



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANDRÉ BARRETO CUNHA – 07/30092

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICAS E  
ENERGÉTICAS DA PARTE AÉREA E TRONCO DE  
ALGAROBA (*Prosopis juliflora*).**

Brasília,  
Setembro – 2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANDRÉ BARRETO CUNHA – 07/30092

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICAS E  
ENERGÉTICAS DA PARTE AÉREA E TRONCO DE  
ALGAROBA (*Prosopis juliflora*).**

Texto apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale

Brasília,  
Setembro – 2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICAS E  
ENERGÉTICAS DA PARTE AÉREA E TRONCO DE  
ALGAROA (*Prosopis juliflora*).**

Estudante: André Barreto Cunha, matrícula 07/30092

Menção: \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale.

---

Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez

---

Doutoranda: Patrícia Ribeiro

Brasília, 10 de Setembro de 2012.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de ter estes conhecimentos, força e vontade para que cada dia eu pudesse procurar saber mais e mais sem nunca cansar.

Agradeço em especial aos meus pais que confiaram na minha capacidade durante todos esses anos, me auxiliando das melhores e de todas as formas possíveis para que eu conseguisse alcançar os meus objetivos.

Agradeço aos meus familiares em geral pois todos fizeram parte desta conquista no momento em que sempre estiveram ao meu lado quando precisei.

Ofereço também este trabalho aos meus avós, Cassimiro José da Cunha e Teotônio Barreto da Cunha, que me deram grandes ensinamentos através das histórias das suas fazendas e que são bastante úteis para o aprendizado cotidiano. À minha avó Amélia da Cunha Barreto pelas palavras de conforto, pelo ombro sempre amigo e os ouvidos sempre abertos para me escutar e aconselhar a seguir em frente, sem nunca desistir. À minha avó Judith Ribeiro Cunha pelo acolhimento e carinho durante todos esses anos.

Agradeço ao Professor Doutor Ailton Teixeira do Vale que aceitou o meu pedido para estudo da algaroba, dando início a um projeto de iniciação científica e de conclusão de curso, estando sempre solícito quando procurei seus conselhos.

Ofereço também a todos os outros professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal que durante esse processo de aprendizado e conhecimento, estiveram presentes na minha caminhada me ajudando e fornecendo uma enxurrada de bons conhecimentos.

Agradeço ao amigo Caio César Teobaldo por ter me mostrado a Engenharia Florestal e ter me apoiado desde o início a seguir essa trajetória.

Agradeço aos colegas da engenharia que dividiram comigo todo esse tempo de universidade, tornando as viagens, saídas de campo, festas e aulas inesquecíveis.

Agradeço a todos da família Fragoso que na reta final desta caminhada me incentivaram e apoiaram, nunca me deixando desistir. À Juliana, pelo companheirismo e carinho dedicado durante todo o tempo.

Agradeço a todos os meus amigos, principalmente os que vivem aqui em Brasília, pelo companheirismo durante essa trajetória.

# Índice

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
2.2. SELEÇÃO DAS ÁRVORES DE ESTUDO.....	14
2.3. CONFECÇÃO DE CORPOS DE PROVA .....	15
2.4. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA, DA RETRATIBILIDADE E DA UMIDADE DA MADEIRA.....	15
2.4.1. <i>Densidade Básica</i> .....	16
2.4.2. <i>Retratibilidade</i> .....	16
2.4.3. <i>Teor de umidade máximo</i> .....	17
2.5. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS.....	17
2.6. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISLHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS .....	18
2.7. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO ESTÁTICA .....	18
2.8. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PERPENDICULAR ÀS FIBRAS .....	18
2.9. DETERMINAÇÃO DO PODER CALORÍFICO.....	18
2.10. ANÁLISE IMEDIATA (DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CARBONO FIXO, TEOR DE CINZAS E TEOR DE MATERIAL VOLÁTIL).....	19
2.11. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	20
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
3.1. PROPRIEDADES FÍSICAS .....	21
3.2. PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	24
3.3. PROPRIEDADES ENERGÉTICAS.....	28
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>30</b>
<b>5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>31</b>

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - ANOVA dos valores do teor de umidade máximo de galho e tronco da madeira de algaroba. ....	36
<b>Tabela 2</b> - ANOVA dos valores de retração da madeira de galho e tronco de algaroba. ....	36
<b>Tabela 3</b> - Valor médio da retratibilidade tangencial, radial, longitudinal e coeficiente anisotrópico do tronco e galho da madeira de algaroba. *G = galho; T = tronco. ....	37
<b>Tabela 4</b> - ANOVA dos valores do coeficiente anisotrópico da madeira de tronco e galho de algaroba.....	37
<b>Tabela 5</b> - ANOVA dos valores de densidade básica da madeira de tronco e galho de algaroba. ....	38
<b>Tabela 6</b> - Algumas propriedades físicas da algaroba em comparação com madeiras tradicionais do Brasil. DB = Densidade Básica; Rr = Retratibilidade Radial; Rt = Retratibilidade Tangencial. Fonte: IPT. ....	38
<b>Tabela 7</b> - Algumas propriedades mecânicas da algaroba em comparação com madeiras tradicionais do Brasil. C,0 = Compressão Paralela; C,90 = Compressão perpendicular; MOE = Módulo de Elasticidade; V,0 = Cisalhamento Paralelo. Fonte: IBAMA, Madeiras Brasileiras (08/2012). ....	39
<b>Tabela 8</b> - ANOVA dos valores de flexão estática da madeira do tronco e galho de algaroba. ....	39
<b>Tabela 9</b> – Caracterização energética de biomassas florestais. Fonte: Congresso Brasileiro de Química na Proteção ao Meio Ambiente e à Saúde.....	40

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Mapa da Microrregião de Irecê inserido no contexto nacional e estadual. Fonte: Google Imagens.....	13
<b>Figura 2</b> - Plantio de algaroba no CEBATSA - Local de coleta das árvores de estudo. ....	14
<b>Figura 3</b> - Madeira processada e em período de secagem parcial para posterior confecção dos corpos de prova.....	15
<b>Figura 4</b> - Teor de umidade máximo da madeira de tronco e galho de algaroba. ....	21
<b>Figura 5</b> - Retração Volumétrica da madeira de tronco e galho de algaroba. ....	22
<b>Figura 6</b> - Coeficiente Anisotrópico da madeira de tronco e galho de algaroba. ....	23
<b>Figura 7</b> - Densidade básica da madeira de tronco e galho de algaroba. ....	24
<b>Figura 8</b> - Compressão paralela às fibras da madeira do tronco de algaroba. ....	25
<b>Figura 9</b> - Compressão perpendicular às fibras da madeira do tronco de algaroba. ....	25
<b>Figura 10</b> - Cisalhamento paralelo às fibras da madeira do tronco de algaroba.....	26
<b>Figura 11</b> - Flexão estática da madeira do tronco de algaroba.....	27
<b>Figura 12</b> - Flexão estática da madeira do galho da algaroba.....	27
<b>Figura 13</b> - Teor de cinzas, carbono fixo e material volátil de amostra composta (tronco + galho) da madeira de algaroba. ....	28
<b>Figura 14</b> - Poder calorífico de amostra composta (tronco + galho) da madeira de algaroba. ....	29



## Resumo

Este trabalho traz a caracterização tecnológica da madeira do tronco e galho de algaroba (*Prosopis juliflora*) com o objetivo de fornecer maior conhecimento sobre as espécies arbóreas existentes no Brasil, principalmente nas regiões semiáridas, incentivando o uso consciente da madeira. A caracterização foi feita conforme as normas estabelecidas para cada tipo de ensaio. Determinou-se a densidade básica, o teor de umidade máximo, a retração tangencial, radial, longitudinal e volumétrica, o coeficiente anisotrópico, a resistência ao cisalhamento paralelo as fibras, à compressão paralela às fibras, à compressão perpendicular às fibras, à flexão estática, o teor de cinzas, de material volátil, de carbono fixo e o poder calorífico. Os resultados mostram que a madeira de algaroba possui características muito semelhantes a das principais madeiras comercializadas no mercado nacional.

Palavras-chave: Algaroba, caracterização tecnológica, propriedades físicas, propriedades mecânicas, propriedades energéticas.

## Abstract

This work brings the technologic characterization of trunk and branches of algaroba (*Prosopis juliflora*) with the goal of providing more knowledge about the tree species existing in Brazil, mainly in semiarid regions, encouraging the conscious use of wood. The characterization was done according to the standards established to each kind of test. The basic density, the maximum humidity content, the tangential, radial, longitudinal and volumetric retraction, the anisotropic coefficient, the parallel fiber shear, the parallel fiber resistance, the perpendicular fiber resistance, the static flexion, the calorific power, the content of ashes, of volatile material and of fixe carbon were determined. The results have shown that the wood of algaroba has very similar characteristics to the main sorts of wood traded in the national market.

Key words: Algaroba, technologic characterization, physical properties, mechanical properties, energetic properties.

# 1. Introdução

A madeira é um material heterogêneo, possuindo diferentes tipos de células, adaptadas ao desempenho de funções específicas; as variações nas suas composições químicas, físicas e anatômicas são grandes entre espécies. Dentro da mesma espécie, estas variações também se apresentam conforme a idade, posição na árvore, fatores genéticos e ambientais etc. (SHIMOYAMA, 1990). Esse mesmo autor afirmou que o ambiente, bem como sua manipulação, pode afetar as características da madeira e, conseqüentemente, sua qualidade. As propriedades físico-mecânicas da madeira de árvores plantadas em um ambiente exótico podem ser significativamente diferentes, muitas vezes, daquelas cultivadas em um ambiente nativo.

A madeira sempre foi utilizada para diversos fins, como fabricação de móveis, construção civil, acabamentos, revestimentos entre usos diversos. Assim o conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira utilizada é de extrema importância para o uso racional e correto.

A escolha de madeira de uma espécie lenhosa para um determinado emprego somente poderá ser feita, com economia e segurança, com o conhecimento dos valores que definem o seu comportamento, tanto do ponto de vista físico como de sua resistência, quando submetida a esforços mecânicos.

O Brasil é um dos países com maior diversidade de espécies produtoras de madeira. As regiões norte e centro-oeste são os grandes centros fornecedores de madeira para as regiões sul e sudeste, grandes pólos consumidores. O País também dispõe de outras áreas onde a disponibilidade de matas nativas ainda não despertou o interesse de grupos econômicos para uma exploração racional e sustentada (Nascimento, 2003).

Um dos motivos do atraso no desenvolvimento da indústria madeireira é o desconhecimento das características próprias da matéria prima (madeira) e os

problemas relacionados com sua produção, sendo varias as espécies produtoras de madeira, sobre as quais pouco se conhece, em termos de características tecnológicas, dentre estas a algarobeira (Gomes, 1999).

Embora Giulietti et al. (2004) afirme que a produção de madeira, é muito baixa nas áreas de caatinga, pois a vegetação típica tem poucas árvores com fuste adequado para produção de tábuas, linhas, vigas, postes, etc., a Caatinga do nordeste do Brasil é região de espécies de madeira com grande potencial de manejo e desenvolvimento a curto espaço de tempo; as árvores, ainda que tortuosas já oferecem, a partir de 7 anos, condições de uso (Maia, 2004). Dentre essas espécies se destacam o angico (*Anaderanthera colubrina var. cebil*), a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e a algaroba (*Prosopis juliflora*). É perfeitamente possível admitir que um planejamento florestal para produção de algaroba, conduzido com base nas mais recentes técnicas silviculturais, garanta a sustentabilidade para vários usos (Farias Sobrinho, 2003).

A algaroba é uma espécie vegetal leguminosa, não oleaginosa, nativa das regiões áridas e semiáridas das Américas, África e Ásia, sendo que nesta última se concentra a maioria das 44 espécies do gênero *Prosopis*, apresentando portanto, admirável amplitude de adaptação. Esta espécie também pode ser utilizada para a produção de álcool, melação, alimentação animal e humana, apicultura, reflorestamento, ajardinamento e sombreamento, tornando-se, por conseguinte, uma cultura de valor econômico e social (Silva, 2001).

A algaroba, pertencente à família *Mimosaceae* é uma árvore que atinge 18 m de altura (Mendes, 1987), de tronco curto e tortuoso, podendo este atingir 8 m (Braga, 1976) e diâmetro de até 0,8 m (Azevedo, 1984; Souza e Tenório, 1982). Sua madeira é elástica, pesada, compacta e dura (Braga, 1976). Apesar disso, apresenta facilidade de ser trabalhada, recebendo bem tintas e vernizes. Gomes (1999) e Karlin e Ayerza (1982) citam que a madeira e algaroba tem boa textura, grã direita, boa durabilidade natural e apresenta boa estabilidade dimensional. A madeira apresenta boa qualidade para carpintaria e marcenaria, sendo empregada também

para confecção de móveis rústicos, dormentes, postes, mourões, (Braga, 1976; Mendes, 1987), lenha e carvão (Barbosa, 1986).

Estima-se que, no Nordeste, apenas com incentivos do governo, foram plantados mais de 90.000 ha depois de 1979 (Reis, 1985). Os plantios, realizados em sistemas puros ou consorciados, têm como finalidade a produção de lenha, estacas, carvão e forragem.

Sabendo-se que o conhecimento sobre as características físicas e mecânicas da madeira é de fundamental importância para o seu correto uso, este trabalho tem como objetivo a determinação das características físicas, mecânicas e energéticas da madeira de algaroba e a comparação entre a madeira de tronco e de galho, a fim de indicar alternativas de uso racional.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Caracterização da área de estudo

Este estudo foi feito a partir de árvores pertencentes a um povoamento de *Prosopis juliflora* plantado em 1990 no CEBATSA (Centro de Base Tecnológica do Semiárido), Latitude: 10°36'37.44"S e Longitude: 41°56'4.29"W e altitude local de 429 m acima do nível do mar, localizado no município de Jussara, cidade do interior da Bahia, pertencente a micro região de Irecê.

A microrregião é composta por 20 municípios<sup>1</sup> em uma área de 26.730,86 km<sup>2</sup> e com uma população de 391.213 habitantes, o território de Irecê está situado entre a região do Baixo Médio São Francisco ao Norte, a Chapada Diamantina ao sul, o Piemonte da Diamantina a leste a região Médio São Francisco a oeste, tendo o município de Irecê, distante 468 km da capital do Estado pela Estrada do Feijão (BA 052), como seu núcleo regional de comércio e serviços (SEI, 2007).



**Figura 1 - Mapa da Microrregião de Irecê inserido no contexto nacional e estadual. Fonte: Google Imagens.**

<sup>1</sup> A Região Econômica de Irecê contempla 19 municípios. Com a consolidação da política de desenvolvimento territorial pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário, a região ascendeu à condição de território de identidade, agregando o município de Ipuíara, após passar por um processo de consulta político-social, ao longo dos anos de 2003 e 2004.

Inserida no chamado 'polígono das secas', o território apresenta clima semiárido mesotérmico<sup>2</sup>, com precipitação pluviométrica média em torno de 600 mm anuais, concentrada entre os meses de novembro a abril, apesar de apresentar certo grau de irregularidade mesmo nessa época. A temperatura média anual é de 21,8 °C no planalto de Irecê, sendo julho o mês mais frio com 18,7 °C (CEI, 1992, SEAGRI, 1995).

Em seu diagnóstico de municípios da região de Irecê, o SEBRAE-SIC (1995) apresenta a região como uma grande área homogênea de topografia plana, com solos calcários de elevada fertilidade (cambissolos e latossolos derivados do calcário Grupo Bambuí) e permeáveis à formação de volumosos aquíferos subterrâneos.

## 2.2. Seleção das árvores de estudo

No povoamento do CEBATSA foram selecionadas, ao acaso, cinco árvores tendo por base árvores com DAP superior a 40 cm.



**Figura 2 - Plantio de algaroba no CEBATSA - Local de coleta das árvores de estudo.**

---

<sup>2</sup> Com derivações para o megatérmico em parte do município de São Gabriel (Peixoto *et. al.* 1999).

### *2.3. Confeção de corpos de prova*

Foram coletados cinco toras (uma de cada árvore) e os cinco primeiros galhos mais grossos de cada árvore. As toras apresentavam comprimento entre 100 e 130 cm e DAP entre 44 e 52 cm. Os galhos apresentavam diâmetro e comprimento diversos. Em seguida, a madeira 'bruta', da qual se excluiu a medula, passou por desdobro onde foram confeccionadas peças menores de comprimentos variados, para facilitar o transporte. Este material ficou armazenado em local coberto e ventilado por 150 dias para secagem ao ar livre (em Irecê-BA).



**Figura 3 - Madeira processada e em período de secagem parcial para posterior confeção dos corpos de prova.**

Em seguida estas peças foram transportadas para o Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB) em Brasília-DF onde foram confeccionados os corpos de prova conforme as normas estabelecidas para cada ensaio, e posteriormente, armazenados em sala de climatização.

### *2.4. Determinação da densidade básica, da retratibilidade e da umidade da madeira*

### 2.4.1. Densidade Básica

Para a determinação da densidade básica e retratibilidade utilizou-se 40 corpos de prova de galhos e 50 de troncos com dimensões de 2 cm (tangencial), 2 cm (radial) e 10 cm (longitudinal), com base na norma NBR 7190/1997.

Os corpos de prova ficaram imersos em água por 60 dias até estarem completamente saturados, ocasião em que foi determinado o seu volume com auxílio de um paquímetro digital, de precisão 0,01 mm e sua massa com auxílio de uma balança com sensibilidade de  $10^{-2}$ g. Em seguida os corpos de prova foram colocados em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de  $103 \pm 2$  °C até que atingissem massa constante. Após a secagem o volume e a massa foram tomados novamente. A densidade básica foi determinada pela expressão:

$$\rho = \frac{m_{0\%}}{V_{sat}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$\rho$  = densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)

$m_{0\%}$  = massa seca (g)

$V_{sat}$  = volume saturado (cm<sup>3</sup>)

### 2.4.2. Retratibilidade

As retrações foram obtidas segundo a seguinte expressão:

$$R_{(t,r)} = \frac{D_u - D_s}{D_u} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$R_{(t,r)}$  = Retração da face desejada (radial ou tangencial) (%)

$D_u$  = Dimensão úmida (radial ou tangencial) (mm)

$D_s$  = Dimensão seca (radial ou tangencial) (mm)



Com os dados da retração de cada face, foi calculada a retração volumétrica para cada corpo de prova pela equação:

$$R_V = R_T + R_R + R_L \text{ (Equação 3)}$$

Onde:

$R_V$  = Retração volumétrica (%)

$R_T$  = Retração tangencial (%)

$R_R$  = Retração radial (%)

$R_L$  = Retração longitudinal (%)

#### 2.4.3. Teor de umidade máximo

Utilizou-se a seguinte equação:

$$U = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \text{ (Equação 4)}$$

Onde:

$U$  = teor de umidade da madeira (%)

$P_u$  = peso da madeira úmida (g)

$P_s$  = peso da madeira seca (0% de umidade - g)

#### *2.5. Determinação da resistência à compressão paralela às fibras*

Foram ensaiados 20 corpos de prova, quatro para cada árvore, feitos a partir dos troncos, uma vez que não foi possível a confecção a partir dos galhos com seção 5 cm x 5 cm x 20 cm, com base na norma COPANT 464/72.

## *2.6. Determinação da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras*

Foram ensaiados 20 corpos de prova, quatro para cada árvore, feitos a partir dos troncos. Ensaio em que a carga é aplicada paralelamente às fibras, em um corpo de prova de 5 cm x 5 cm x 6,5 cm, com maior dimensão na direção das fibras, fazendo uma porção da madeira deslizar sobre outra, provocando o cisalhamento, segundo a norma COPANT 463/72.

## *2.7. Determinação da resistência à flexão estática*

Foram ensaiados 40 corpos de prova, oito para cada árvore, destes, quatro foram confeccionados a partir dos troncos e quatro a partir dos galhos. Ensaio de flexão em viga estática biapoiada com as dimensões 2 cm x 2 cm x 30 cm, com maior dimensão na direção das fibras, com aplicação de carga à velocidade constante, segundo a norma COPANT 555/73.

## *2.8. Determinação da resistência à compressão perpendicular às fibras*

Foram ensaiados 20 corpos de prova, quatro para cada árvore, feitos a partir dos troncos. Neste ensaio a carga é aplicada perpendicularmente às fibras em corpos de prova de 5 cm x 5 cm x 15 cm, com maior dimensão no sentido das fibras, com aplicação de carga à velocidade constante, segundo a norma COPANT 466/72.

## *2.9. Determinação do poder calorífico*

O poder calorífico superior (PCS) - foi determinado a partir de uma amostra composta por árvore (amostra de troncos e galhos misturados), de material moído obtido e classificado abaixo de 60 mesh, baseado na norma ABNT NBR 8633/84.

O poder calorífico útil (PCU) – foi determinado segundo a fórmula que segue:

$$PCU = PCI_{0\%} \times (1 - U) - 600 \times U \quad (\text{Equação 5})$$

onde:

$PCU$  = Poder calorífico útil

$PCI_{0\%}$  = poder calorífico inferior a 0% de umidade.

$U$  – teor de umidade da madeira em base úmida (%)

$PCI_{0\%} = PCS - 600(9H/100)$  onde:  $H$  – teor de hidrogênio a 0% de umidade (%)

## 2.10. Análise imediata (determinação do teor de carbono fixo, teor de cinzas e teor de material volátil)

A análise imediata contempla os testes de: Carbono Fixo, Teor de Cinzas e Material Volátil e utiliza amostras de 1g classificada entre as peneiras de 40 e 60 mesh, segundo a norma ABNT NBR 8112/86.

Para material volátil utilizou-se a equação:

$$M_V = \frac{m_2 - m_3}{m} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

$M_V$  = Teor de material volátil (%)

$m_2$  = Massa inicial do cadinho + amostra (g)

$m_3$  = Massa final do cadinho + amostra (g)

$m$  = Massa da amostra (g)

Para o teor de cinzas foi utilizada a equação:

$$CZ = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

$CZ$  = Teor de cinzas (%)

$m_0$  = Massa do cadinho (g)

$m_1$  = Massa do cadinho + resíduo (g)

$m$  = Massa da amostra (g)

O teor de carbono fixo é uma medida indireta e pode ser obtida por meio da equação:

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

$CF$  = Teor de carbono fixo (%)

$CZ$  = Teor de cinzas (%)

$MV$  = Teor de material volátil (%)

## 2.11. Análise Estatística

Utilizou-se de análise estatística descritiva (média, coeficiente de variação e desvio padrão) e análise de variância (ANOVA) fator único para comparar as variáveis.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Propriedades físicas

O teor médio de umidade máximo da madeira dos troncos de algaroba foi de 45,68% e coeficiente de variação (CV) de 5,93%. O teor médio de umidade máximo da madeira dos galhos de algaroba foi de 50,71% e CV de 8,70% (Figura 4).

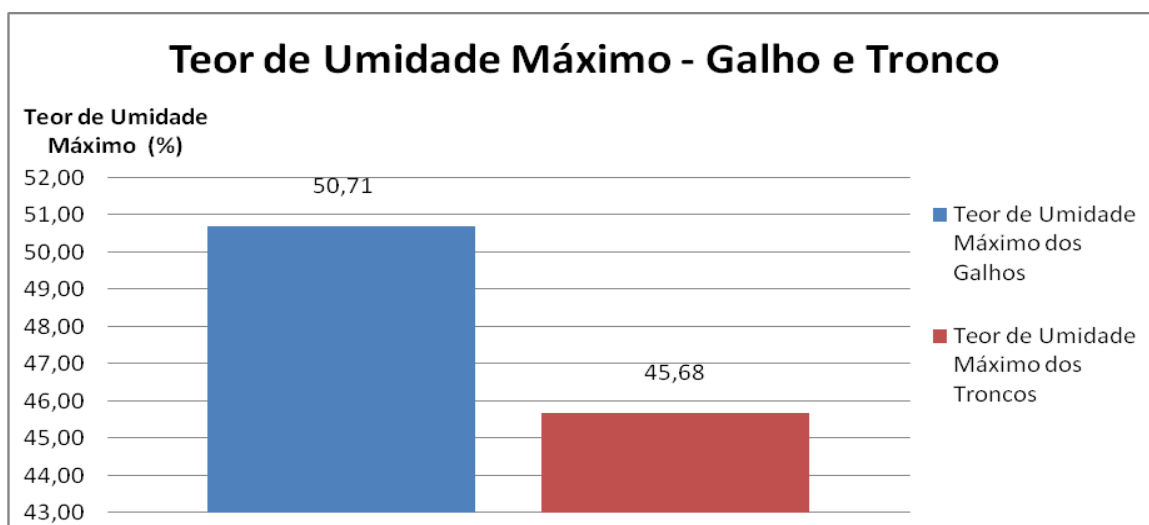
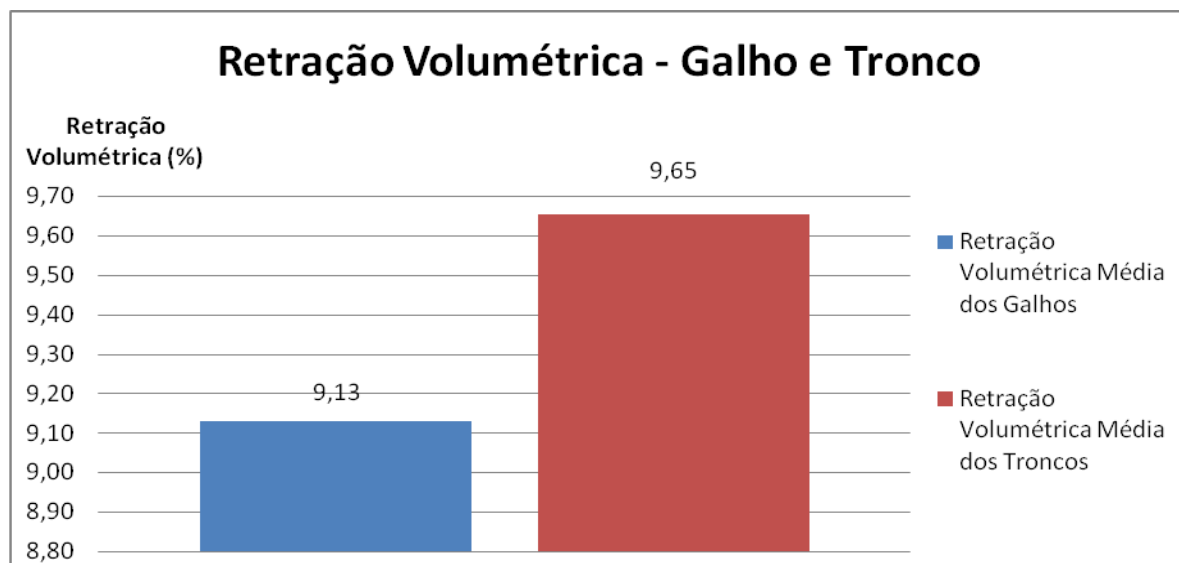


Figura 4 - Teor de umidade máximo da madeira de tronco e galho de algaroba.

A análise de variância entre os valores do teor de umidade máximo mostrou que não existe variação estatística significativa entre o teor de umidade máximo da madeira dos troncos e dos galhos.

A retração volumétrica média dos troncos foi de 9,65% e um CV de 12,57%. A retração volumétrica média dos galhos foi de 9,13% e um CV de 8,91% (Figura 5).



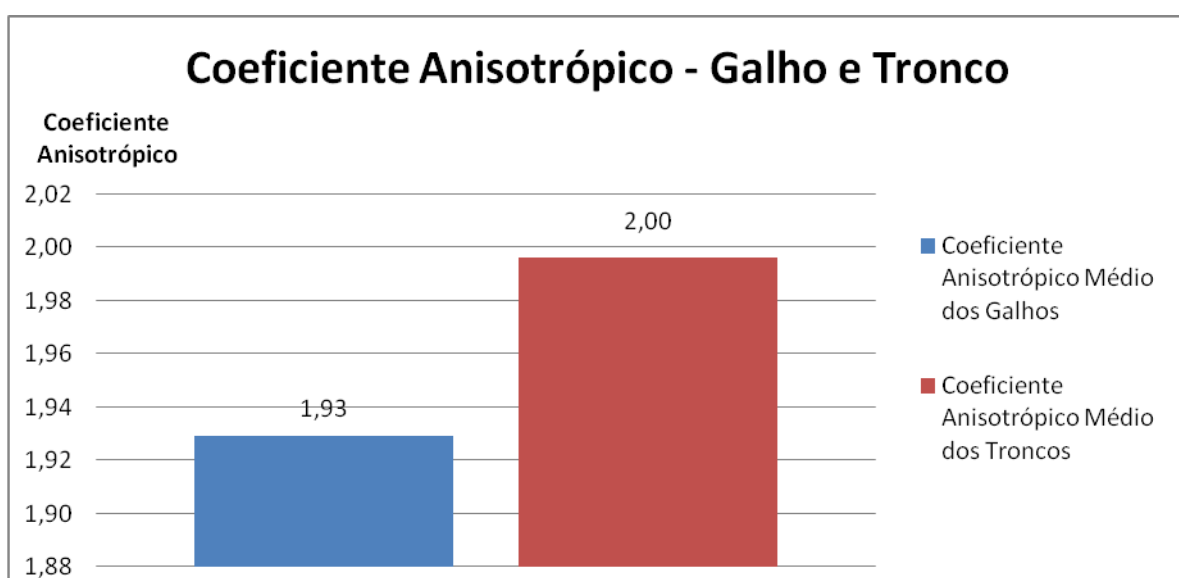
**Figura 5 - Retração Volumétrica da madeira de tronco e galho de algaroba.**

A análise de variância entre os valores da retração volumétrica mostrou que não existe variação estatística significativa entre a retração volumétrica da madeira dos troncos e dos galhos.

As maiores retrações foram observadas nas faces tangenciais seguida das faces radiais. A tabela 3 mostra os valores médios das retrações tangenciais, radiais e longitudinais para galhos e troncos de cada árvore de algaroba. Estes valores quando comparados com o de outras espécies madeireiras do Brasil (Tabela 6), observa-se que a algaroba apresenta excelentes valores de retração tangencial e radial, sendo mais estável que 90% das espécies apresentadas.

O coeficiente anisotrópico dos troncos de Algaroba foi de 2,0 e um CV de 26,57%. O coeficiente anisotrópico dos galhos de Algaroba foi de 1,93 e um CV de 7,76% (ver figura 6). O coeficiente anisotrópico mede o grau de estabilidade da madeira, e é relacionado por um índice que varia de 1,3 a 2,0. Para as madeiras mais estáveis, os índices variam de 1,3 a 1,4, mas para madeiras de Eucaliptos, principalmente aquelas provenientes de árvores jovens e de rápido crescimento, os índices podem chegar a 3, tornando-as extremamente instáveis dimensionalmente. Existe um critério de classificação quanto ao fator anisotrópico: madeiras com fatores entre 1,2 a 1,5 são consideradas excelentes, ocorrendo em madeira de cedro, sucupira e mogno; fatores entre 1,5 a 2,0 são consideradas normais, ocorrendo em Ipê, Pinus,

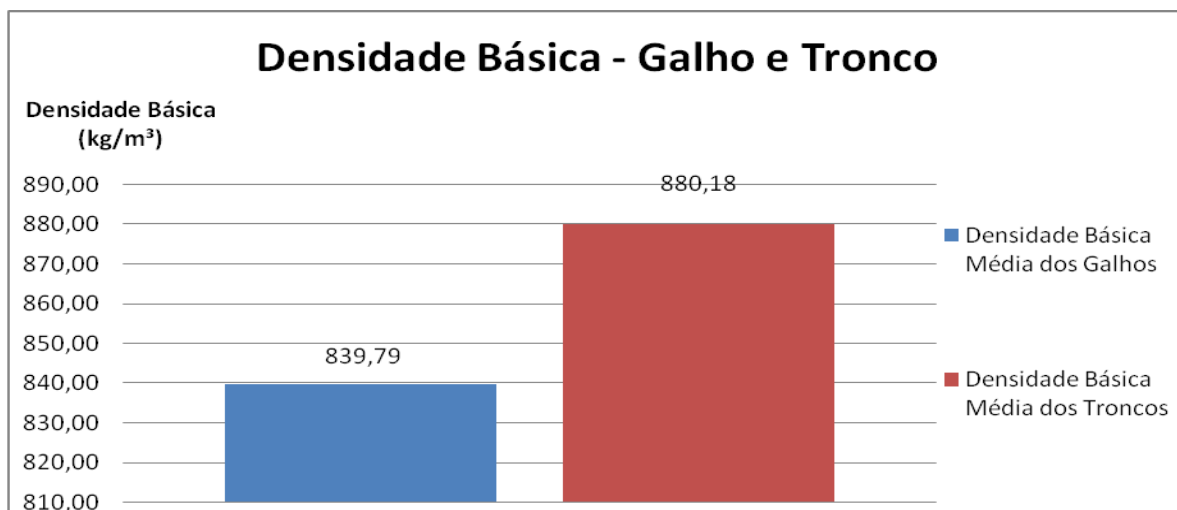
Araucária, Peroba-rosa e Teca; fatores acima de 2,0 são considerados ruins, ocorrendo em Araucária, Imbuia, Jatobá e Eucalipto. Coeficientes de anisotropia de contração baixos, mas com contrações tangencial e radial excessivas provocam a instabilidade dimensional da madeira (REMADE, 2012). Com base na literatura citada, a Algaroba mostrou-se como uma madeira de estabilidade dimensional normal, sendo equiparada a madeiras de grande conhecimento comercial como o Ipê, Pinus e a Teca. Isso demonstra a grande potencialidade da algaroba ser utilizada para a fabricação de móveis.



**Figura 6 - Coeficiente Anisotrópico da madeira de tronco e galho de algaroba.**

A análise de variância entre os valores do coeficiente anisotrópico mostrou que não existe variação estatística significativa entre o coeficiente anisotrópico da madeira dos troncos e dos galhos. Os valores encontrados são semelhantes aos encontrados por Melo et al (2007) ao analisar a variação radial da densidade básica da madeira de algaroba.

A figura 7 mostra os valores médios para densidade básica dos troncos e dos galhos da madeira de algaroba. O tronco apresenta um valor médio de 880,18 kg/m<sup>3</sup> e um CV de 2,59%. Para os galhos, encontrou-se um valor médio de 839,79 kg/m<sup>3</sup> e um CV de 3,48%.



**Figura 7 - Densidade básica da madeira de tronco e galho de algaroba.**

A análise de variância entre os valores da densidade básica mostrou que existe diferença estatística significativa entre a densidade básica da madeira dos troncos e dos galhos, ao nível de 5% de probabilidade. Apesar desta diferença, a madeira de algaroba pode ser utilizada indistintamente sem prejuízo as demais propriedades.

Comparando com outras espécies madeireiras listadas na tabela 6 de propriedades físicas, IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), sobre diversas madeiras comerciais brasileiras, observa-se que a algaroba é uma madeira classificada como muito pesada, equiparando-se a densidade do ipê, jatobá e maçaranduba, superando 95% das espécies apresentadas.

### *3.2. Propriedades mecânicas*

No teste de compressão paralela às fibras o valor médio encontrado foi de 745 kgf/cm<sup>2</sup> e CV de 9,01%. O valor máximo foi de 868 kgf/cm<sup>2</sup> e o mínimo 599 kgf/cm<sup>2</sup> (Figura 8). Estudo realizado por Pereira et al. (1976), obteve como valor médio de resistência a compressão paralela de 956,18 kgf/cm<sup>2</sup> a umidade de 12%, valor este, 22,13% maior do que o encontrado no presente estudo. Embora em estudo realizado por Gomes (2007) os valores encontrados, 883,07 Kgf/cm<sup>2</sup> sejam maiores, estão mais próximos aos encontrados neste estudo.



O valor de resistência à compressão paralela às fibras da madeira de algaroba foi superior apenas ao da aroeira, conforme a tabela 7. Mas apresentou valores próximos das demais, como jatobá, ipê e angelim vermelho. Isto demonstra que a algaroba possui resistência mecânica compatível com madeiras comumente utilizadas em projetos estruturais.

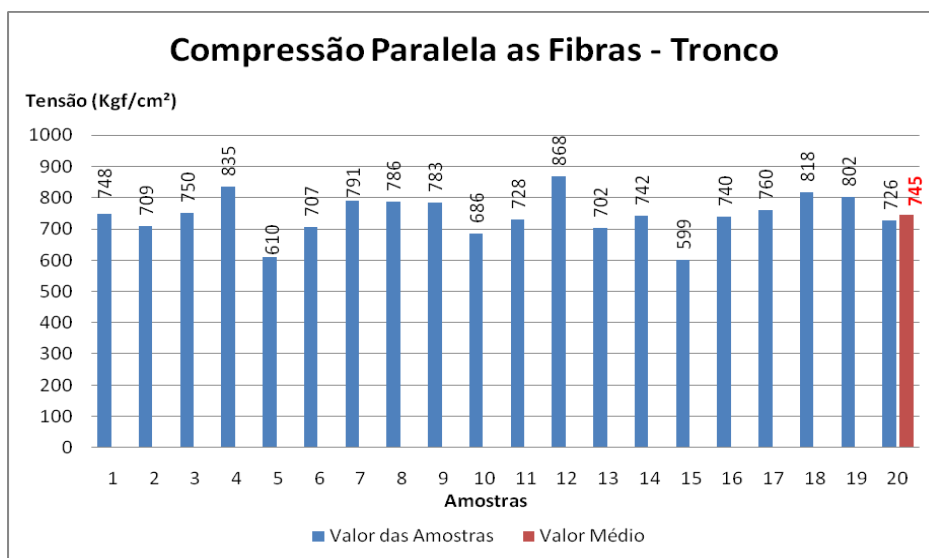


Figura 8 - Compressão paralela às fibras da madeira do tronco de algaroba.

Para o teste de compressão perpendicular às fibras o valor médio encontrado foi de 288 kgf/cm² e CV de 10,52%. O valor máximo foi de 333 kgf/cm² e o mínimo 222 kgf/cm² (Figura 9).

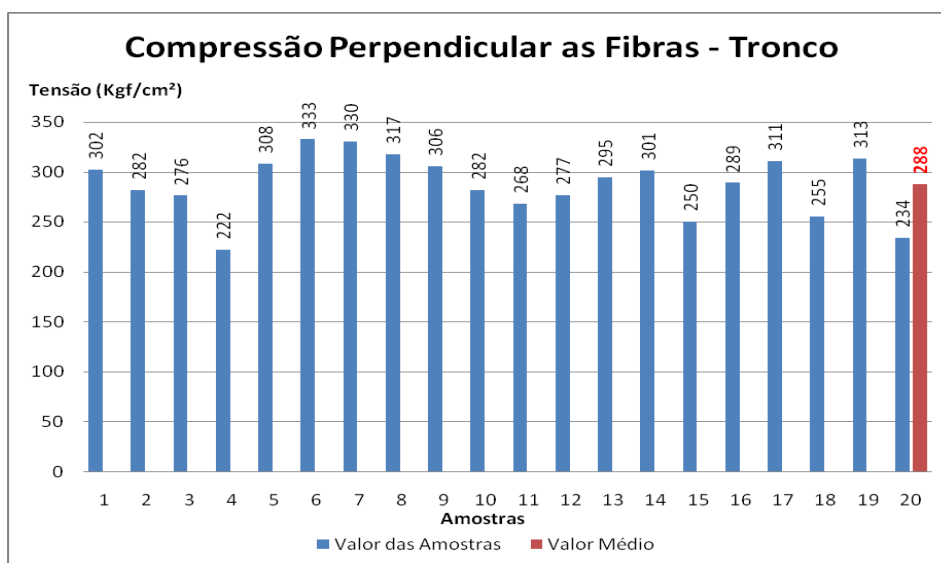
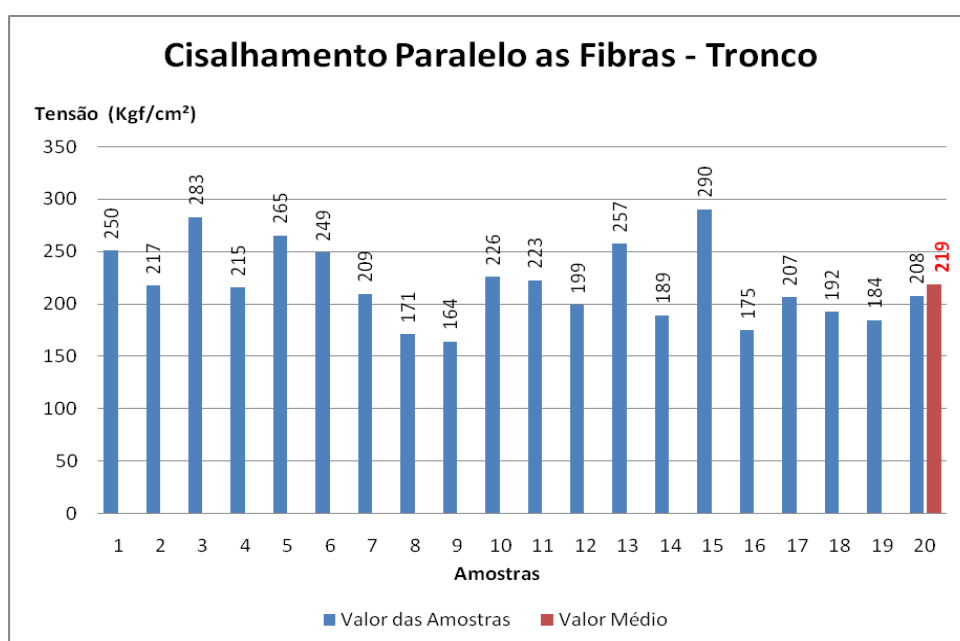


Figura 9 - Compressão perpendicular às fibras da madeira do tronco de algaroba.

No teste de compressão paralela às fibras, a madeira de algaroba mostrou-se maior que todas as apresentadas na tabela 7, entre elas: maçaranduba, ipê, jatobá e angelim vermelho.

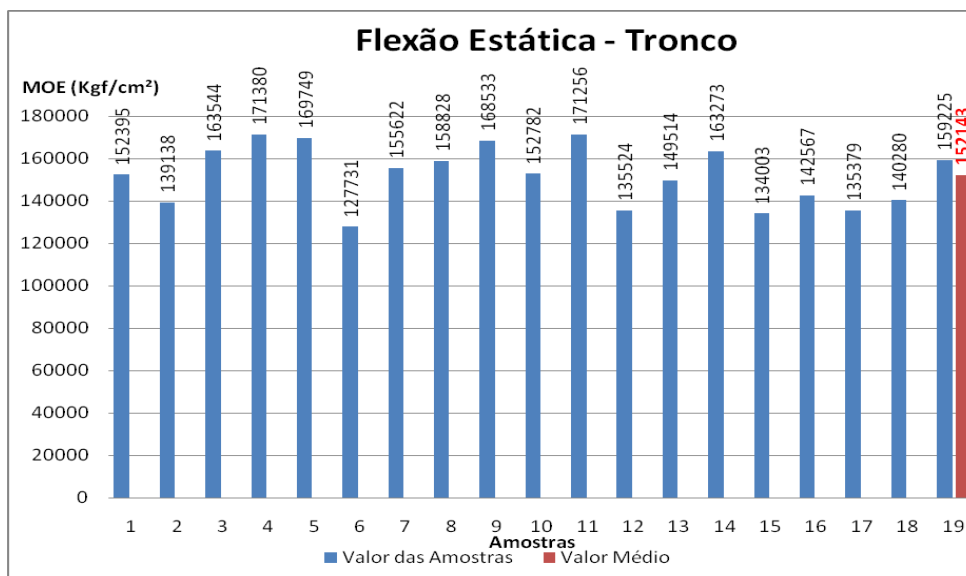
Os testes de cisalhamento paralelo às fibras apresentaram um valor de 219 kgf/cm<sup>2</sup> e CV de 16,77%. O valor máximo foi de 290 kgf/cm<sup>2</sup> e o mínimo 164 kgf/cm<sup>2</sup> (Gráfico 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes (2007) ao estudar madeiras de algaroba de um plantio de 10 anos (227,70 Kgf/cm<sup>2</sup>).

A madeira de algaroba mostrou-se com excelente resistência ao cisalhamento paralelo às fibras, sendo superior a mais de 80% da tabela 7, mostrando valores maiores ao do ipê, pau bálamo, amoreira, aroeira, jatobá e maçaranduba.



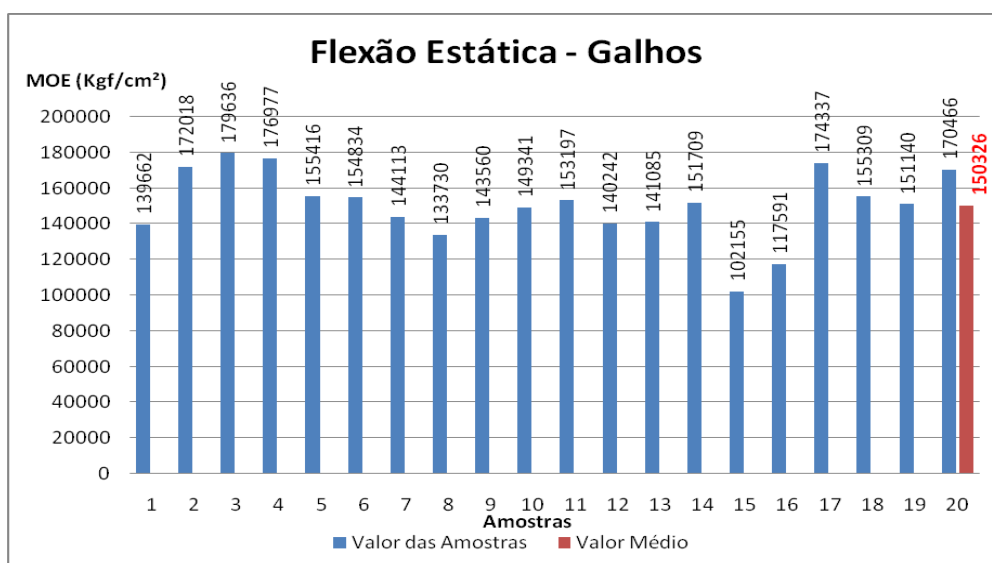
**Figura 10 - Cisalhamento paralelo às fibras da madeira do tronco de algaroba.**

Para os testes de flexão estática utilizando madeira dos troncos, obteve-se um valor médio do MOE de 152143 Kgf/cm<sup>2</sup> e CV de 9,3%. O valor máximo foi de 171380 kgf/cm<sup>2</sup> e o mínimo 127731 kgf/cm<sup>2</sup> (Figura 11).



**Figura 11 - Flexão estática da madeira do tronco de algaroba.**

Para os testes de flexão estática utilizando madeira dos galhos, obteve-se um valor médio do MOE de 150326 Kgf/cm<sup>2</sup> e CV de 12,91%. O valor máximo foi de 179636 kgf/cm<sup>2</sup> e o mínimo 102155 kgf/cm<sup>2</sup> (Figura 12).



**Figura 12 - Flexão estática da madeira do galho da algaroba.**

Esses resultados são semelhantes aos valores de algumas das principais madeiras utilizadas no país, conforme mostra a tabela 7, demonstrando que a algaroba possui ótimas características mecânicas e pode ser utilizada em projetos estruturais, embora o valor encontrado neste estudo, para a flexão estática, tanto para galho,

quanto para tronco, foi bem abaixo do encontrado por Gomes (2007), 227702,63 kgf/cm<sup>2</sup>.

A análise de variância entre os valores de flexão estática mostrou que não existe diferença estatística significativa entre a flexão estática da madeira dos troncos e dos galhos a nível de 5% de probabilidade.

### 3.3. Propriedades energéticas

Para material volátil, encontrou-se uma média de 86,96% e um CV de 2,05%. O teor de cinzas encontrado foi de 0,58% e um CV de 9,87%. O teor de carbono fixo foi de 13,24% e CV de 13,94% (Figura 13). A carbonização da madeira de algaroba resultou em um menor rendimento em carbono fixo, devido ao elevado teor de materiais voláteis. Baixo teor de carbono fixo implica em menor tempo de residência nos aparelhos de queima (Brito e Barrichello, 1982).

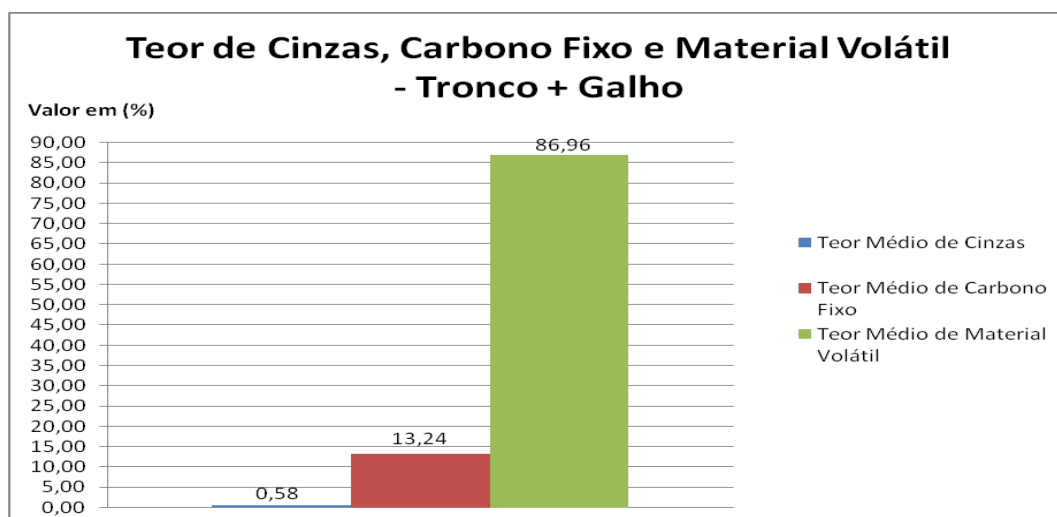
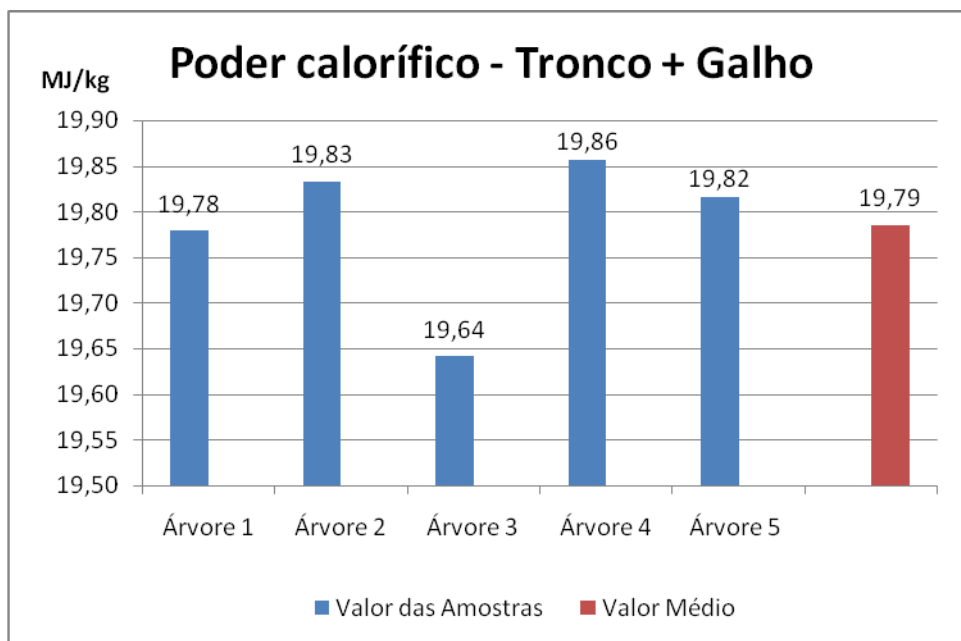


Figura 13 - Teor de cinzas, carbono fixo e material volátil de amostra composta (tronco + galho) da madeira de algaroba.

Para o poder calorífico superior, encontrou-se uma média de 19,79 MJ/kg (ou 4726 kcal/kg) e um CV de 0,43% (Figura 14). Este valor encontra-se na faixa descrita para folhosas, situada entre 3500 e 5000 kcal/kg, por Brito (1993).



**Figura 14 - Poder calorífico de amostra composta (tronco + galho) da madeira de algaroba.**

Comparando a algaroba com outras espécies madeireiras, conforme a tabela 9, é possível observar que a algaroba apresenta um baixo teor de cinzas, sendo superior apenas ao purui (0,44%). Isto é muito importante porque as cinzas são um grande problemas nos fornos das grandes indústrias, para tanto, quanto menor for esse teor na madeira, melhor.

O poder calorífico superior da madeira de algaroba foi superior a 75% das madeiras da tabela 7. Tal valor está dentro da faixa relativa a madeiras como material combustível (Brito, 1982). Estes resultados mostram que a madeira de algaroba libera uma quantidade de energia considerável durante a sua queima, sendo superior a muitas madeiras utilizadas como fonte energética, por exemplo, a faveira e o cardeiro.

## **4. Conclusões**

A madeira de algaroba equipara-se, considerando as características tecnológicas, as madeiras mais comercializadas no mercado brasileiro.

Apresenta boas características tecnológicas tanto para usos estruturais como para uso energético e moveleiro.

A madeira de algaroba do tronco e do galho diferem estatisticamente apenas nos valores de densidade básica. Apesar de existir essa diferença, as demais propriedades mostraram-se semelhantes, podendo assim, utilizar a madeira de algaroba indistintamente.

Essa ampla utilidade faz da algaroba uma madeira com grande potencial de transformação econômica das regiões áridas do Brasil. Para isso, é importante que haja projetos de financiamento agrícola e educacionais para incentivo a plantação e cultivo da algaroba.

## 5. Referência Bibliográfica

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – NBR 7190. **Projetos de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro, 1997. 107p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – NBR 8112. **Análise imediata de carvão vegetal.** Rio de Janeiro, 1986. 5p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – **NBR 8633: carvão vegetal: determinação do poder calorífico: método de ensaio.** Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

Azevedo, N. V. **As mil e uma utilidades da algaroba.** Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v.3, n.13, p.24, 1984.

Barbosa, J. A. **Avaliação qualitativa e quantitativa do carvão e dos condensados produzidos na carbonização da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* DC.).** Viçosa: UFV, 1986. 52p. Dissertação Mestrado.

Braga, R. **Plantas do Nordeste: Especialmente do Ceará.** 4.ed. Natal: ESAM, 1976. 540p.

Brito, J.O. **Expressão da produção florestal em unidades energéticas.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. Anais.Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. p. 280-282.

Brito, J.O., Barrichelo, L.E.G; ESALQ-USP; **Aspectos Técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis;** In: 2º Seminário de Abastecimento Energético Industrial com Recursos Florestais; p.101-137; São Paulo; 1982.

CEI – Centro de Estatísticas e Informações da Bahia. **Uso atual das terras: margem direita do rio São Francisco e área de Sobradinho.** Salvador. CEI, *Série Especiais CEI*, v.6, 35p., 1992.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT R 463 – **Método de determinación Del cizallamiento paralelo al grano**, Buenos Aires, Argentina, p.1-5, 1972.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT R 464 – **Método de determinación de La compresión axial o paralela al grano**, Buenos Aires, Argentina, p.1-4, 1972.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT R 466 – **Método de determinación de La compresión perpendicular al grano**, Buenos Aires, Argentina, p.1-5, 1972.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT R 555 – **Método de ensayo de flexión estática**, Buenos Aires, Argentina, p.3-10, 1973.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **Maderas: método de determinación del peso específico aparente**: COPANT 30:1:004. Caracas, 1971.

COMISSION PANAMERICANA de normas tecnicas. **Maderas: método de determinación de la contracción**: COPANT 30:1-005. Caracas, 1971. 5p.

Congresso Brasileiro de Química na Proteção ao Meio Ambiente e a Saúde. <http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/3/3-199-4062>. Acessado em 02 de agosto de 2012.

Farias Sobrinho, D. W. de. **Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva**. Campina Grande: UFPB, 2003. 53p. Dissertação Mestrado.



Gomes, J. J.; Características **tecnológica da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.): Contribuição para seu uso racional**. Campina Grande: UFPB, 1999, 118p. Dissertação Mestrado.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – **Madeiras Brasileiras** - <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/introducao.htm> - Acessado em 05 de agosto de 2012.

Karlin, U. O.; Ayerza, H. R. O **programa da algaroba na República Argentina**. In: Simpósio Brasileiro sobre a Algaroba, 1. 1982, Natal. Anais. Natal: EMPARN, 1982, p.146-197.

Maia, G. N. **Caatinga: Arvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004, 413p.

Melo, R. R.; Stangerlin, D. M.; Calegari, L.; Müller, M. T.; Trevisan, R.; Gatto, D. A. **Correlação entre massa específica e número de anéis para a madeira de *Araucaria angustifolia***. In: CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 1., 2007, Recife. Anais. Recife: UFRPE, 2007. v. 1, p. 1-3.

Mendes, A. S.; Alves, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1987. 57p.

Nascimento, M. F. do. **Chapas de partículas produzidas com madeira da caatinga do Nordeste**. Revista da Madeira. n.71, ano 13, 2003.

Paraíba. PNUD/FAO/IBAMA/UFPB/GOV. **Diagnóstico do setor florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa:1994. 84p.

Pereira, A. J. do R.; Vasconcelos, J. M. C. de.; Tavares, S.; **Características tecnológicas de madeiras do Nordeste do Brasil: Nova contribuição**. Recife: SUDENE. 1976. 40p. Recursos Vegetais 6.

Pires, I. E.; Kageyama, P. Y. **Caracterização da base genética de uma população de algaroba – *Prosopis Juliflora* (Sw) DC – existente na região de Soledade – PB.** Piracicaba: IPEF, 1985, p.29-36.

Reis, M. S. **A política de reflorestamento para o Nordeste Semiárido.** Silvicultura, São Paulo, n. 37, p. 33-37, 1985. Edição especial. Edição dos [Anais] do I Seminário Sobre Potencialidade Florestal do Semiárido, João Pessoa.

REMADE – Revista da Madeira. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=26&subject=Retratibilidade&title=A%20Retratibilidade%20da%20Madeira](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=26&subject=Retratibilidade&title=A%20Retratibilidade%20da%20Madeira). Acesso em: 08 de junho de 2012.

SEAGRI – Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia. **Expansão da irrigação na região de Irecê: proposta de ação.** Salvador: SEAGRI/CIR, 1995. 43Pp.

SEBRAE/SIC – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia e Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração da Bahia, Diagnóstico de municípios: Região de Irecê, Salvador: SEBRAE, **Série Desenvolvimento Regional**, v.27, 211p., 1995.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Atlas dos Territórios de Identidade do Estado da Bahia – Versão Preliminar.** Salvador. SEI, *cd-room*, 2007.

Shimoyama, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

Silva, Suely Alves da et al . **Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba.** Quím. Nova, São Paulo, v. 24, n. 4, Aug. 2001 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-)

40422001000400006&lng=en&nrm=iso>. access on 19 Sept. 2012.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422001000400006>.

Souza, R. F.; Tenório, Z. **Potencialidades da algaroba no Nordeste**. In: Simpósio Brasileiro sobre Algaroba, 1, 1982, Natal. Anais... Natal: EMPARN, 1982. p.198-216.

Zakia, M. J. B.; Pareyn, F. G.; Burkart, R. N.; Isaia, E. M. B. I. **Incremento médio anual de algarobais no Seridó-RN**. IPA News, Recife, n. 8, p.1-4, 1989.

## ANEXO 1 - TABELAS

**Tabela 1 - ANOVA dos valores do teor de umidade máximo de galho e tronco da madeira de algaroba.**

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Tronco	5	253,5274	50,7054	19,4583
Galho	5	228,4160	45,6832	7,32662

### ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	63,0582	1	63,0582	4,7084	0,0618	5,3176
Dentro dos grupos	107,1397	8	13,3924			
Total	170,1980	9				

**Tabela 2 - ANOVA dos valores de retração da madeira de galho e tronco de algaroba.**

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Tronco	5	45,6388	9,1278	0,6620
Galhos	5	47,9436	9,5887	1,3997

### ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,5312	1	0,5312	0,5153	0,4933	5,3177
Dentro dos grupos	8,2468	8	1,0308			
Total	8,7780	9				

**Tabela 3 - Valor médio da retratibilidade tangencial, radial, longitudinal e coeficiente anisotrópico do tronco e galho da madeira de algaroba. \*G = galho; T = tronco.**

Árvore/Parte	Média Retr.Tang. (%)	Média Retr.Rad. (%)	Média Retr.Long. (%)
1G	4,98	2,93	0,33
2G	6,19	3,79	0,33
3G	6,11	3,13	0,31
4G	5,42	2,84	0,36
5G	5,78	2,91	0,25
1T	4,84	2,28	0,42
2T	7,26	2,68	0,34
3T	5,90	4,20	0,39
4T	6,00	3,61	0,29
5T	5,77	3,75	0,20
Média G	5,70	3,12	0,31
Média T	5,96	3,30	0,33
CV G	8,82	12,46	13,18
CV T	14,52	24,09	27,05

**Tabela 4 - ANOVA dos valores do coeficiente anisotrópico da madeira de tronco e galho de algaroba.**

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Tronco	5	9,6460	1,9292	0,0224
Galho	5	9,9824	1,9965	0,2814

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0113	1	0,0113	0,0745	0,7918	5,3177
Dentro dos grupos	1,2150	8	0,1519			
Total	1,2263	9				

**Tabela 5 - ANOVA dos valores de densidade básica da madeira de tronco e galho de algaroba.**

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Galhos	5	4,1989	0,8398	0,0009
Troncos	5	4,4009	0,8802	0,0005

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,0041	1	0,0041	5,9507	0,0406	5,3177
Dentro dos grupos	0,0055	8	0,0007			
Total	0,0096	9				

**Tabela 6 - Algumas propriedades físicas da algaroba em comparação com madeiras tradicionais do Brasil. DB = Densidade Básica; Rr = Retratibilidade Radial; Rt = Retratibilidade Tangencial. Fonte: IPT.**

<b>Madeira</b>	<b>DB (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Classificação</b>	<b>CR (%)</b>	<b>CT (%)</b>
<b><u>Algaroba</u></b>	880,18	Muito pesada	3,3	5,96
Cabreúva-vermelha	780	Pesada	4,0	6,70
Cumaru	908	Muito pesada	5,3	8,20
Goiabão	730	Moderadamente pesada	6,6	12,60
Ipê	840	Muito pesada	4,0	5,90
Jatobá	800	Muito pesada	3,1	7,20
Maçaranduba	833	Muito pesada	6,8	11,0
Muiracatiara	810	Muito pesada	3,3	6,30
Muirapiranga	730	Moderadamente pesada	5,3	8,50
Pau-amarelo	690	Moderadamente pesada	7,0	8,50
Pau-marfim	710	Moderadamente pesada	4,9	9,60
Tatajuba	683	Moderadamente pesada	5,5	7,10
Tuari	500	Leve	4,4	7,10

**Tabela 7 - Algumas propriedades mecânicas da algaroba em comparação com madeiras tradicionais do Brasil. C,0 = Compressão Paralela; C,90 = Compressão perpendicular; MOE = Módulo de Elasticidade; V,0 = Cisalhamento Paralelo. Fonte: IBAMA, Madeiras Brasileiras (08/2012).**

<b>Espécie</b>	<b>C,0 (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>C,90 (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>MOE (1000 Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>V,0 (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Algaroba</b>	745	288	150,3	219
Muiracatiara Rajada	858	149	132	120
Jatobá	773	141	159	194
Amoreira	878	228	129	159
Pau Bálamo	876	138	154	182
Ipê	869	253	131	137
Aroeira	715	100	163	171
Angelim Vermelho	873	151	173	180
Cumaru	987	210	183	224
Maçaranduba	1109	173	174	171

**Tabela 8 - ANOVA dos valores de flexão estática da madeira do tronco e galho de algaroba.**

<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Tronco	5	760439,69	152087,93	59868213,53
Galho	5	756060,66	151212,13	235043726,85

ANOVA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor- P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1917595,35	1	1917595,35	0,013	0,912	5,318
Dentro dos grupos	1179647761,56	8	147455970,19			
Total	1181565356,92	9				

**Tabela 9 – Caracterização energética de biomassas florestais. Fonte: Congresso Brasileiro de Química na Proteção ao Meio Ambiente e à Saúde.**

<b>Espécie</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Cinza (%)</b>	<b>Materiais Voláteis (%)</b>	<b>Carbono Fixo (%)</b>	<b>Poder Calorífico Superior (MJ/Kg)</b>
<b><u>Algaroba</u></b>	0,00	0,58	86,96	13,24	19,79
Sucuba	14,68	1,53	77,16	21,30	19,31
Cardeiro	11,26	0,89	72,18	26,91	17,18
Faveira	37,23	1,64	71,33	27,01	17,09
Goiabão	14,37	1,59	72,80	25,59	17,44
Caraipé	29,88	4,17	72,05	23,76	17,18
Tachi-Branco	11,76	1,64	70,30	28,04	17,59
Capitari	13,32	3,88	70,90	25,21	19,80
Jutaí-Açú	14,75	2,41	73,10	24,47	19,06
Taquari	33,06	7,19	72,15	20,65	21,79
Mari Mari	34,16	2,31	69,96	28,62	20,84
Tento	12,64	1,48	74,63	23,88	22,48
Louro	11,81	0,98	75,87	26,85	21,75
Murici	34,74	3,37	76,00	20,62	17,94
Assacu	10,33	3,02	78,44	19,52	18,98
Tachi Preto	31,87	3,60	75,61	30,75	18,73
Mata Pasto	11,29	1,42	70,31	28,26	19,66
Ripeira	15,63	2,86	70,00	27,12	17,41
Purui	16,58	0,44	46,84	52,71	16,60
Caniveteiro	16,50	0,75	55,68	43,55	16,76
Piranheira	11,24	0,57	57,57	41,84	17,38