### USE OF CAPACIMETER TO DETERMINATE THE RELATION BETWEEN HUMIDITY VALUES AND THE DIELECTRIC CONSTANT OF SIX SPECIES OF AMAZONIAN FOREST HARDWOODS DURING THE DRYING PROCESS.

The present study aimed to relate the dielectric constant and the humidity of six Amazonian tropical hardwood rarely used, but with high abundance and domination in the National Forest of Tapajós- State of Para, like: *Balizia elegans* (Fava-paricá), *Brosimum sp* (Amapá-doce), *Chamaecrysta scleroxylum* (Pau-santo), *Qualea dinizii* (Mandioqueira-rosa), *Trattinnickia burserifolia* (Amescla) e *Swartzia laurifolia* (Gombeira). The samples used to determinate the dielectric constant were made with the dimensions of: 4,5 x 4,5 x 1cm, defined by preliminary tests realized at Forestry Products Laboratory (LPF). The values of capacitance were collected making a capacitor using a digital multimeter, copper's wires, and aluminum's plates, and with the values collected eight times with intervals of one hour, during the drying process, starting at saturated mass to constant mass. Therefore, with the test's results were established regression's curves between humidity values and the dielectric constant of wood, which showed a strong correlation between the two variables, showing the influence of the humidity over the dielectric constant. Another correlation found was between specific mass and dielectric constant, which one conditioned the maximum and minimum values of this property.

Keywords: electric resistance, capacitance, drying, Amazonian woods.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
LISTA DE FIGURAS .....	IX
LISTA DE TABELAS .....	X
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	2
2.1 Objetivo Geral: .....	2
2.2 Objetivos Específicos: .....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1 Massa específica da madeira.....	3
3.2 Madeira e sua relação com a água.....	3
3.3 Teor de umidade.....	4
3.4 Métodos de determinação do teor de umidade .....	5
3.4.1 Método gravimétrico .....	5
3.4.2 Método elétrico.....	6
3.4.2.1 Método Resistivo .....	6
3.4.2.2 Método Capacitivo .....	7
3.5 Propriedades Elétricas da madeira .....	8
3.5.1 Capacitância .....	8
3.5.2 Constante Dielétrica .....	9
3.6 Espécies Utilizadas .....	10
3.6.1 <i>Balizia elegans</i> (Fava-paricá).....	10
3.6.2 <i>Brosimum sp</i> (Muirapiranga) .....	11
3.6.3 <i>Chamaecrysta scleroxylum</i> (Pau-santo) .....	11
3.6.4 <i>Qualea dinizii</i> (Mandioqueira-rosa) .....	12
3.6.5 <i>Trattinnickia burserifolia</i> (Amescla) .....	12
3.6.6 <i>Swartzia laurifolia</i> (Gombeira) .....	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS .....	14
4.1 Confecção dos Corpos de Prova .....	14
4.2 Secagem das amostras .....	14
4.3 Coleta dos Dados de Capacitância .....	16
4.4 Análise dos Dados .....	17

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5.1 Valores Médios de Constante Dielétrica em Função do Teor de Umidade das Espécies Estudadas .....	19
5.2 Curvas e equações ajustadas .....	20
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
ANEXO .....	28

## Lista de Figuras

Figura 3-1: Medidor elétrico de umidade DYGYSYSTEM – Modelo DL 2000.....	6
Figura 3-2: Medidor de teor de umidade MERLIN – Modelo ECO10 HD .....	7
Figura 3-3: Capacitor composto por duas placas e um dielétrico (vácuo) .....	8
Figura 4-1: Estufa de bancada MARCONI - Modelo 032/1 .....	15
Figura 4-2: Balança analítica digital METTLER - Modelo PM6100 .....	15
Figura 4-3: Capacitor construído para coleta de capacitância.....	16
Figura 4-4: Interface do Software <i>Curve Expert</i> 1.3 .....	17
Figura 5-1: Curva de regressão das espécies estudadas.....	22

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Teores de umidade recomendados para diversos usos .....	5
Tabela 2: Valores da constante dielétrica de materiais isolantes (dielétricos) .....	10
Tabela 3: Espécies de madeiras amazônicas estudadas no processo de secagem .....	14
Tabela 4: Classificação com base na Massa específica e Teor de Umidade Máximo ...	18
Tabela 5: Médias de Teor de Umidade e Constante Dielétrica .....	19
Tabela 6: Equações ajustadas e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) .....	21
Tabela 7: Valores de Constante dielétrica (k) para cada espécie .....	21
Tabela 8: Valores Máximos e Mínimos de Constante dielétrica e Teor de umidade .....	23

## 1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo sabe-se que o teor de umidade, isto é, quantidade de água presente na madeira, exerce forte influência sobre as propriedades e respostas que este material apresenta em seus diversos possíveis usos. O aumento do teor de umidade da madeira afeta principalmente as propriedades mecânicas, reduzindo a sua resistência aos esforços mecânicos, altera a sua estabilidade dimensional, assim como também afeta as suas propriedades elétricas, reduzindo o seu caráter isolante, e por último a sua resistência ao ataque de organismos xilófagos, conforme constatado por vários autores.

Decorre deste fato que uma secagem adequada contribui para o aumento da qualidade do produto final, de modo a atender padrões exigidos pela indústria e pelos órgãos certificadores. Portanto, torna-se imprescindível conhecer o teor de umidade da madeira, e, para isto, o método mais utilizado é o método gravimétrico, que consiste na secagem de amostra com teor de umidade desconhecido até atingir massa constante. Entretanto é possível encontrar diversos equipamentos no mercado que permitem a mensuração desta variável de maneira portátil, acessível e rápida. Estes equipamentos se caracterizam por fazer a leitura do teor de umidade da madeira a partir de suas propriedades elétricas, e podem ser considerados do tipo capacitivo, ou resistivo de acordo com o princípio utilizado para mensuração do teor de umidade.

Entretanto, a maioria dos aparelhos disponíveis no mercado para medição do teor de umidade é importada, ou seja, equipamentos desenvolvidos e calibrados com espécies oriundas do hemisfério norte, geralmente coníferas, portanto, madeiras que apresentam características e comportamentos bem diferentes das madeiras tropicais. Deste modo, o presente estudo procura incrementar o conhecimento sobre propriedades elétricas de madeiras tropicais, favorecendo o desenvolvimento de medidores de umidade mais precisos.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia capaz de relacionar o teor de umidade da madeira de seis espécies amazônicas com suas respectivas propriedades dielétricas durante o processo de secagem.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Construção de um capacitor para medir a capacitância das espécies estudadas;
- Desenvolver curvas de regressão relacionando a constante dielétrica com o teor de umidade de espécies estudadas.
- Avaliar a relação entre a constante dielétrica e a massa específica das espécies estudadas.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Massa específica da madeira**

A Massa específica, também denominada densidade, é a razão entre a massa e o volume de um determinado material. Constitui uma das propriedades físicas da madeira mais importantes, pois influencia grande parte das demais propriedades físicas e tecnológicas (SHIMOYAMA,1990).

Conseqüentemente pode-se dizer que, a massa específica representa a quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume presente na madeira ou, de forma inversa, o volume de espaços vazios existentes na madeira.

Por ser um produto de origem biológico em constante desenvolvimento, a madeira não apresenta valores fixos de massa específica, visto que esta é um reflexo de inúmeras influências externas e internas que atuam na organização e dimensões das células do lenho. Como influências internas e podem-se citar a espécie, a umidade, lenho inicial e tardio, largura dos anéis de crescimento, e posição no tronco. Como influências externas citam-se: o local de crescimento e as técnicas silviculturais empregadas (BURGER; RICHTER, 1991).

Os valores máximos e mínimos da massa específica a 0% são 0,13 e 1,40 g/cm<sup>3</sup>, constituindo os limites biológicos desta característica, não existindo valores maiores ou menores do que este intervalo. A partir disso, a madeira pode ser considerada leve ou de baixa massa específica quando possui massa específica entre 0,13 e 0,50 g/cm<sup>3</sup>; de massa específica média quando possui valores entre 0,50 e 0,80 g/cm<sup>3</sup>; e massa específica alta quando possui valores superiores a 0,80g/cm<sup>3</sup> (IPT, 1978).

#### **3.2 Madeira e sua relação com a água**

A madeira é um material orgânico, de origem vegetal, produzido pela árvore. Na árvore, a madeira é formada em um ambiente saturado em água. Tão logo a árvore é derrubada e retirada do solo, a madeira começa a perder a maior parte de sua umidade. Desta forma, a madeira é um material higroscópico e sua massa, dimensões e massa específica, bem como suas propriedades mecânicas, elásticas, elétricas, térmicas e de movimento são afetadas por seu teor de umidade (LOGSDON, 1998).

A higroscopicidade é a propriedade ou capacidade da madeira em absorver água, seja em forma de umidade do ar ou em sua forma líquida. Esta capacidade está relacionada, por entre outros motivos, à natureza química da madeira que é formada basicamente por três elementos: celulose, hemicelulose e lignina, sendo a celulose presente acima de 40% (KLOCK et al., 2005).

### 3.3 Teor de umidade

O teor de umidade é a relação entre a massa de água contida na matéria lenhosa e sua massa, sendo seu valor expresso em porcentagem. Esta relação pode ser feita levando em consideração a massa inicial da madeira, ou seja, base úmida, ou a massa da madeira totalmente seca, denominada de base seca conforme as Equações 1 e 2 (DURLO, 1992).

$$TU_{bu} = \frac{\text{Massa de água}}{\text{Massa inicial da madeira}} \times 100 \quad (\text{Eq.1})$$

$$TU_{bs} = \frac{\text{Massa de água}}{\text{Massa da madeira seca}} \times 100 \quad (\text{Eq.2})$$

O teor de umidade em base úmida ( $TU_{bu}$ ) é utilizado principalmente em indústrias de papel e celulose, enquanto que o teor de umidade em base seca ( $TU_{bs}$ ) é empregado em indústrias de compensados, serrarias, e indústrias moveleiras (DURLO, 1992). Não há norma ou especificação que estabeleça o teor de umidade ideal para que a madeira seja empregada de maneira adequada. Entretanto, Santini (1992) realizou um trabalho procurando auxiliar a indústria a atingir um maior padrão de qualidade, recomendando faixas de teor de umidade para cada uso. A Tabela 1 apresenta síntese dos resultados obtidos pelo pesquisador.

**Tabela 1.** Teores de umidade recomendados.

Produto	Teor de umidade (%)
Madeira serrada comercial	16 – 20
Madeiras para construção	12 – 18
Móveis para exteriores	12 – 16
Barcos	12 – 16
Embalagens	12 – 16
Brinquedos para exteriores	10 – 15
Pisos	6 – 11
Brinquedos para interiores	6 – 10
Móveis para interiores	6 – 10

Fonte: Santini (1992)

### 3.4 Métodos de determinação do teor de umidade

Existem diversos métodos para a determinação do teor de umidade da madeira. Entretanto, os mais utilizados pela sua facilidade de aplicação e baixo custo é o método gravimétrico. A segunda alternativa mais empregada é o uso de aparelhos elétricos.

#### 3.4.1 Método gravimétrico

Consiste na pesagem de amostra com teor de umidade desconhecido e em seguida secá-la em estufa com circulação forçada de ar e termostato que permita manter a temperatura a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante. Para se afirmar que a amostra atingiu massa constante é necessário que a variação na leitura da massa não seja superior à  $\pm 5\text{g}$  após sucessivas pesagens com intervalos de uma hora. Com a massa obtida após a secagem, determina-se a massa da água removida e relaciona-se com o peso da madeira seca, utilizando a Equação 3 (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

$$TU = \frac{Mu - Mo}{Mo} \times 100 \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

TU: Teor de umidade (%);

Mu: Massa úmida (g);

Ms: Massa seca (g).

### 3.4.2 Métodos elétricos

De acordo com James (1988), várias são as tecnologias que permitem a estimativa do teor de umidade tendo como princípio as suas propriedades elétricas. Os medidores elétricos utilizam propriedades tais como condutividade ou resistividade dos materiais à aplicação de uma corrente elétrica (Métodos resistivos), ou a partir das propriedades dielétricas da madeira (Métodos capacitivos).

#### 3.5.2.1 Método resistivo

A madeira quando seca oferece uma alta resistência à passagem de corrente elétrica. Entretanto, a variação no teor de umidade altera a sua característica de isolante elétrico criando uma relação inversamente proporcional onde, quanto maior o teor de umidade, menor será a sua resistência. Esta característica pode ser considerada intrínseca à quase todos os tipos de madeira (GANN, 2010).

Para se determinar o teor de umidade a partir da sua resistividade, é preciso utilizar aparelhos que se caracterizam pela presença de agulhas, também chamados de eletrodos, que devem ser cravados na madeira. De acordo com Gann (2010) as agulhas devem penetrar aproximadamente  $\frac{1}{4}$  da espessura da peça para conseguir minimizar questões relativas ao gradiente de umidade. Entretanto, deve-se ter em consideração que a resistência à passagem de corrente elétrica varia de acordo com a espécie, temperatura e a direção das fibras na madeira. Na Figura 3-1 está representado um exemplo de medidor elétrico utilizado para medição do teor de umidade, com princípio resistivo.



**Figura 3-1.** Medidor elétrico de umidade DYGYSTEM – Modelo DL 2000.

### 3.5.2.2 Método capacitivo

De acordo com Franzoi (1997), os aparelhos baseados na capacidade elétrica podem ser denominados de capacitivos, de contato ou de alta frequência. Com isto, para a determinação do teor de umidade é necessário apenas o contato do sensor do equipamento sobre a superfície do material a ser mensurado, sem a necessidade de danificar-la, diferente dos aparelhos do tipo resistivos.

O princípio do seu funcionamento baseia-se na comparação da constante dielétrica da madeira totalmente seca com a constante da água. Por meio dos sensores aplica-se sobre a madeira um campo elétrico definido e verifica-se a quantidade de energia elétrica potencial na forma de polarização induzida armazenada nas placas. Devido à água possuir uma constante dielétrica consideravelmente superior ao da madeira totalmente seca, ao haver umidade na madeira, haverá variação da capacidade elétrica que será detectada por sensores, e correlacionada com o teor de umidade da madeira (GANN, 2010).

Esse tipo de aparelho precisa levar em consideração alguns cuidados para minimizar erros de leitura. Franzoi (1997) afirma que os medidores capacitivos realizam a medição do teor de umidade relativo àquele alcançado pelo campo produzido, ou seja, a espessura é uma variável que deve ser levada em consideração visto que em algumas situações esta pode ser maior do que o alcance do campo elétrico e por tanto, gerar uma medição equivocada subestimando o teor de umidade da madeira. A Figura 3-2 apresenta um exemplo de Medidor de teor de umidade, com princípio capacitivo.



**Figura 3-2.** Medidor de teor de umidade MERLIN – Modelo ECO10 HD

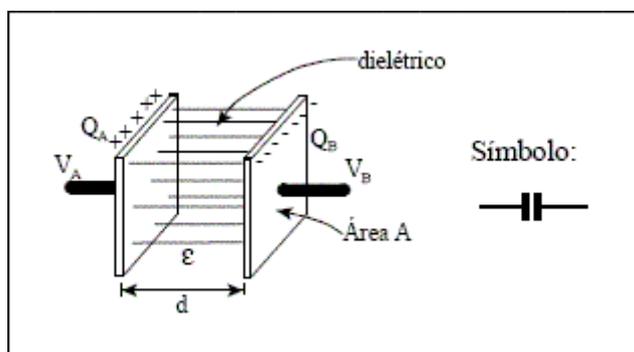
### 3.5 Propriedades Elétricas da Madeira

A madeira, quando seca, é classificada como um material isolante. Todavia, a condutividade elétrica está sujeita à umidade, assim como também a temperatura, fatores anatômicos como a grã e dimensões das fibras, e fatores físicos como a massa específica. De modo geral, a condutividade no sentido perpendicular à grã é 2,3 a 4,5 vezes menor nas coníferas do que ao longo da grã; Já nas folhosas esses valores entre 2,5 a 8 vezes menores (PANSHIN; DE ZEEUW, 1970).

A influência da umidade na condutividade ou na resistência elétrica da madeira ocorre especialmente abaixo do ponto de saturação das fibras – PSF. À medida que o teor de umidade é reduzido do ponto de saturação das fibras até 0%, a condutividade elétrica decresce (e a resistência elétrica cresce) em  $10^{10}$  a  $10^{13}$  vezes (TORGOVNIKOV, 1993)

#### 3.5.1 Capacitância

Quando um potencial elétrico é aplicado entre duas placas paralelas de um material perfeitamente isolante, nenhuma corrente fluirá, no entanto haverá um aumento de cargas elétricas nas placas. A quantidade de cargas elétricas que estas placas podem armazenar é chamada de *Capacitância* (GLASS,2010). O dispositivo usado nos circuitos elétricos para armazenar uma carga em virtude da presença do campo eletrostático é denominado capacitor. O capacitor na sua forma mais simples consiste de duas placas de metal separadas por ar ou algum material isolante (dielétrico), sendo que, para que ocorra o deslocamento dos elétrons é necessária que ocorra a polarização das placas, isto é, que as placas sejam carregadas com cargas opostas, de modo que as orbitas do campo elétrico se alongarão na direção da carga positiva, conforme pode ser observado na Figura 3-1 (HALLIDAY, 1994).



**Figura 3-3:** Capacitor composto por duas placas e um dielétrico (vácuo). Fonte: Halliday (1994)

A capacitância de um capacitor plano é diretamente proporcional à área das placas e inversamente proporcional à espessura do dielétrico (distância entre as placas). De acordo com Halliday (1984), a Equação 4 relaciona a capacitância à constante dielétrica:

$$C = \frac{kA}{d} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

C = capacitância, em farads (F);

A = área de uma placa, em metros quadradas;

d = distância entre placas, em metros;

k = constante dielétrica do material isolante;

### 3.5.2 Constante Dielétrica

Preenchendo-se o espaço entre as placas de um capacitor com um material isolante (dielétrico), a capacitância aumenta por um fator numérico k, denominado de *Constante Dielétrica* do material introduzido. A partir disso, o vácuo é considerado como o dielétrico padrão para efeito de referência, e a ele é atribuído o valor unitário. Entretanto, observa-se que o ar também apresenta um valor de constante dielétrica próximo de um por se tratar na maior parte de um espaço vazio (HALLIDAY, 1994).

É possível observar valores distintos de constante dielétrica nos diferentes sentidos de orientação de corte da madeira, mostrando que a madeira mantém sua característica anisotrópica também nas propriedades elétricas (NORIMOTO; YAMADA, 1971). Para a madeira, a constante dielétrica é maior para polarização no sentido paralelo às fibras que em seu sentido perpendicular. A constante dielétrica da madeira seca varia de aproximadamente dois a cinco, considerando a temperatura ambiente. O seu valor aumenta se houver um aumento da temperatura ou do teor de umidade da madeira, como uma interação positiva moderada entre estes dois fatores, já que a constante dielétrica da água é aproximadamente 81. Por tal razão, variações no teor de umidade têm um efeito maior sobre a constante dielétrica que a massa específica da madeira (TORGOVNIKOV, 1993). A Tabela 2 apresenta os valores de constante dielétrica de vários materiais isolantes (dielétricos).

**Tabela 2.** Valores da constante dielétrica de materiais isolantes (dielétricos).

Material	K
Vácuo	1,0
Ar	1,00059
Água	80,4
Alumínio	8,1 - 9,5
Óleo	4,6
Papel	4,0 – 6,0
Plástico	3,0
Porcelana	6,0
Pyrex	5,1
Titanatos <sup>1</sup>	50 – 10.000

<sup>1</sup> Designação química dada aos compostos inorgânicos em cuja composição dominam os óxidos de titânio. Fonte: Halliday (1994).

### 3.6 Espécies Utilizadas

#### 3.6.1 *Balizia elegans*

Popularmente conhecida como Fava-paricá, possui uma distribuição geográfica focalizada no norte do Brasil, onde há predominância da Floresta Amazônica.

A madeira possui o cerne e alburno distintos pela cor, cerne amarelado e amarronzado. Limites dos anéis de crescimento distintos, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, macia ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, textura média, figura presente causada por manchas ou faixas de cores distintas ou pelo destaque de linhas vasculares. Massa específica básica média, entre 0,30 e 0,50 g/cm<sup>3</sup> (LPF, 1997).

Reis (2010) realizou um estudo avaliando o potencial madeireiro na Floresta Nacional do Tapajós-PA, após 28 anos da exploração florestal. Nele constatou que *Balizia elegans* é uma espécie arbórea com valor comercial madeireiro, e com características que propiciam a sua exploração, sendo assim indicada para análises tecnológicas.

### 3.6.2 *Brosimum sp*

*Brosimum sp*, cujos nomes populares mais comuns são Muirapiranga, amaparana, Amapá-doce, pertence à família *Moraceae*. É uma espécie arbórea, de altura entre 30 e 50 metros, com ampla distribuição na Amazônia (LOUREIRO et al., 1997).

É uma árvore com cerne vermelho-escuro, distinto do alburno marrom-claro, anéis de crescimento poucos distintos, grã direita ou reversa, tronco reto e longo, resistência ao ataque de fungos e insetos, possui boa trabalhabilidade e tem pouca propensão as rachaduras e empenos. Massa específica básica de 0,55g/cm<sup>3</sup> (SFB, 2013).

De acordo com Castro (2006), é uma árvore que pode atingir até 50 metros de altura, tendo como possíveis usos a madeira serrada e a produção de látex. Quanto à trabalhabilidade, é considerada boa tanto com ferramentas mecânicas como manuais. Possui ótimo acabamento, boa aderência para cola e facilidade de faquear, resultando em lâminas lisas, compactas e de fácil secagem. Sua madeira, quando serrada, é usada para confecção de móveis de luxo, objetos de adorno, construções internas ou externas, dormentes, torneados e laminados decorativos (LPF, 1997).

### 3.6.3 *Chamaecrysta scleroxyllum*

Popularmente conhecida como Pau-santo. É facilmente identificável dentro do gênero *Papilionoideae*, pois é a única com porte arbóreo, chegando aos sete metros de altura. Esta espécie tem distribuição restrita ao Brasil (FILARDI et al., 2007).

A distribuição geográfica da *Chamaecrysta scleroxyllum* se estende por toda Região Norte, tendo seu domínio fitogeográfico nas áreas de Floresta Amazônica. A madeira tem o cerne e o alburno indistintos pela cor, o cerne é acinzentado, amarronzado, oliváceo. Com alteração acentuada de cor por foto oxidação, mudando para preto. Limites dos anéis de crescimento indistintos. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, textura média, figura presente, de aspecto fibroso, causada pelo contraste entre fibra e parênquima axial. Massa específica básica em torno de 0,89g/cm<sup>3</sup> (LPF, 1997).

Ribeiro (2012) realizou um estudo avaliando a estrutura florestal de uma comunidade do Pará. Dessa forma, o autor constatou que *Chamaecrysta sclerxyllum* é uma das espécies inventariadas que possui alta abundância, e por ser uma madeira de alta densidade pode ser considerada como matéria prima para usos mais nobres como confecção de instrumentos musicais.

#### **3.6.4 *Qualea dinizii***

Popularmente conhecida por mandioqueira rosa, pode ser encontrada por toda a região norte do Brasil, principalmente em áreas em que predominam a Floresta Amazônica. Possui o cerne distinto do alburno pela cor, sendo o cerne acinzentado. Limites dos anéis de crescimento pouco distintos. Madeira com brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro perceptível desagradável, moderadamente dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, textura média, figura presente, causada pelo destaque das linhas vasculares. Massa específica básica em torno de 0,68 g/cm<sup>3</sup> (LPF, 1997).

Cardoso et al. (2012), realizou um estudo com *Qualea dinizii*, no sentido de caracterizá-la física e mecanicamente, visando analisar a aptidão tecnológica para comercialização. De acordo com a norma COPANT 30: 1-020 (1974) sua madeira foi classificada como pesada, a partir do valor da densidade básica, com contração volumétrica moderadamente grande. Dessa forma, o autor concluiu que a madeira de *Qualea dinizii* pode ser indicada para a construção civil, no estabelecimento de conexões, encaixes, treliças e sobreposição de peças. Pode ser utilizada também na confecção de peças para móveis e materiais de acabamento, assim como para esquadrias.

#### **3.6.5 *Trattinnickia burserifolia***

Espécie, cujos nomes populares mais comuns são amescla, amesclão, breu-sucuruba, pertence à família *Burseraceae*. Quase todos os gêneros desta família apresentam substâncias balsâmicas no lenho (JOLY, 2002).

É comumente utilizada em compensados, sendo recente a sua introdução como madeira serrada. É uma árvore com altura comercial média de 14m, tronco reto e

levemente torcido e cilíndrico. Cerne, alburno e anéis de crescimento poucos distintos e massa específica básica de  $0,44\text{g/cm}^3$  (SFB, 2013). Parênquima axial, invisível mesmo sob lente, raios, visíveis sob lente no topo e na face tangencial, finos e numerosos, vasos, visíveis a olho nu, pequenos a médios, poucos, solitários e múltiplos, vazios ou obstruídos por tilos (IPT, 2009).

Sua madeira é usada na construção civil, no acabamento interno para molduras, rodapés, tábuas para forro, formas de concreto, caixotaria e saltos de sapato (CARVALHO, 1994). No Estado do Amazonas, a *Trattinnickia burserifolia* vem sendo estudada como espécie nativa de rápido crescimento para uso em sistemas diferentes de plantio, abrangendo plantações homogêneas a pleno sol, plantios de enriquecimento e sistemas agroflorestais (SANTOS, 2004).

### **3.6.6 *Swartzia laurifolia***

Popularmente conhecida como Gombeira, é exclusiva do Brasil e ocorre desde o Acre (Rio Branco) até o Rio Grande do Sul (Guaporé), na desembocadura do Rio Amazonas e na parte superior da Bacia Amazônica, principalmente em florestas primárias não inundadas, porém ocorrendo também em solos arenosos de florestas secundárias e no litoral nordeste do Pará (ALVAREZ et al. 2001).

Seus principais usos estão relacionados à tacos para assoalho, construção civil, carpintaria e marcenaria de luxo. A madeira possui o cerne e o alburno distintos pela cor, o cerne é amarronzado bem escuro, enegrecido. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, cheiro imperceptível, dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou revessa, textura média, figura presente, de aspecto fibroso, causada pelo contraste entre fibra e parênquima axial. Massa específica básica alta, acima de  $0,72\text{g/cm}^3$  (LPF, 1997).

Cardoso et al. (2012) caracterizou a madeira de *Swartzia laurifolia*, física e mecanicamente, visando avaliar seu potencial para comercialização. Concluiu que sua madeira pode ser empregada na construção civil pesada, na montagem de treliças, conexões, encaixes e em atividades de impacto.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas seis espécies de madeiras oriundas da Floresta Nacional do Tapajós, no município de Belterra, no Estado do Pará, apresentadas na Tabela 3. O estudo foi desenvolvido nas dependências do Laboratório de Produtos Florestais – LPF, do Serviço Florestal Brasileiro – SFB.

**Tabela 3.** Espécies de madeiras amazônicas utilizadas no processo de secagem.

Nome Científico	Nome Popular	Família
<i>Balizia elegans</i>	Fava-paricá	Leg. Mimosoideae
<i>Brosimum sp</i>	Muirapiranga	Moraceae
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	Pau-santo	Leg. Papilionoideae
<i>Qualea dinizii</i>	Mandioqueira-rosa	Vochysiaceae
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	Amescla	Burseraceae
<i>Swartzia laurifolia</i>	Gombeira	Leg. Papilionoideae

### 4.1 Confeção dos Corpos de Prova

As amostras foram obtidas a partir do abate de cinco árvores por espécie, com diâmetro mínimo de 45 cm, onde cada árvore foi desdobrada em duas toras, cada uma com 180 cm de comprimento, sendo uma da base e outra na seqüência do fuste da árvore. As toras foram divididas em toretes e pranchas, e enviadas a cada uma das sete áreas de pesquisa do LPF. Das peças destinadas à Área de Secagem da Madeira foram escolhidas, aleatoriamente, tábuas que foram desdobradas em amostras com as seguintes dimensões: 45 x 45 x 10 mm (comprimento x largura x espessura), totalizando 180, sendo 30 amostras por espécie.

### 4.2 Secagem das amostras

As amostras foram acondicionadas em um tanque com água até atingirem a saturação. Cada espécie foi submetida a um processo de secagem com duração de oito horas, a 100 °C. As 30 amostras de cada espécie foram divididas em seis grupos, contendo cinco amostras cada. Estes grupos foram colocados na estufa em intervalos de dez minutos entre eles. Após uma hora de permanência em estufa, o primeiro grupo foi retirado, sua massa e capacitância foram medidas, e imediatamente foi recolocado na estufa para continuar com o processo de secagem. Dez minutos após a retirada do

primeiro grupo, o segundo conjunto de amostras foi retirado da estufa e seus dados de massa e capacitância foram medidos. Assim, esta operação foi repetida para todos os grupos, mantendo o intervalo de uma hora entre uma medição e outra, até completarem oito horas de permanência em estufa.

As amostras foram reduzidas em seis grupos para minimizar a adsorção de água durante a coleta de dados. O processo de secagem foi realizado em estufa de laboratório com circulação forçada de ar MARCONI modelo 032/1 (Figura 4-1). A pesagem das amostras foi realizada utilizando balança analítica METTLER modelo PM6100 (Figura 4-2), com precisão de 0,01 g.



**Figura 4-1:** Estufa Modelo 032/1 da marca MARCONI.



**Figura 4-2:** Balança Modelo PM6100 da marca METTLER.

A perda de massa foi mensurada ao longo da secagem para que fosse possível calcular teor de umidade (Equação 5), e com isto, relacionar aos valores de constante dielétrica, calculada em razão da capacitância coletada no momento.

$$TU = \frac{(mi - mf)}{mi} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

TU = teor de umidade (%);

mi = Massa inicial (g); e

mf = Massa final (g).

#### 4.3 Coleta dos Dados de Capacitância das Espécies Estudadas

Para a coleta dos valores de capacitância foi necessária a construção de um capacitor. Para isto, foi utilizado um medidor de componentes eletrônicos MINIPA Modelo MX – 901, duas placas de alumínio de 45 x 45 x 1 mm, dois fios de cobre com 2,5 mm de espessura, uma garra de plástico, fita isolante para fixar os fios de cobre nas placas, e o material dielétrico, neste caso, todas as amostras de madeira estudadas, conforme pode ser visto na Figura 4-3. Em razão da baixa ordem de grandeza dos valores de capacitância coletados, foi necessário ajustar a escala utilizada no aparelho para picofarads ( $10^{-12}\text{F}$ ).



**Figura 4-3:** Capacitor construído para coleta da capacitância.

#### 4.4 Análise dos Dados Coletados

A análise dos dados foi realizada com auxílio do Software *Curve Expert 1.3*, o qual permite o ajuste de curvas de regressão quadráticas para cada espécie, que podem ser aplicadas para modelagem de curvas de secagem. Matematicamente é expressa de acordo com a Equação 6:

$$TU = a + bk + ck^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

TU: Teor de Umidade (%);

k: Constante Dielétrica;

a,b,c: Coeficientes estimados por regressão

Para isto, foi necessário calcular o teor de umidade e a constante dielétrica de cada amostra utilizando as Equações 3 e 5, apresentadas anteriormente. Feito isto, os valores foram inseridos no software gerando uma nuvem de dados, tendo como variável dependente a constante dielétrica (k), e como variável independente o teor de umidade (TU). Em seguida, foi ajustada uma curva de regressão e gerada uma equação quadrática onde, inserindo o valor da constante dielétrica mensurado em uma amostra, fosse possível calcular o teor de umidade, devido à alta correlação existente entre as variáveis. A Figura 4-4 apresenta a interface do Software utilizado onde pode ser observada a regressão aplicada (quadrática), os dados inseridos, e um esboço da nuvem de dados.

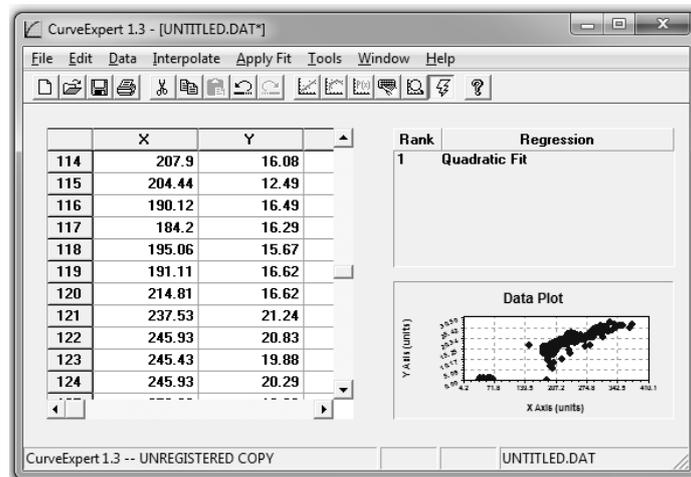


Figura 4-4. Interface do Software *Curve Expert 1.3*

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os valores de massa específica básica, o teor de umidade máximo atingido por cada espécie, e a classificação das espécies a partir destas duas características. Os valores de massa específica básica presentes na Tabela 4 foram obtidos pelo Laboratório de Engenharia do LPF/SFB, por meio de ensaios de acordo com padrões estabelecidos na literatura.

**Tabela 4.** Classificação com base na Massa específica e Teor de umidade Máximo.

Espécies	Massa específica Básica <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de umidade Máximo <sup>2</sup> (%)	Classe de massa Específica <sup>3</sup>
<i>Balizia elegans</i>	0,41	120	Baixa
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	0,44	85	Baixa
<i>Brosimum sp</i>	0,54	70	Média
<i>Qualea dinizii</i>	0,57	65	Média
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	0,89	27	Alta
<i>Swartzia laurifolia</i>	1,03	25	Alta

<sup>1</sup> Os dados de massa específica básica foram obtidos pelo laboratório de Engenharia do LPF/SFB; <sup>2</sup> Média de 30 corpos-de-prova em condição saturada; <sup>3</sup> Classificação das espécies com base na Massa específica básica (IPT,1978) e o Teor de umidade Máximo.

Portanto, analisando a Tabela 5 fica evidente que a massa específica altera o teor de umidade máximo da madeira e por conseqüência, exerce influência também sobre as suas propriedades dielétricas e o seu caráter isolante elétrico. Dessa forma, observa-se que as propriedades elétricas são alteradas de acordo com a massa específica da espécie, demonstrando a imprecisão de se utilizar aparelhos de medição de umidade que de forma geral foram projetados e calibrados com espécies de baixa massa específica, e justificando a realização de novas pesquisas utilizando madeiras tropicais.

## 5.1 Valores Médios de Constante Dielétrica em Função do Teor Umidade das Espécies Estudadas

A tabela 5 apresenta os valores médios de Teor de Umidade (%) e Constante Dielétrica para cada medição (oito no total) ao longo do processo de secagem. Dessa forma, as espécies foram listadas levando em consideração a massa específica em ordem decrescente no sentido vertical para poder observar o comportamento da constante dielétrica conforme a massa específica e o teor de umidade são alterados.

**Tabela 5.** Valores médios de Teor de Umidade e Constante Dielétrica.

Espécies/Medições	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Swartzia laurifolia</i>	<b>67.127,57</b>	<b>322,06</b>	<b>268,41</b>	<b>236,33</b>	<b>206,06</b>	<b>197,83</b>	<b>192,56</b>	<b>56,99</b>
Teor de Umidade (%)	35,90	24,71	21,14	18,56	16,64	15,16	13,86	0,49
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	<b>47.983,54</b>	<b>173,12</b>	<b>125,37</b>	<b>94,40</b>	<b>71,29</b>	<b>60,23</b>	<b>48,00</b>	<b>56,71</b>
Teor de Umidade (%)	48,81	26,33	17,15	11,40	7,70	5,55	4,20	1,40
<i>Qualea dinizii</i>	<b>153.020,58</b>	<b>241,22</b>	<b>173,70</b>	<b>137,12</b>	<b>105,28</b>	<b>74,06</b>	<b>53,38</b>	<b>26,96</b>
Teor de Umidade (%)	103,59	64,27	43,76	29,60	19,38	11,86	6,62	0,00
<i>Brosimum sp</i>	<b>220.213,99</b>	<b>372,16</b>	<b>139,72</b>	<b>94,75</b>	<b>72,53</b>	<b>48,87</b>	<b>35,85</b>	<b>18,44</b>
Teor de Umidade (%)	117,45	69,97	45,74	29,61	18,04	10,05	5,05	0,95
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	<b>145.629,63</b>	<b>386,95</b>	<b>182,96</b>	<b>133,84</b>	<b>98,19</b>	<b>72,84</b>	<b>45,07</b>	<b>35,46</b>
Teor de Umidade (%)	138,94	85,98	58,44	38,82	24,72	14,53	0,08	0,00
<i>Balizia elegans</i>	<b>236.493,83</b>	<b>401,98</b>	<b>160,76</b>	<b>84,40</b>	<b>70,88</b>	<b>58,93</b>	<b>48,58</b>	<b>27,24</b>
Teor de Umidade (%)	181,30	121,64	89,89	65,95	47,19	33,86	23,29	1,74

Na tabela 5 é possível observar que ocorreu uma redução abrupta no valor de constante dielétrica da primeira medição, quando se encontrava na condição saturada, para a segunda, quando foi retirada após uma hora na estufa, para todas as espécies estudadas, sendo que da segunda medição em diante a alteração da constante dielétrica ocorreu de maneira menos acentuada. Portanto, os dados da primeira medição se utilizados interfeririam negativamente no ajuste da curva de regressão, por isso, o ajuste foi realizado a partir da segunda medição.

Os valores de constante dielétrica obtidos compreenderam um intervalo entre 18,44 e 236.493,83, coincidindo com os resultados obtidos por Simpson (1999), que afirma que a constante dielétrica da madeira pode variar de 4, quando totalmente seca, até próximo de 1.000.000, quando a madeira se encontra úmida.

Embora a massa específica exerça influência sobre a propriedade dielétrica da madeira, foi possível observar que as espécies *Brosimum sp* e *Qualea dinizii*, madeiras de massa específica básica de 0,54 e 0,57g/cm<sup>3</sup>) apresentaram a maior variação entre os valores máximos e mínimos de constante dielétrica, quando comparados com *Trattinnickia burserifolia*, de massa específica básica de 0,44 g/cm<sup>3</sup>. Este comportamento foi constatado por Panshin (1970) que observou que a direção da grã e as dimensões das fibras, características intrínsecas a cada espécie, também exercem influência sobre as suas propriedades elétricas, em razão da anatomia.

Aguirre (2010) realizou um estudo avaliando a precisão de medidores de umidade do tipo capacitivo, com madeira de *Melia azederach* (massa específica básica 0,53 g/cm<sup>3</sup>), semelhante a *Brosimum sp*, e constatou que para essa faixa de massa específica os medidores apresentaram resultados satisfatórios. Entretanto, quando realizou a medição do teor de umidade de *Apuleia leiocarpa* (massa específica básica 0,80 g/cm<sup>3</sup>), semelhante a *Chamaecrysta scleroxylum*, os medidores apresentaram resultados diferentes daqueles obtidos pelo método gravimétrico, o que justifica a necessidade de desenvolver equipamentos que estejam calibrados a partir de madeiras tropicais de média e alta massa específica.

Pereira (2008) avaliando medidor elétrico do tipo resistivo com *Pinus taeda* (massa específica básica 0,45 g/cm<sup>3</sup>) e *Eucalyptus saligna* (massa específica básica 0,43 g/cm<sup>3</sup>), semelhante a *Trattinnickia burserifolia*, observou que as medições realizadas pelo equipamento apresentaram valores superiores aos obtidos pelo método gravimétrico. Entretanto, após análise estatística foi constatada correlação significativa entre o método gravimétrico e o método resistivo para ambas as espécies, demonstrando a eficiência de utilizar as propriedades elétricas da madeira para determinação do teor de umidade.

## **5.2 Curvas e Equações ajustadas**

Como resultado da análise dos dados, foi possível o ajuste de curvas de regressão e de equações relacionando os valores coletados de teor de umidade e constante dielétrica. Por apresentar elevado coeficiente de determinação ( $R^2$ ), valor que indica quanto da variação total é comum aos elementos que constituem os pares analisados, as equações permitissem o cálculo do teor de umidade da madeira a partir da

sua propriedade dielétrica com alto grau de confiabilidade. A Tabela 6 apresenta a equação ajustada e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as espécies estudadas.

**Tabela 6.** Equação ajustada e Coeficiente de determinação ( $R^2$ )

Espécie	Equação	$R^2$
<i>Balizia elegans</i>	$-6,36 + 0,76k - 0,0010k^2$	0,9502
<i>Brosimum sp</i>	$-6,49 + 0,40k - 0,0005k^2$	0,9775
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	$-8,66 + 0,25 k - 0,0003k^2$	0,8937
<i>Qualea dinizii</i>	$-7,66 + 0,27 k - 0,00008k^2$	0,9818
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	$-14,49 + 0,45k - 0,0004k^2$	0,9775
<i>Swartzia laurifolia</i>	$-6,44 + 0,13k - 0,0001k^2$	0,9555

Em seguida, foram utilizadas as Equações ajustadas para determinar a constante dielétrica no ponto de saturação das fibras – PSF (30%) e quando secas a um teor de umidade de 12%. A Tabela 7 apresenta os valores de constante dielétrica (k), obtidos por meio da equação.

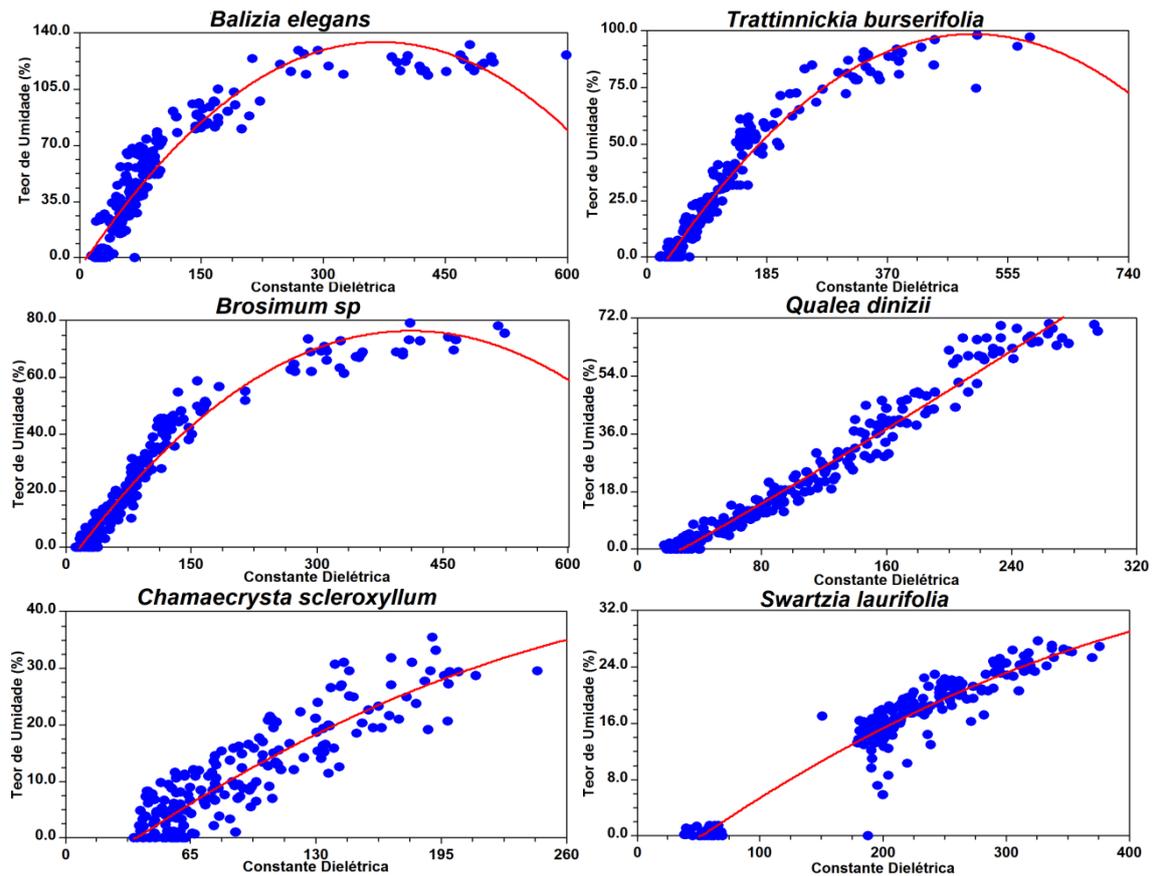
**Tabela 7.** Valores de Constante dielétrica (k) para cada espécie.

Espécie / Teor de umidade	PSF <sup>1</sup>	12%
<i>Balizia elegans</i>	51,30	24,98
<i>Brosimum sp</i>	105,01	49,26
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	109,53	62,32
<i>Qualea dinizii</i>	145,78	74,45
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	205,14	93,02
<i>Swartzia laurifolia</i>	408,96	162,04

<sup>1</sup> Ponto de saturação das fibras.

Conforme pode ser observado na Tabela 7, na faixa de teor de umidade analisada a constante dielétrica apresentou uma redução de quase 50% para todas as espécies, evidenciando a forte influencia da umidade abaixo do ponto de saturação das fibras sobre o comportamento da madeira e as suas propriedades elétricas, comportamento que também foi constatado em estudo realizado por Torgovnikov (1993).

A seguir, a Figura 5-1 apresenta as curvas de regressão ajustadas para cada espécie, organizadas de acordo com a sua massa específica



**Figura 5-1.** Curvas de Regressão ajustadas para as espécies estudadas.

Após avaliar as curvas de regressão, é possível observar que em todas as espécies há uma relação diretamente proporcional entre o teor de umidade e a constante dielétrica, de modo que esta última tende a reduzir o seu valor quando ocorre a retirada de água, comportamento que pode ser justificado pela menor capacidade de armazenamento de eletricidade dentro da amostra. Entretanto, o que diferencia cada curva de regressão é a diferença da massa específica, característica física de cada espécie que relaciona a quantidade de madeira que há em um determinado volume. Todas as curvas de regressão apresentaram Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) elevados, demonstrando a alta correlação existente entre as variáveis analisadas. Os valores brutos que deram origem às citadas curvas são apresentadas no Anexo A.

A Tabela 8 apresenta os valores máximos e mínimos de constante dielétrica, teor de umidade e a variação observada.

**Tabela 8.** Valores máximos e mínimos de Constante dielétrica (k) e Teor de umidade.

Espécie/k	k <sub>Máx</sub>	TU (%)	k <sub>Min</sub>	TU (%)	Varição <sup>1</sup>
<i>Brosimum sp</i>	606	77.00	11	0.95	55.09
<i>Balizia elegans</i>	599	126.00	15	2.00	39.93
<i>Trattinnickia burserifolia</i>	589	97.00	20	0.54	29.45
<i>Qualea dinizii</i>	295	68.00	17	1.21	17.35
<i>Swartzia laurifolia</i>	375	27.00	38	0.14	9.87
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	244	29.00	50	2.31	4.88

<sup>1</sup>Razão entre o valor máximo e mínimo de constante dielétrica (k).

A espécie *Brosimum sp* de massa específica média (0,54 g/cm<sup>3</sup>) apresentou maior variação entre as espécies estudadas, induzindo a existência de outros fatores determinantes para justificar a variação apresentada pela espécie.

*Balizia elegans*, *Trattinnickia burserifolia* e *Qualea dinizii* (0,41; 0,44 e 0,57 g/cm<sup>3</sup>) apresentaram variação intermediária, com a razão máximo/mínimo oscilando entre 17,35 e 39,93.

*Chamaecrysta scleroxylum* e *Swartzia laurifolia* (0,89 e 1,03 g/cm<sup>3</sup>) foram as espécies que apresentaram menor variação, com razão máximo/mínimo oscilando entre 4,88 e 9,87; demonstrando menor susceptibilidade à influencia do teor de umidade quando comparada com as outras espécies.

## 7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Foi possível a construção de um capacitor simples e eficiente para relacionar o teor de umidade e a propriedade dielétrica da madeira. As curvas de regressão ajustadas são confiáveis, em razão do elevado coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Entretanto, os resultados apresentados são válidos apenas para as espécies trabalhadas, com amostras de até um centímetro de espessura, no sentido tangencial.

Com base nos resultados apresentados, verificou-se que em todas as espécies pesquisadas houve comportamento semelhante na relação entre o teor de umidade e a constante dielétrica, sendo que esta relação possui um caráter diretamente proporcional. Outra característica que possui influência sobre a constante dielétrica é a massa específica.

*Brosimum sp*, de massa específica média ( $0,54\text{g/cm}^3$ ) apresentou o maior (606) e o menor valor (11) de constante dielétrica, induzindo a existência de outros fatores determinantes para justificar a variação apresentada pela espécie.

*Balizia elegans* e *Trattinnickia burserifolia*, de massa específica baixa ( $0,41$  e  $0,44\text{g/cm}^3$ ) apresentaram comportamento semelhante, isto é, tiveram ampla variação na sua constante dielétrica, compreendendo intervalo entre 599 e 15. Esta variação pode ser justificada pelos elevados teores de umidade apresentados quando saturadas, 140 e 115% respectivamente.

*Qualea dinizii*, de massa específica média ( $0,57\text{g/cm}^3$ ) apresentou variação intermediária, com constante dielétrica variando entre 295 e 17.

*Chamaecryta scleroxyllum* e *Swartzia laurifolia* de massa específica alta ( $0,89$  e  $1,03\text{g/cm}^3$ ) foram as espécies que apresentaram menor variação na sua constante dielétrica, compreendendo intervalo entre 375 e 38. Esta variação pode ser justificada pelos baixos teores de umidade quando saturadas, 29 e 27% respectivamente.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugerimos:

- Utilizar a metodologia empregada neste estudo para avaliar o comportamento de espécies comerciais.

- Avaliar a influencia da espessura das amostras e da orientação do corte da madeira.

- Validar os resultados obtidos pelas equações propostas neste estudo e compará-los com o comportamento de outras espécies com massa específica semelhante.

- Incorporar e avaliar as equações obtidas neste estudo em medidores de umidade do tipo capacitivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, A. S.; POTIGUARA, R. V. ; SANTOS, J. U. M. Arquitetura foliolar de *Swartzia brachyrachis* Harms var. *snethlageae* (Ducke) Ducke e *Swartzia laurifolia* Bentham, ocorrentes na restinga de Algodual/Maiandeuá, Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Botânica, Belém, v. 17, n. 1, p. 93-106 , 2001.

AMORIM, M. R. S. ; MENEZZI, C. H. S. D. ; AGRUPAMENTO DE ESPÉCIES MADEIREIRAS AMAZÔNICAS PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE LÂMINAS PARALELAS (LVL), 2013.

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

CAMARGOS, J. A. A. ; SOUZA, M. H. ; SOUZA, M. R. ; MAGLIANO, M. M. Madeiras Tropicais da Amazônia. Laboratório de Produtos Florestais – LPF. 1997.

CARDOSO, C. C.; MOUTINHO, V. H. P.; MELO, L. O.; SOUZA, L. K. V. S.; de SOUZA, M. R. Caracterização físico-mecânica de madeiras amazônicas com aptidão tecnológica para comercialização. Revista de Ciências Agrárias, v. 55, n. 3, p. 176-183.2012.

DURLO, M. A. Relação água-madeira. In: I Seminário sobre secagem de madeira. Santa Maria: UFSM, CEFEP: FATEC, 1992. p. 35-46.

FILARDI, F. L. R.; GARCIA, F. C. P.; CARVALHO, R. M.; RODRIGUES, I. M. C. Revista Brasileira de Biociências, v. 5, p. 116-118, 2000.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook**, wood as an engineering material. Washington, D.C. United States Department of Agriculture, Forest Service, 1999. 463p.

FRANZOI, L. C. N. A Secagem da Madeira em Estufa: secagem artificial. Bento Gonçalves, SENAI/CETEMO. 1997, 83p.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, Ivaldo P. Secagem Racional da Madeira. São Paulo: Livraria Nobel SA, 1985, 107p.

GANN – Medidores elétricos de umidade de madeira Disponível em: <[http://www.gann.de/downloads/IN\\_HOLZFEUCHTE\\_PT.pdf](http://www.gann.de/downloads/IN_HOLZFEUCHTE_PT.pdf)> Acessado em: jul. 2014.

GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture Relations and Physical Properties of Wood. In: Forest Products Laboratory. Wood Handbook—Wood as an engineering material. U.S. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Pag. 4-1—4-19.

HALLIDAY, D. e RESNICK, R. - Fundamentos de Física. Vol.3, 4; Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1984.

LIMA, M. C. F.; SILVA, C.C.; **VEIGA JUNIOR, V. F.**. Brosimum da Amazônia: uma revisão. Scientia Amazônia,, v. 2, p. 20-27, 2013.

MELO, L. de O. Estudo Fitossociológico e Tecnológico de Novas Espécies Madeireiras em Três Áreas de Manejo Florestal Sustentável em Assentamentos Agrários na Região de Santarém, PA. Relatório Técnico. Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém-PA, 2011.

NORIMOTO, M.; YAMADA, T. The dielectric properties of wood VI, On the dielectric properties of the chemical constituents of wood and the dielectric anisotropy of wood. **Wood Research**. n. 51, v. 12. 1971. p.31-43.

PASHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4.ed. New York: Mc Graw-Hill, p. 722, 1980.

REIS, L.P. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.30, n. 64, p. 265-281, nov/dez. 2010.

RIBEIRO, R. B. S. Estrutura florestal em projeto de assentamento, comunidade São Mateus, município de Placas, Pará, Brasil. **Rev. Ceres**, Viçosa , v. 60, n. 5, Oct. 2013 .

SANTINI, E. J.; MATOS, J. L. M. Relação entre resistência elétrica, temperatura e teor de umidade para madeira de *Pinus elliottii* Engelm submetida a diferentes temperaturas de secagem: Resultados preliminares. **Ciência Florestal**. v.5, n.1, p.139-154, 1995.

SANTOS, A. F. dos ; BEZERRA, José Luiz ; NEVES, Edinelson José Maciel ; ARAÚJO, José Cristino Abreu . Associação de Perisporiopsis melioides com folhas de breu sucuruba (*Trattinnickia burserifolia*). **Boletim de Pesquisa Florestal**. Embrapa Florestas, Colombo-PR, v. --, n.48, p. 107-110, 2004.

SFB – SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Banco de dados de espécies de madeiras brasileiras – LPF (Laboratório de Produtos Florestais). Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira>> Acessado em: 2013 e Mai e Jun de 2014.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus spp.*** 1990. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

TORGOVNIKOV, G.I. Dielectric Properties of wood and wood-based materials. New York: State University of New York, 1993. 196p.

**Anexo A:** Constante Dielétrica e Teor de Umidade (%) ao longo do processo de perda de umidade das espécies estudadas.

**A1: Balizia elegans**

Número da Amostra	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
	Constante Dielétrica	Teor de Umidade														
1	307160.49	183.66	270.12	129.08	147.16	96.46	74.57	69.32	57.78	51.72	44.94	38.36	30.62	27.28	22.72	5.43
2	214320.99	177.24	473.09	123.59	222.72	97.70	98.27	74.09	76.05	55.86	72.10	42.50	44.94	32.66	28.15	0.00
3	270123.46	184.18	418.27	119.66	146.17	88.79	60.25	64.25	46.91	45.19	45.93	32.04	37.04	22.00	22.72	5.53
4	221234.57	176.62	485.43	116.76	143.70	81.96	87.90	58.45	63.21	39.71	57.78	26.14	53.33	16.09	22.22	0.00
5	214320.99	182.83	401.48	122.56	149.63	87.55	92.84	63.32	63.21	45.09	54.81	31.32	51.36	20.44	29.14	0.00
6	229135.80	178.48	507.16	125.04	144.69	89.52	78.52	62.80	61.23	41.47	50.86	28.00	48.40	16.71	23.70	0.00
7	214320.99	176.62	292.84	129.39	190.62	103.19	95.80	76.68	83.46	44.26	78.52	38.88	53.33	33.49	31.11	0.00
8	198024.69	175.58	451.85	116.34	149.14	80.92	85.43	56.28	73.58	38.57	52.84	25.83	49.88	15.27	23.21	0.00
9	159506.17	178.89	384.20	125.25	164.94	97.70	120.99	78.23	92.35	60.31	75.56	46.13	69.63	32.87	32.10	0.00
10	352098.77	184.90	468.15	126.39	138.77	95.94	94.81	72.85	99.75	54.41	74.57	41.57	68.15	0.00	31.11	5.22
11	316543.21	184.69	276.05	127.22	166.91	96.87	78.52	68.39	51.36	56.90	49.88	35.46	36.54	24.59	33.09	4.39
12	227654.32	184.18	403.95	125.66	152.10	92.94	102.22	73.26	84.44	51.62	67.16	42.29	65.19	33.08	27.16	6.05
13	220246.91	177.75	599.01	126.59	160.49	93.97	100.74	71.60	97.28	52.13	66.67	37.01	61.73	25.93	20.74	0.00
14	147160.49	176.41	497.28	121.21	191.60	95.63	98.27	69.95	93.33	52.03	75.06	39.19	63.70	28.62	24.20	0.00
15	236049.38	176.41	279.51	114.27	167.41	81.44	76.54	58.66	68.64	41.16	55.31	27.49	43.46	16.92	23.21	0.00
16	159012.35	181.28	425.68	116.86	150.12	82.68	83.46	60.94	66.67	41.98	53.33	29.66	42.96	18.68	25.19	0.00
17	242469.14	182.42	421.23	116.65	170.37	84.24	90.37	60.21	72.10	41.36	58.27	29.25	56.79	17.13	22.22	0.00
18	256296.30	182.62	509.14	121.93	208.89	88.38	78.52	62.49	63.21	43.12	54.81	28.52	45.43	17.34	27.16	0.00
19	200987.65	183.86	391.60	121.83	182.22	91.49	84.44	65.39	70.12	46.54	66.17	33.18	52.35	21.89	15.31	1.39
20	243950.62	181.28	429.14	113.96	143.70	80.61	59.75	56.69	62.22	37.22	45.43	23.14	37.04	12.47	18.77	0.00
21	316543.21	182.52	213.33	123.90	144.69	95.94	81.98	74.30	68.64	56.28	63.70	42.09	57.78	31.84	38.02	1.28
22	205432.10	181.38	325.43	114.17	156.54	83.41	86.42	58.86	78.52	41.16	49.88	27.69	47.90	15.89	25.19	0.00
23	240987.65	185.31	468.64	125.87	115.06	91.49	65.68	68.08	58.27	49.23	48.89	37.12	26.17	25.62	29.14	6.15
24	198518.52	186.87	480.49	132.71	171.36	104.95	95.80	78.85	80.49	60.63	78.02	45.30	62.72	33.70	40.99	2.53
25	346172.84	185.83	247.41	120.90	119.01	87.76	58.27	65.60	68.64	47.16	40.49	34.11	25.19	24.07	36.05	4.18
26	278518.52	186.25	480.00	118.83	144.69	89.21	69.63	64.77	54.81	47.27	47.90	33.29	20.25	22.93	33.09	5.74
27	277530.86	184.28	306.67	119.66	157.53	84.44	74.57	63.94	64.69	44.68	54.81	30.07	42.96	19.72	25.68	4.29
28	210370.37	181.38	495.80	120.28	152.59	83.51	78.02	57.93	62.72	40.22	55.80	28.00	40.49	17.85	30.12	0.00
29	211358.02	176.93	260.74	115.93	170.37	87.24	89.88	66.63	78.02	51.51	75.06	38.36	70.62	27.90	32.59	0.00
30	178765.43	178.38	395.56	116.86	199.51	80.61	89.38	55.76	64.69	36.81	53.33	23.86	51.36	15.16	23.21	0.00

A2: *Brosimum* sp

Número da amostra	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
	Constante Dielétrica	Teor de Umidade														
1	223209.88	117.95	606.91	77.16	134.32	54.70	104.20	38.96	89.88	26.28	78.52	16.42	55.80	9.70	16.30	0.00
2	179259.26	115.36	466.17	73.34	165.93	51.49	129.88	35.83	77.04	23.99	61.73	15.28	43.95	9.40	23.21	0.00
3	273580.25	116.65	411.85	79.30	183.21	56.84	116.05	40.18	102.72	27.50	65.68	18.18	62.22	11.23	17.28	0.00
4	357037.04	116.50	456.79	74.26	164.94	49.20	98.27	31.70	67.65	18.18	35.56	8.79	46.91	3.06	27.16	0.00
5	193086.42	119.79	364.44	80.52	157.04	58.75	125.43	42.93	88.40	30.71	78.02	21.39	65.19	15.13	18.77	4.13
6	218271.60	116.73	402.96	69.06	135.80	44.23	97.28	26.51	80.99	14.51	42.96	5.58	28.15	0.61	13.83	0.00
7	240000.00	117.65	327.41	63.41	120.49	38.88	81.48	22.92	55.31	11.31	37.53	3.82	28.64	0.00	14.32	0.00
8	223209.88	118.11	352.59	68.30	126.42	45.99	98.27	29.72	85.43	18.11	55.31	9.47	27.16	4.13	12.84	0.00
9	193086.42	117.27	351.11	67.15	109.14	42.70	87.41	25.97	60.74	14.44	31.60	6.26	29.14	1.68	14.32	0.00
10	177283.95	117.80	327.90	72.88	128.89	46.45	87.90	29.03	72.59	16.42	40.49	7.56	31.11	0.00	11.85	0.00
11	220740.74	121.16	308.64	70.82	111.11	45.07	82.96	29.34	69.63	17.19	37.53	9.93	26.67	4.97	26.67	1.76
12	240987.65	116.20	354.57	69.06	126.42	43.85	87.41	27.73	61.23	14.67	37.04	6.26	30.12	1.07	19.26	0.00
13	358024.69	119.40	463.70	69.52	117.04	42.55	78.02	26.59	68.15	15.05	40.00	7.49	17.78	2.98	20.25	0.53
14	175802.47	118.33	423.70	72.80	137.78	48.28	79.51	31.47	59.75	20.40	37.04	12.07	32.59	6.88	22.72	3.06
15	140246.91	118.18	291.85	68.91	113.09	45.45	95.31	30.18	71.11	19.56	35.06	11.92	24.20	7.03	19.26	3.74
16	170864.20	115.66	517.04	78.07	214.81	55.16	150.62	40.03	115.06	27.88	80.99	19.25	46.91	11.61	18.27	0.00
17	220740.74	118.33	410.37	73.19	157.04	49.96	112.10	34.30	85.43	21.85	45.43	13.37	31.11	6.65	16.30	0.00
18	332839.51	117.49	523.95	75.63	213.83	51.95	120.00	36.36	95.31	24.60	68.64	16.20	41.98	9.93	17.78	0.46
19	205925.93	116.96	311.60	69.37	160.99	47.90	94.81	32.93	82.96	21.54	44.94	13.75	33.58	8.79	19.26	2.44
20	185185.19	116.35	289.38	73.72	168.40	50.95	109.14	35.37	85.43	23.38	52.84	14.74	50.37	9.47	17.78	0.00
21	228641.98	120.40	304.69	69.37	117.04	45.61	91.85	29.56	73.58	18.11	43.95	10.24	30.12	4.58	17.28	1.15
22	255308.64	115.36	268.64	62.80	147.65	37.97	71.60	21.77	78.02	10.24	47.90	3.06	33.09	0.00	18.27	0.00
23	289876.54	118.79	394.07	68.91	140.74	45.23	99.26	29.95	68.15	19.25	65.19	12.15	32.10	7.03	22.22	3.90
24	167407.41	118.56	273.09	64.55	120.00	40.26	79.51	24.68	49.88	14.74	53.83	8.10	26.17	4.28	23.70	3.06
25	131358.02	118.03	311.60	66.08	121.98	43.39	78.52	28.27	55.80	18.18	50.86	11.23	25.68	6.72	19.26	4.43
26	211358.02	116.12	274.57	62.11	117.53	35.75	77.04	18.95	62.22	9.63	38.02	3.36	34.07	0.00	15.80	0.00
27	161975.31	115.51	293.83	62.18	101.23	36.06	61.23	19.63	54.81	10.08	30.62	3.59	38.52	0.00	17.28	0.00
28	260740.74	115.36	332.35	61.42	104.20	33.54	73.09	16.65	43.46	5.96	32.59	1.30	30.12	0.00	16.30	0.00
29	157037.04	115.20	402.96	67.91	126.91	41.79	78.02	24.45	60.25	11.92	43.46	4.13	34.07	0.15	18.27	0.00
30	213333.33	118.41	346.17	67.38	147.65	42.40	96.30	26.28	54.81	15.66	52.84	6.57	38.02	2.37	17.28	0.00

### A3: *Chamaecrysta scleroxyllum*

Numero da amostra	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
	Constante Dielétrica	Teor de Umidade														
1	82469.14	40.18	198.52	20.70	142.22	12.52	107.65	6.97	85.43	3.35	67.16	0.67	58.27	0.00	60.25	0.00
2	61234.57	47.66	186.67	27.73	133.83	19.31	102.22	13.46	89.88	9.49	64.69	6.67	57.78	4.88	58.77	0.00
3	52839.51	55.89	190.62	35.52	142.72	26.69	109.63	20.55	95.31	16.53	77.04	13.56	56.79	11.63	56.30	4.98
4	56296.30	49.49	199.51	29.32	154.07	20.25	123.95	14.20	99.26	9.99	71.60	7.02	50.37	5.33	55.31	0.00
5	42469.14	52.82	192.10	33.24	147.65	25.16	108.15	19.56	98.27	15.89	78.52	12.91	67.65	10.98	53.83	4.29
6	32592.59	56.58	144.69	30.96	106.17	21.49	87.41	15.84	66.67	12.12	49.88	9.74	42.47	8.35	55.31	5.03
7	68641.98	52.62	143.70	27.09	100.74	17.62	76.05	11.67	57.28	7.96	42.96	6.22	39.01	4.93	51.85	2.31
8	71604.94	55.10	169.38	31.90	121.98	22.38	90.37	16.14	69.63	11.97	53.83	9.39	45.43	7.86	55.31	4.14
9	40987.65	41.32	133.83	16.43	90.86	7.26	77.04	2.21	50.86	0.00	40.00	0.00	35.56	0.00	52.35	0.00
10	45925.93	55.19	140.25	30.66	105.19	20.89	77.53	14.60	57.28	10.58	42.96	8.30	43.95	0.00	51.85	3.99
11	40493.83	48.30	149.63	24.86	111.11	15.54	78.02	9.59	59.75	6.02	53.83	3.55	40.00	2.21	62.72	0.00
12	71604.94	44.19	157.53	22.63	110.62	12.96	73.58	7.02	60.25	3.45	54.81	1.17	43.46	0.03	60.74	0.00
13	84444.44	46.37	162.47	23.27	132.84	14.15	95.80	8.50	65.19	4.29	61.23	2.26	46.42	0.97	60.25	0.00
14	47407.41	50.29	199.01	27.24	151.60	18.51	105.19	12.72	79.51	8.85	72.10	6.32	53.33	4.54	58.77	0.77
15	28148.15	54.20	147.65	29.47	107.65	20.99	80.99	15.34	62.22	11.33	64.69	9.00	43.95	7.36	52.35	4.29
16	25185.19	48.45	188.64	19.11	136.79	11.38	96.30	5.53	66.17	0.92	61.73	0.00	51.36	0.00	55.31	0.00
17	71604.94	40.18	244.94	29.62	159.51	19.51	110.12	13.16	87.90	9.35	78.02	6.67	63.21	4.93	52.35	0.18
18	40987.65	50.73	212.84	28.68	173.33	20.99	139.75	15.94	112.10	12.12	96.30	8.75	76.54	6.97	56.79	0.42
19	66666.67	47.61	189.63	29.52	130.37	18.76	109.14	13.41	86.91	9.99	82.96	7.61	60.74	5.03	58.77	0.18
20	36543.21	49.30	197.04	28.73	137.28	19.90	108.15	15.14	78.52	10.63	76.54	8.45	56.30	6.22	59.75	1.22
21	20740.74	42.60	164.44	19.56	105.68	9.10	80.00	3.94	56.79	0.52	46.91	0.00	37.53	0.00	56.79	0.00
22	42469.14	51.48	137.78	26.54	102.72	17.03	78.52	10.68	51.36	6.67	47.41	4.69	40.00	3.35	56.30	1.22
23	40493.83	50.44	203.95	29.32	136.79	20.00	102.22	14.75	74.57	10.88	59.75	8.16	46.42	6.77	57.78	3.50
24	43456.79	56.48	179.75	31.11	129.88	21.09	91.85	14.85	62.22	10.93	55.31	8.75	41.98	7.26	57.28	4.78
25	30617.28	49.15	130.86	23.97	85.43	13.76	63.70	7.71	47.41	4.39	45.93	2.55	39.01	1.27	56.79	0.00
26	34074.07	48.55	182.22	23.72	134.32	15.29	92.35	8.80	60.25	5.23	46.42	3.15	38.52	2.26	56.30	0.00
27	41481.48	39.09	130.86	15.44	99.26	6.47	88.40	1.02	54.81	0.00	43.95	0.00	40.49	0.00	58.27	0.00
28	25679.01	44.04	168.40	21.64	119.01	12.07	89.38	7.02	59.75	3.35	52.84	1.27	40.99	0.00	56.30	0.00
29	35555.56	47.76	169.38	27.04	116.54	16.73	91.85	12.42	70.62	8.50	59.75	5.78	41.98	3.79	55.31	0.82
30	56790.12	48.11	177.28	24.86	134.81	16.58	96.79	9.20	72.59	5.83	57.78	3.94	40.49	2.01	61.23	0.00

#### A4: Qualea dinizii

Número da amostra	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
	Constante Dielétrica	Teor de Umidade														
1	117037.04	103.35	264.69	70.43	206.42	51.89	158.52	39.15	137.28	28.91	109.63	20.90	90.37	14.81	21.73	0.00
2	191111.11	101.99	233.58	65.99	169.88	45.95	140.25	31.56	117.04	20.90	78.52	12.95	66.67	7.01	26.17	0.00
3	110123.46	100.63	266.17	68.85	217.78	51.60	162.47	39.08	146.17	29.06	120.49	21.25	94.32	14.67	24.20	0.28
4	89382.72	101.49	250.86	65.56	173.33	46.81	159.01	33.42	127.41	22.61	94.32	15.03	73.09	9.23	26.17	1.00
5	62716.05	100.92	252.84	66.49	178.27	48.67	146.17	35.86	126.42	26.34	98.27	18.39	81.98	12.09	28.15	0.00
6	182222.22	103.43	205.43	59.33	139.26	37.00	100.25	22.26	86.42	12.09	55.31	5.01	35.56	0.64	19.26	0.00
7	189135.80	104.79	221.73	60.05	168.89	39.44	120.00	25.05	103.21	14.88	67.65	7.44	40.99	2.64	25.19	0.00
8	229135.80	108.87	243.46	69.00	185.68	47.81	147.65	32.78	126.42	21.76	90.37	13.67	65.19	7.80	27.16	1.50
9	204444.44	105.07	212.84	60.41	154.07	38.79	109.14	24.19	83.46	14.31	55.31	7.94	38.02	4.36	21.23	1.93
10	125925.93	102.21	202.96	57.97	156.05	36.79	113.09	22.26	94.32	11.81	58.77	4.15	40.49	0.00	28.64	0.00
11	111111.11	102.28	219.75	60.19	168.40	40.51	135.31	27.34	101.73	16.89	66.17	9.37	45.43	4.65	20.74	0.00
12	120493.83	101.71	232.59	61.91	187.16	43.37	154.07	29.63	110.62	18.32	76.05	10.37	53.33	5.15	35.06	0.14
13	157037.04	101.57	269.14	63.63	190.62	43.80	161.48	29.77	116.05	19.11	80.99	11.30	55.31	5.72	20.74	0.07
14	157530.86	102.50	272.59	65.78	203.95	44.16	158.52	28.77	124.94	18.68	83.46	11.38	53.83	5.65	17.78	1.21
15	109629.63	101.78	241.48	59.55	179.26	38.79	138.77	24.83	104.20	15.31	66.67	8.73	44.94	3.57	25.19	0.00
16	110123.46	102.14	263.70	67.21	180.25	48.95	143.70	36.64	118.02	27.34	89.88	18.61	74.57	12.02	22.22	0.00
17	229629.63	104.93	253.33	64.56	160.00	43.94	135.31	30.49	104.20	20.18	71.11	12.09	57.28	6.29	40.00	0.00
18	194567.90	101.21	295.80	68.14	191.11	49.17	154.07	36.07	119.01	26.12	95.31	18.46	78.02	12.31	28.15	0.00
19	171358.02	101.42	277.04	64.06	184.69	42.37	149.63	28.34	107.65	18.03	70.12	10.59	51.85	5.29	18.77	0.00
20	124938.27	102.78	293.33	70.00	212.84	49.17	163.95	35.21	120.99	24.76	86.91	17.46	71.60	12.09	28.15	0.00
21	179259.26	107.43	209.38	65.99	147.16	44.87	115.06	30.13	84.44	20.90	60.25	13.67	42.96	8.73	37.53	3.43
22	178271.60	107.36	224.20	65.85	170.37	43.80	128.89	28.48	92.35	18.61	64.69	11.23	42.47	6.58	26.17	2.50
23	190617.28	107.29	233.09	69.71	181.73	48.38	146.67	33.64	101.73	23.40	76.54	15.53	55.31	9.94	29.14	3.57
24	155061.73	105.14	228.15	60.98	173.33	39.29	120.00	25.05	77.53	15.38	47.90	8.73	33.58	5.01	30.12	3.00
25	94814.81	102.64	228.64	62.63	164.94	40.22	136.79	25.84	88.40	15.46	58.77	7.80	38.52	2.79	28.15	0.00
26	142222.22	104.07	222.72	58.98	161.48	40.22	120.49	23.76	80.00	12.66	61.23	6.87	29.14	1.78	25.19	0.00
27	166913.58	108.15	218.27	65.20	157.04	46.45	128.89	30.42	88.40	19.32	65.68	13.02	36.54	7.94	31.60	4.22
28	146666.67	104.29	200.00	62.13	139.75	40.44	120.00	25.19	84.94	14.88	52.35	7.73	36.05	3.14	33.09	0.00
29	228148.15	103.86	257.78	64.77	157.53	40.94	125.93	26.34	92.35	16.03	57.28	7.44	32.59	3.14	32.59	0.00
30	120987.65	102.50	240.99	62.70	149.63	39.15	119.51	26.62	92.84	17.46	61.73	8.66	41.48	4.36	30.62	0.00

**A5: *Trattinnickia burserifolia***

Número da amostra	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
	Constante Dielétrica	Teor de Umidade														
1	163456.79	143.03	442.47	96.19	230.62	72.44	168.40	53.10	129.88	38.08	93.33	25.88	66.17	0.00	30.12	0.00
2	151604.94	142.00	742.22	95.06	205.43	71.50	149.14	51.60	132.35	36.21	97.28	24.28	48.89	4.10	32.10	4.38
3	156049.38	140.78	589.14	97.22	270.62	74.22	157.53	55.92	135.80	41.46	109.14	30.01	35.06	2.41	43.46	2.13
4	151111.11	143.50	508.15	97.97	220.74	72.35	143.70	53.38	101.73	38.08	94.81	25.88	42.96	4.38	38.02	4.10
5	115555.56	139.18	569.38	93.28	261.23	68.68	155.06	49.63	115.56	34.99	102.72	23.35	44.94	0.35	37.53	0.07
6	142716.05	143.69	332.84	88.02	157.04	62.02	109.63	40.99	101.23	27.01	60.25	17.90	35.06	6.92	33.58	6.64
7	117530.86	142.56	294.81	81.55	143.70	55.17	124.94	37.90	84.44	24.38	58.27	15.65	50.86	6.92	37.04	6.73
8	134814.81	143.22	393.58	90.28	198.02	63.52	127.90	40.24	100.74	25.04	67.65	14.05	34.07	1.29	33.09	1.10
9	127901.23	141.06	358.02	78.26	154.07	50.38	117.04	30.95	85.93	16.49	54.81	6.82	48.40	0.00	32.59	0.00
10	128888.89	140.96	344.69	81.92	166.42	54.42	126.91	33.58	86.91	19.31	64.69	8.80	37.04	0.00	40.49	0.00
11	145679.01	133.92	506.17	74.88	204.44	49.35	139.26	32.08	107.65	19.78	76.54	11.24	49.88	0.00	28.64	0.00
12	161975.31	140.40	355.06	80.61	166.42	52.16	130.86	31.70	95.80	17.24	65.19	8.42	35.56	0.00	41.98	0.00
13	164938.27	136.37	387.16	80.70	160.99	52.73	126.42	32.08	84.44	17.81	70.12	7.86	46.42	0.00	40.00	0.00
14	214320.99	134.02	306.67	72.35	177.28	48.97	144.20	31.98	103.21	20.06	74.57	10.86	41.48	0.00	36.54	0.00
15	129382.72	140.87	243.46	83.52	149.14	55.36	103.21	36.39	90.37	23.16	61.73	13.77	40.99	4.01	36.54	4.29
16	135802.47	135.05	440.99	85.02	183.70	57.42	127.90	38.36	103.21	25.04	79.51	13.68	50.86	0.00	38.02	0.00
17	156049.38	141.34	377.78	88.49	179.75	59.30	133.83	40.34	96.30	26.07	68.15	15.18	53.33	2.69	37.53	2.41
18	134320.99	136.74	384.20	91.96	235.56	65.31	170.86	46.72	122.47	32.54	83.46	21.00	44.94	0.00	32.59	0.00
19	119506.17	140.96	422.22	92.81	201.48	63.99	147.16	44.94	110.62	30.01	84.94	18.75	49.88	3.07	37.53	0.00
20	138765.43	128.57	371.85	88.49	223.70	62.49	178.27	45.31	131.85	31.70	100.25	20.81	36.54	0.00	29.14	0.00
21	134814.81	135.15	308.64	81.36	136.79	50.76	116.05	30.20	85.93	16.21	49.88	6.73	37.04	0.00	20.25	0.00
22	267160.49	137.59	320.49	78.54	143.70	48.60	94.32	26.54	64.69	13.11	55.80	4.67	53.33	0.00	27.65	0.00
23	225185.19	135.05	387.65	86.52	194.07	58.64	147.16	38.65	117.04	24.94	82.47	14.62	52.84	0.00	21.73	0.00
24	129876.54	140.96	337.28	84.08	152.59	50.85	116.54	30.10	84.94	16.59	47.90	7.67	50.37	0.16	22.22	0.54
25	104691.36	135.99	255.31	85.11	153.58	54.13	115.56	33.86	85.43	20.53	55.80	11.33	51.36	1.19	44.94	1.57
26	89876.54	141.43	334.32	90.65	144.20	60.99	123.95	40.62	75.06	23.53	65.19	13.49	43.46	1.38	37.53	1.10
27	109135.80	143.22	310.12	86.90	157.04	59.20	132.35	39.02	73.09	22.69	57.28	13.02	37.53	2.13	37.04	2.22
28	120987.65	136.27	318.52	79.76	156.05	50.38	120.49	30.86	70.62	17.24	66.17	8.80	49.88	1.38	45.43	1.19
29	206913.58	134.30	324.94	78.45	200.49	50.66	154.57	31.79	98.27	19.40	75.06	8.98	44.44	0.00	49.88	0.00
30	89876.54	140.03	340.25	89.43	160.00	57.23	112.10	35.64	70.12	22.78	62.22	12.55	38.52	3.07	40.49	2.79

**A6: Swartzia laurifolia**

Número da amostra	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
	Constante Dielétrica	Teor de Umidade														
1	56790.12	37.72	326.42	27.73	295.31	24.09	237.53	21.24	216.79	19.43	199.51	17.94	198.52	16.58	40.49	1.17
2	38518.52	36.73	337.28	27.02	290.86	23.18	245.93	20.83	224.69	18.85	215.31	17.24	194.57	15.96	43.95	0.93
3	62222.22	36.23	346.67	26.49	300.74	22.81	245.43	19.88	229.63	18.15	209.88	16.70	208.89	15.38	44.94	0.10
4	43456.79	36.65	337.28	26.69	283.95	22.98	245.93	20.29	204.94	18.31	200.49	16.74	185.68	15.34	38.02	0.14
5	45925.93	36.36	351.60	26.32	306.67	22.69	253.33	19.88	217.78	17.98	198.02	16.41	195.56	15.05	50.37	0.00
6	89876.54	34.95	315.06	23.39	248.89	19.92	224.20	17.48	199.51	15.58	201.98	14.02	200.49	12.65	59.75	0.00
7	60246.91	37.80	318.02	25.99	233.58	22.40	223.21	19.92	202.96	18.02	195.56	16.58	195.06	15.17	48.40	1.34
8	73580.25	36.44	339.26	25.33	247.41	21.78	254.81	19.30	222.72	17.48	206.42	16.00	205.43	14.59	40.00	0.22
9	59753.09	38.21	305.68	26.45	242.47	22.94	225.19	20.50	205.43	18.56	195.56	17.03	191.11	15.67	63.70	1.54
10	71111.11	35.65	313.09	24.05	260.25	20.50	224.69	17.90	213.83	16.00	189.63	14.51	188.15	0.00	54.81	0.00
11	50864.20	35.57	315.56	25.41	262.22	22.03	233.09	19.51	207.90	17.73	193.09	16.58	192.10	15.17	65.68	1.54
12	54814.81	35.20	300.25	24.59	257.28	21.32	214.81	18.81	150.62	17.07	196.05	15.83	193.09	14.51	68.64	0.59
13	86913.58	37.43	314.57	25.58	250.37	22.36	220.25	19.71	196.54	17.73	190.62	14.84	189.14	14.47	57.78	0.39
14	63703.70	36.31	318.52	23.97	285.43	20.58	248.40	17.98	184.20	15.79	183.21	16.16	180.25	13.19	51.85	0.00
15	66172.84	37.35	319.01	24.13	280.49	20.83	217.78	18.39	180.74	16.37	180.74	15.01	179.75	13.77	52.84	0.59
16	58271.60	34.79	317.04	24.05	257.78	20.21	230.12	17.98	209.88	16.00	207.90	14.35	193.58	13.23	69.63	0.00
17	62716.05	35.41	320.49	24.17	263.70	20.29	236.54	17.98	213.83	15.96	200.49	14.35	179.26	13.23	64.69	0.26
18	58765.43	35.12	369.88	25.33	264.69	21.61	268.64	19.43	230.12	17.53	191.60	16.00	190.12	14.76	60.74	0.55
19	103209.88	36.98	354.07	26.16	255.80	22.15	262.22	19.92	236.54	17.81	208.40	16.33	195.56	15.09	58.77	1.54
20	113086.42	37.14	376.30	26.98	295.80	23.10	280.99	20.71	245.43	18.76	234.07	17.20	202.96	15.92	57.28	0.80
21	70617.28	27.35	272.10	16.29	239.01	12.98	220.25	10.34	203.95	8.56	195.56	7.12	200.00	5.92	62.22	0.00
22	55802.47	35.16	323.95	23.43	273.09	19.55	213.83	16.78	181.23	14.92	180.25	13.40	190.62	12.16	69.63	0.00
23	101234.57	36.19	289.88	24.79	263.21	21.20	239.01	18.48	214.81	16.41	193.09	15.05	200.99	13.73	65.68	0.00
24	91358.02	36.31	332.84	24.13	280.49	20.66	231.60	17.94	207.90	16.08	192.10	14.55	191.11	13.31	63.70	0.14
25	55802.47	31.98	310.62	20.62	281.98	17.15	236.54	14.43	204.44	12.49	191.11	11.04	190.12	9.64	57.78	0.00
26	49876.54	36.81	290.86	24.46	248.89	21.04	220.25	18.35	190.12	16.49	200.99	14.92	191.60	13.73	63.70	0.93
27	89876.54	37.47	294.81	25.17	254.32	21.24	211.85	18.31	184.20	16.29	184.69	14.63	193.09	13.48	57.78	0.97
28	58271.60	35.41	320.49	23.60	264.20	20.21	234.57	17.53	195.06	15.67	194.07	14.10	184.69	12.94	61.73	0.00
29	62716.05	36.52	318.52	24.83	273.58	21.24	233.09	18.56	191.11	16.62	200.49	15.09	184.20	14.02	61.23	0.80
30	58271.60	35.82	311.60	24.26	289.88	21.04	255.80	18.48	214.81	16.62	203.95	15.05	191.11	14.02	53.83	0.14