



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

FERNANDA CINTHIA FERNANDES DANTAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA
DO CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L.)

MOSSORÓ/RN

2018

FERNANDA CINTHIA FERNANDES DANTAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA
DO CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L.)

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Orientador: Vinicius Gomes de Castro,
Prof. Dr.

Co-orientador: Rejane Costa Alves,
Prof^a. Dr^a.

MOSSORÓ

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

FDant Fernandes Dantas, Fernanda Cinthia.
as, CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO CAJUEIRO
192c (Anacardium occidentale L.) / Fernanda Cinthia
Fernandes Dantas. - 2018.
30 f. : il.

Orientador: Vinicius Castro.
Coorientadora: Rejane Alves.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Florestal, 2018.

1. Densidade. 2. Anisotropia. 3. Alburno. 4.
Cerne. I. Castro, Vinicius, orient. II. Alves,
Rejane, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

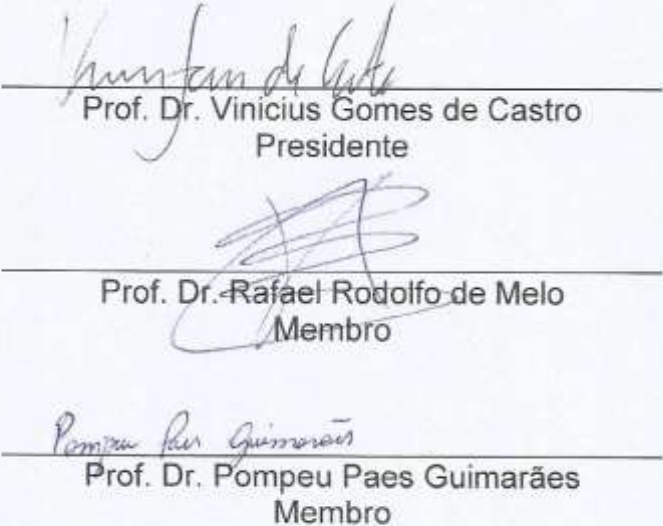
FERNANDA CINTHIA FERNANDES DANTAS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA
DO CAJUEIRO (*Anacardium occidentale* L.)

Trabalho de conclusão de curso
apresentado a Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Florestal.

Aprovada em: ____ / ____ / 2 ____.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Vinicius Gomes de Castro
Presidente

Prof. Dr. Rafael Rodolfo de Melo
Membro

Prof. Dr. Pompeu Paes Guimarães
Membro

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus que desde do primeiro dia aula vem cuidando e guiando a minha graduação, renovando as minhas forças em momento de fraqueza, na qual nunca permitiu que eu desistisse.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, incluindo os colegas do Laboratório de Engenharia Florestal, que foi essencial para a realização da pesquisa.

A minha família, Pedro Dantas (pai), Edilene Fernandes da Silva Dantas (mãe), Karige Thayra Fernandes Dantas (irmã) e Athayde Mahatma Fernandes Dantas (irmão) por estarem sempre ao meu lado, apoiando e auxiliando em todos os momentos. Vocês são o melhor presente que Deus poderia me conceder.

Ao Prof. Dr. Vinicius Gomes de Castro, pela orientação, compreensão, dedicação e paciência para a realização desse TCC. A Prof(a). Dr(a). Rejane Costa Alves que desde do início esteve me ajudando e ensinando no início das atividades e nas análises.

Ao Dr. Afrânio Arley Teles Montenegro, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, que me enviou as madeiras e foram fundamentais para realização das análises.

À técnica do Laboratório de Engenharia Florestal, Lidiane Martins Moura Ferreira, que me auxiliou em cada etapa realizada no laboratório.

Aos meus amigos de graduação que fizeram parte da minha história, em especial, Isabel Keyzer Lima de Aguiar Melo que esteve ao meu lado desde do início, Marília Graziella Dantas de Moura que ajudou nas medições dos corpos de prova e Francisco Edislan Gurgel Diógenes que me ajudou a colocar as madeira para secar ao ar livre.

Todos os amigos de sala, pelos perrengues de aula prática, compartilhamento de trabalhos e horas na cantina e nos corredores esperando as próximas aulas.

A todos aqueles, parentes ou amigos, que ajudaram direta ou indiretamente, seja com uma palavra de incentivo ou de conforto, muito obrigado.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi realizar as características físicas e químicas da *Anacardium occidentale* L. (Cajueiro). Para isso, foram coletados dez indivíduos da espécie, em plantios localizados no litoral do Ceará. Foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 2,5 x 2,5 x 3 cm nos sentidos transversais e longitudinal, respectivamente, para avaliar as propriedades físicas (massa específica aparente e básica, contrações lineares e volumétricas, e o fator anisotrópico). Os procedimentos de ensaio seguiram a metodologia descrita na NBR 7190 (1997). Para as análises de química elementar e química imediata, foram coletadas amostras de cinco indivíduos e de cada indivíduo foram retirados três discos de diferentes alturas das plantas. As cascas de todas as amostras foram retiradas e separadas, formando um único lote. Não houve diferença estatística para a análise química imediata de diferentes posições do tronco, com exceção do teor de extrativos. A casca obteve valores estatisticamente diferentes para todas as variáveis analisadas quando comparado com a madeira. As massas específica aparente e básica apresentaram uma média geral igual a 0,51 g/m³ e 0,43 g/m³. A madeira de cajueiro pode ser classificada como baixa a média densidade. Não houve diferença estatística entre o cerne e o alburno nas diferentes alturas na contração volumétrica máxima, contração tangencial, inchamento máximo e coeficiente de anisotropia, essa diferença ocorreu apenas na contração radial. O coeficiente de anisotropia apresentou uma média de 1,38 e valores individuais das contrações radial, tangencial e volumétricos foram considerados baixos. Estes resultados indicaram que a madeira de cajueiro possui boa estabilidade dimensional.

Palavra chave: Densidade. Anisotropia. Alburno. Cerne.

ABSTRACT

The aim of this study was the physical and chemical characterization of the *Anacardium occidentale* L. (Cashew tree) wood. To perform tests at the Wood Technology Laboratory of UFERSA, ten trees were collected from crops located at the coast of Ceará. Samples with 2,5 x 2,5 x 3 cm dimensions (transversal and longitudinal, respectively) were produced to evaluate the physical properties (bulk and basic density, linear and volumetric contractions and anisotropic factor). All procedures were based on the Brazilian standard NBR 7190 (1997). For elemental and immediate chemical analysis, five individuals were collected and from each one three discs from different tree heights were produced. Bark from all samples were pilled off and saved as only one batch. There was no significant statistic difference for the immediate chemical analysis from different diametric classes, with exception of extractive content. Bark presented statistically different values for all evaluated variables when compared with wood. Average bulk and Basic density were 0,51g/m³ e 0,43g/m³. Cashew wood was then considered as low to medium density wood. There was no statistically difference for maximum volumetric contraction, tangential contraction, maximum volumetric swelling and anisotropic factor between sapwood and heartwood. The difference was observed only for radial contraction. Average anisotropic factor was 1,38 and values of radial, tangential and volumetric contraction were considered low. Those results indicated that cashew wood has a good dimensional stability.

Key words: Density. Anisotropy. Sapwood. Heartwood.

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Confecção dos corpos de prova. (A) Discos de diferentes alturas. (B) Demarcação do ponto de retirada dos corpos de prova de cerne e alburno.....	12
Figura 2. Caracterização física. (A) corpo de prova imerso em água (B) corpo de prova sendo pesado.....	13
Figura 3. Teores de umidade da madeira do cajueiro.....	19
Figura 4. Massa específica básica da madeira do cajueiro.	20
Figura 5. Coeficiente de anisotropia da madeira do cajueiro.	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição elementar da madeira e casca do Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>)	15
Tabela 2. Análise química da madeira e casca do Cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>).	17
Tabela 3. Contrações máximas e coeficiente de anisotropia do cajueiro.	20

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

α	Inchamento
β	Contração
%	Porcentagem
A.S.	Absolutamente seco
cm ³	Centímetros cúbicos
CP	Corpos de prova
D	Classe diamétrica da madeira analisada
DA	Massa específica aparente
DB	Massa específica básica
DAP	Diâmetro à altura do peito
C/N	Relação carbono/nitrogênio
C/H	Relação carbono/hidrogênio
g	Gramas
M	Massa em umidade de equilíbrio
MS	Massa seca da madeira
MU	Massa úmida da madeira
m ³	Metros cúbicos
PSF	Ponto de saturação das fibras
V	Volume em umidade de equilíbrio
VV	Volume verde
Vo	Volume do corpo-de-prova no estado seco em estufa
TU	Teor de umidade
Max	Máxima
V	Volumétrica
L	Longitudinal
DIC	Delineamento inteiramente casualizado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
2.1. Objetivo geral	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. REFERECIAL TEÓRICO.....	3
3.1. O cajueiro	3
3.2. Produção de lenha no Brasil	4
3.3. Propriedades Químicas	5
3.3.1. Composição química da madeira	5
3.3.2. Composição química elementar	6
3.4. Propriedades físicas da madeira.....	7
3.4.1. Massa específica da madeira	7
3.4.2. Teor de umidade	8
3.4.3. Contração e Inchamento	10
3.4.4. Anisotropia	10
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1. Caracterização do local	11
4.2. Amostragem e confecção dos corpos de prova	11
4.3. Caracterização da química da madeira	12
4.4. Caracterização da física da madeira	12
4.5. Análise estatística	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, em especial na região Nordeste, o setor da fruticultura e produtos não madeireiros tem grande importância na economia, do qual pode-se destacar a produção de caju. O estado do Rio Grande do Norte ocupou a segunda posição no ranking da produção nacional de castanha-de-caju *in natura*, sendo superado apenas pelo estado do Ceará (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). A alta produção gera também uma grande quantidade de resíduos e fez surgir a preocupação de como reutilizar a madeira proveniente da poda, ou mesmo, as árvores quando estas perdem produtividade.

Burger e Richter (1991) afirmaram que a madeira é um material orgânico, sólido, de composição complexa, com constituintes químicos como celulose, hemiceluloses e lignina, além de extrativo, o que o torna desejável para inúmeras utilizações. Porém, para a utilização adequada de qualquer madeira é necessário estudar e entender suas propriedades físicas e químicas. Destas, pode-se destacar a massa específica, tida como uma das mais importantes características da madeira, pois a partir dela consegue-se estimar várias outras propriedades e ainda prever alguns possíveis usos. Segundo Zenid (2007), esta propriedade é fundamental para classificar o uso final da madeira, como matéria prima industrial ou energética.

Além da massa específica, as propriedades físicas da madeira englobam características gerais da espécie como teor de umidade, estabilidade dimensional e propriedade térmica. Através da descrição macroscópica da madeira, ela pode ser definida como um material anisotrópico havendo comportamentos diferentes nas três direções (longitudinal, radial e tangencial), esse comportamento influenciará de forma direta na escolha do uso da madeira.

Em relação às características químicas, a madeira é constituída por biopolímeros tridimensionais, como a celulose, hemiceluloses e lignina, responsáveis pela formação da parede celular e são os grandes responsáveis pela morfologia e estrutura da madeira. Os extrativos correspondem a uma pequena parcela, que em termos estruturais são considerados simples acessórios, porém, quando maior for a sua quantidade na madeira, maior será a resistência natural. Quando destinada para fins energéticos, o desejável é ter uma madeira com um alto teor de lignina e com baixo teor de cinzas.

Em função do desconhecimento sobre a madeira de cajueiro comercializada na região Nordeste, além de carência de informações acerca do potencial de uso da espécie, faz-se necessário a realização deste trabalho.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Avaliar as propriedades químicas e físicas da madeira da *Anacardium occidentale* L. (cajueiro).

2.2. Objetivos específicos

- Determinar a variação das propriedades físicas da madeira do cajueiro coletadas em diferentes secções do indivíduo;
- Determinar a variação das propriedades físicas entre alburno e cerne da madeira do cajueiro;
- Caracterizar a madeira de cajueiro quanto a química elementar e imediata.

3. REFERECIAL TEÓRICO

3.1. O cajueiro

O cajueiro pertence à família Anacardiaceae, composta de 400 a 600 espécies, distribuídas em 60 a 74 gêneros, possui caule resinoso, copa frondosa e folhas simples, inteiras, de aspecto subcoráceo, glabra e curto-pecioladas. O sistema radicular constitui-se de uma raiz pivotante, que atinge até 10 m de profundidade, e de uma malha lateral superficial de raízes (MENDONÇA; MENDONÇA, 2013).

Na região existe uma deficiência de matéria-prima em relação ao abastecimento das olarias, padarias e cerâmicas, na qual são utilizadas madeiras nativas da caatinga, na maioria dos casos de forma ilegal, diante disso, a madeira do cajueiro poderá ser introduzida como uma alternativa para minimizar esse impacto na vegetação.

Segundo Paiva, Crisóstomo e Barros (2003), na natureza são encontrados dois tipos de cajueiros da espécie *Anacardium occidentale* L.: o cajueiro comum e o cajueiro anão precoce. O cajueiro comum apresenta altura entre 10 e 20 metros, copa ereta e compacta, com envergadura entre 12 e 16 metros. O cajueiro anão precoce apresenta altura média de 06 metros, com envergadura entre 6 e 8 metros (MENDONÇA; MENDONÇA, 2013).

Barros (1995), analisando as obras do naturalista francês André de Thevet publicadas em 1558, indicou o Brasil como o centro de origem do cajueiro, no entanto, não especificou o exato local de ocorrência. Porém, declarou que pelo menos parte da América Central e todo o norte da América do Sul podem ser indicadas como o centro de procedência das espécies cultivadas. O Nordeste brasileiro tem se destacado no cultivo do cajueiro ao longo do tempo, principalmente o estado do Ceará (ROSSETTI, 2012). Johnson (1973, apud BARROS; PAIVA; CAVALCANTI, 1999) identificou o Estado do Ceará como o centro de origem do cajueiro.

O cajueiro fornece uma gama de produtos, todavia, ressalta-se a importância do pedúnculo consumido ao natural e da castanha, além de subprodutos obtidos através do processamento desses (SILVA, 2009). O Brasil constitui-se um dos principais exportadores de castanha de caju, tendo destaque em produtividade os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (MENDONÇA; MEDEIROS, 2011). Em 2017, da safra da castanha de caju *in natura*, cerca de 105.527 toneladas, o Rio Grande do Norte foi responsável por 20,7% da produção. Foram exportadas 6.864 toneladas, que se comparando com os valores de 2015

quando, no mesmo período, foram exportadas 8.039 toneladas, houve uma redução de 1.175 toneladas (CONAB, 2017).

3.2. Produção de lenha no Brasil

O consumo da lenha no Brasil é considerado significativo, especialmente nas carvoarias para produção de carvão vegetal e no cozimento de alimentos nas residências. Em 2004, cerca de 26 milhões de toneladas de lenha foram consumidas pelo setor residencial, equivalente a 29% da produção (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE (2017) mostram que a produção extrativista de lenha obteve um total de 25 milhões m³, dos quais a Bahia apresentou 20,1%, o Ceará 12,5% e o Maranhão 8,4% que juntos produziram 41,% do total nacional.

Segundo Botrel *et al.* (2006), existe um grande número de famílias de árvores que podem ser utilizadas para lenha entre elas estão: Anacardiaceae, Annanaceae, Cecropiaceae, Clusiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, faboideae, Fabaceae mimosoideae, Moraceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Tymelaeaceae. Dentre essas, a família Myrtaceae destacou-se como sendo aquela com o maior número de espécies citadas com potencial para produção de lenha.

A oferta de lenha, seja por substituição de copas, podas ou o desbaste dos cajueiros adultos tem sido destinada a padarias, olarias e cerâmicas (MONTENEGRO; LIMA; PARENTE, 2010). O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA (2006), por meio da Instrução Normativa Nº. 112 de 21 de agosto de 2006, discorrem sobre a dispensa do DOF (Documento de Origem Florestal) para material lenhoso proveniente da eliminação de culturas, pomares ou de poda de arborização urbana, ou seja, árvores que não estão sendo produtivas e/ou estão velhas.

Segundo o IBGE (2016), a quantidade de lenha produzida por extração vegetal em 2014, no Nordeste, correspondeu a 16.987.597 m³ e, no Rio Grande do Norte, a 1.125.615 m³ de lenha. No estado do Rio Grande do Norte, a lenha possui baixo valor econômico comparado a outros combustíveis, o que a permitiu ter destaque no setor de olarias (CARNEIRO *et al.*, 2013), todavia a pressão sobre a vegetação nativa tornou-se maior. A lenha do cajueiro, então, se constitui um potencial alternativo para aliviar essa pressão, além de ser um reaproveitamento que pode dar ao produtor de caju a obtenção de uma renda alternativa.

3.3. Propriedades Químicas

3.3.1. Composição química da madeira

Os constituintes químicos da madeira estão relacionados com suas propriedades devido à madeira ser um material orgânico. É de grande importância o conhecimento da composição química da madeira para definição do uso correto do material. A composição química da madeira é caracterizada pela presença de componentes fundamentais e acidentais. (SEVERO; CALONEGO; SANSÍGOLO, 2006)

Os componentes fundamentais são parte integrante das paredes das fibras e da lamela média. São eles: a celulose, as hemiceluloses e a lignina (OLIVEIRA, 1997 e SILVA, 2002). A união da celulose e das hemiceluloses compõe o conteúdo total de polissacarídeos contidos na madeira e é denominado holocelulose (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989, apud SEVERO; COLONEGO; SANSÍGOLO, 2006)

Os componentes acidentais são substâncias consideradas como não integrantes da parte estrutural da parede celular ou lamela média. Em sua maioria são facilmente solúveis em solventes orgânicos neutros ou água, na qual são chamados extrativos. Os outros como as proteínas, materiais inorgânicos, ácidos e sais orgânicos são parcialmente insolúveis nos solventes usados para remover os extrativos (KLOCK *et al.*, 2005).

Segundo Tsoumis (1999, apud SANTOS, 2010), em termos médios, as madeiras de folhosas apresentam teores de celulose entre 40% a 45%, hemiceluloses de 20% a 30%, lignina de 18% a 25%, extrativos de 3% a 8% e cinzas de 0,4%. Para o emprego em energia, Trugilho *et al.* (1997) ressaltam, dentre os componentes da madeira, que há influência negativa do teor de cinzas no poder calorífico, e que o teor de lignina junto com uma densidade elevada é importante por influenciar positivamente seu valor calórico e estabilidade térmica.

É também de grande importância saber o teor de minerais presentes na madeira, quando queimados em fornalhas e caldeiras, visando o valor energético, pois estes podem formar incrustações nos equipamentos e nas tubulações. No setor de transformação, quando se produz carvão vegetal para ser usado na siderurgia, ele deve possuir baixo teor de minerais, pois esses causam problemas sérios na qualidade do aço produzido, e problema ainda maior na produção de ligas metálicas (BARCELLOS *et al.*, 2003, apud BARCELLOS *et al.*, 2005). O teor de cinzas, em geral, corresponde a menos de 1% da base de madeira absolutamente seca. Muitos desses minerais encontram-se presentes em combinação com compostos

orgânicos, e os complexos formados desempenham funções fisiológicas. Os principais minerais encontrados são cálcio, magnésio, fósforo e silício. Em algumas espécies, principalmente na casca, o teor de cinzas é elevado (BARCELLOS *et al.*, 2003, apud BARCELLOS *et al.*, 2005). Em um estudo realizado segundo Brito e Cintra (2004), observou-se que a quantidade de cinzas produzidas na casca é de 300 a 2.000% maior que no lenho.

A lignina é um polímero aromático constituído de um sistema heterogêneo e ramificado sem nenhuma unidade repetidora definida. O sistema é totalmente amorfo de extrema complexidade, possuindo, principalmente, unidades poliméricas de fenilpropano (ROWELL, 2005, apud GOULART *et al.*, 2012; KLOCK *et al.*, 2005). Na maioria das plantas, a lignina não possui uma composição idêntica em todas elas. As ligninas de madeiras de fibras longas (coníferas), madeiras de fibras curtas (folhosas) e gramíneas possuem estruturas básicas muito diferentes entre elas (KLOCK *et al.*, 2005).

Em estudos físico-químicos realizado na madeira de *Eucalyptus saligna* por Trugilho, Lima e Mendes (1996), o teor de lignina apresentou correlação negativa com a massa volumétrica básica e o teor de holocelulose, revelando que quanto menor o teor de lignina maior será o teor de holocelulose e menor será a massa volumétrica básica da madeira. No trabalho realizado por Severo, Calonego e Sansígolo (2006), o *Eucalyptus citriodora* apresentou uma percentagem de lignina sempre superior no lenho juvenil e a percentagem de holocelulose sempre menor no lenho juvenil.

3.3.2. Composição química elementar

A química elementar da madeira não há variações consideráveis, com base em Klock *et al.*, (2005), os principais elementos são: Carbono (49 a 50%), Hidrogênio (6%), Oxigênio (44 a 46%) e nitrogênio (0,1 a 1%). O elemento enxofre é considerado uma impureza dos combustíveis juntamente com as cinzas (QUIRINO *et al.*, 2005).

Se a madeira for utilizada para produção de energia, deseja-se que tanto carbono quanto hidrogênio se apresentem no combustível em maior quantidade visto que causam o aumento do poder calorífico (NEVES, 2012). Carneiro *et al.*, (2014) explicam que na madeira o teor de carbono é totalmente consumido na combustão direta, já quando há a carbonização da mesma, esse teor é transformado em carbono fixo. Os mesmos autores destacam o hidrogênio como importante elemento na geração de energia mesmo em pequenas

quantidades, uma vez que libera, durante a queima, mais energia que o carbono.

O oxigênio e o nitrogênio são preferíveis em menores proporções, devido seu impacto negativo no valor energético (PROTASIO *et al.*, 2012).

O excesso de oxigênio contribui para a redução da temperatura da chama (RENDEIRO, 2008). Deseja-se na biomassa menores quantidades de nitrogênio e enxofre, pois ambos resultam em poluição ambiental e formação de chuva ácida, devido a formação de óxido tóxicos com a combustão.

3.4. Propriedades físicas da madeira

3.4.1. Massa específica da madeira

A determinação da massa específica depende da inclusão ou não do volume dos poros. A massa específica real da madeira ou massa específica da parede celular é obtida sem a inclusão do volume dos poros e é aproximadamente $1,53 \text{ g/cm}^3$, variando muito pouco entre as espécies (ROLLO, 2009). A massa específica é a quantidade de massa por unidade de volume e é o resultado de uma combinação dos seus constituintes anatômicos. Sendo uma propriedade de grande importância, fornece diversas informações sobre as características da madeira, por causa de sua íntima relação com várias outras propriedades, resultando em um parâmetro muito aplicado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos da atividade industrial (SILVA *et al.*, 2004). Podendo variar entre gêneros, espécies do mesmo gênero, árvores da mesma espécie e, até entre diferentes partes da mesma árvore (PANSCHIN; DE ZEEUW, 1980, apud JOSINO, 2014).

A massa específica é de grande valor para avaliação da qualidade da madeira, sendo considerada importante na confecção dos produtos como resultados de suas características anatômicas e químicas (SILVA, 2002). Diversos autores apontam a massa específica como uma propriedade importante da madeira na obtenção dos produtos florestais, devido seu efeito sobre o rendimento e qualidade de produtos fibrosos ou sólidos (BHAT, 1985, apud BRAZ, 2014). Trugilho, Lima e Mendes (2005) relatam que na atividade industrial há uma qualificação devido a influencia da massa específica na caracterização tecnológica da madeira, devido à alta correlação com outras propriedades, entre elas, a resistência mecânica e a estabilidade dimensional da madeira. A massa específica também se apresenta correlacionada com a retratibilidade, secagem, trabalhabilidade, impregnabilidade,

durabilidade natural, resistência mecânica, estabilidade dimensional da madeira e várias propriedades mecânicas (TRUGILHO; LIMA; MORI, 2001; LOPES, 2007).

Definir a variação da massa específica da madeira, tanto no sentido medula-casca (radial) como no sentido base-toco (longitudinal), é de extrema relevância para a determinação da qualidade e indicação de uso da madeira (HENRIQUE, 2016).

Latorraca e Albuquerque (2000) analisaram um aumento da massa específica, igualmente na espessura da parede celular em anéis sucessivos, a partir do centro para a periferia do tronco da árvore, no sentido medula-casca, para as espécies de *Pinus* plantadas no Brasil. Os autores constataram que a densidade tende a aumentar com a idade da madeira, com consequente aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura das células.

A massa específica pode ainda ser dividida em aparente e básica. A massa específica aparente é a relação entre a massa e o volume, determinada nas mesmas condições de umidade (REZENDE; ESCOBEDO, 1988). Esse fator pode ser atingido a partir da combinação entre os constituintes internos da madeira (PANSIN; DE ZEEUW, 1980, apud ROCHA, 2016). Já a massa específica básica é a relação entre a massa completamente seca da madeira, em gramas, e seu volume quando saturado de água, em centímetros cúbicos (HENRINQUE, 2016).

Existem diferentes métodos para determinação da massa específica básica da madeira. Todavia, a maior dificuldade encontra-se na obtenção do volume real do corpo de prova, devido os métodos de medição do volume por via direta que tendem a ser pouco precisos e muitas vezes as amostras apresentam formatos irregulares. Em razão disso há vários métodos para se determinar a massa específica básica que estimam o volume do material por via indireta. Destacando-se o método do máximo teor de umidade e os de imersão (TRUGILHO *et al.*, 1990).

3.4.2. Teor de umidade

O conhecimento do teor de umidade e de sua variação no tronco das árvores ou das peças de madeira é de grande importância no seu desempenho e utilização (OLIVEIRA; HELLMEISTER, TOMAZELLO FILHO, 2005). O teor de umidade verde da madeira pode variar entre 30 e 200%. Em folhosas, a diferença entre o teor de umidade de cerne e alburno depende da espécie (GLASS; ZELINKA, 2011). A madeira é considerada verde quando perde água livre para o meio ambiente, deixando o lúmen das células completamente vazio,

permanecendo na madeira apenas a água de impregnação, essa situação é conhecida com ponto de saturação das fibras (PSF) (MELO; CAMARGOS, 2016).

Quando a madeira é seca abaixo do PSF, ela tende a se contrair e a contração ocorre de forma distinta em cada direção. Igualmente, à medida que a madeira ganha umidade na faixa abaixo do PSF, ela tende a se expandir (NASSUR, 2010). Segundo Rezende e Escobebo (1988), as variações dimensionais da madeira ocorrem em função da perda e do ganho de água e é denominada retrabilidade, que é influenciada, especialmente, pela variação da umidade entre o estado absolutamente seco (A.S. 0%) e o PSF (teor de umidade de aproximadamente 30%).

Mellado (2007) relatou que existe discordância sobre o tipo de água na madeira, pois, alguns autores não consideram água de adsorção química como água presente na madeira. Nock, Richter e Burger (1975, apud ROCHA, 2016) acreditam em três tipos de água encontradas na madeira recém abatida:

- a) Água livre ou de capilaridade: encontra-se preenchendo os espaços celulares e intercelulares do lenho;
- b) Água de impregnação: impregnada às paredes das suas células;
- c) Água de adsorção química: aquela que faz parte de sua constituição química.

O teor de umidade da madeira em uso depende especialmente da umidade relativa e da temperatura do meio. Marcando essas variáveis, o teor de água da madeira molda-se a um valor denominado umidade de equilíbrio. Dessa maneira é possível fazer a estimativa da umidade da madeira utilizada em diferentes condições ambientais (GALVÃO, 1975).

Skaar (1972, apud GALVÃO, 1975) afirmou que os fatores que influenciam a umidade de equilíbrio da madeira são: umidade relativa, temperatura, espécie da madeira e extrativos, a história da exposição, tensões mecânicas e radiação. Madeiras com elevado teor de umidade constituem-se em uma das causas de defeitos de secagem principalmente os caracterizados por empenamentos e fendilhamentos (OLIVEIRA, 2005).

Stangerlin *et al.*, (2010) relataram que o teor de umidade abala a resistência da madeira. Com o aumento da umidade, ocorre a redução da resistência mecânica até ser atingido o PSF, acima desse ponto a resistência se mantém constante. É de grande importância fazer a análise da umidade, pois, além de afetar a resistência mecânica da madeira, afeta, também a trabalhabilidade, estabilidade dimensional e durabilidade natural (SILVA; OLIVEIRA, 2003).

3.4.3. Contração e Inchamento

A contração e o inchamento representam as variações na quantidade de água de absorção, ou seja, a secagem e o ganhos de umidade abaixo do PSF, que é cerca de 28% de teor de umidade em base seca. A maior alteração dimensional ocorre na direção tangencial aos anéis de crescimento, seguido da dimensão radial e da longitudinal, sendo esta última praticamente imperceptível (SILVA; OLIVEIRA, 2003).

A contração mantém as deformações das peças de madeira durante o processo de secagem, se tornando responsável pelos problemas que a madeira apresenta (KLOCK, 2000). Segundo Kollmann e Côté (1968, apud FREITAS *et al.* 2016), a contração tangencial da madeira a partir do estado verde (acima do PSF) até seco em estufa (0% de umidade) varia entre 3,5% a 15,0%, sendo que a contração radial varia entre 2,4% a 11,0%. Skaar (1972, apud Galvão, 1975) relatou que a ordem de grandeza da contração entre o estado completamente seco e o PSF, para a maioria das coníferas e folhosas, na contração tangencial variam entre 6,0 a 12,0%; na radial entre 3,0 a 6,0% e na longitudinal entre 0,1 a 3,0%.

3.4.4. Anisotropia

A anisotropia é outra característica física muito importante. Ela é definida como a variação desigual nas diferentes direções estruturais da madeira - longitudinal, tangencial e radial (BATISTA; KLITZKE; SANTOS, 2010). Ou seja, é um parâmetro que avalia a qualidade da madeira levando em consideração a sua variação dimensional, sucedendo que, quando maior for o valor, maiores serão as possibilidades de a madeira apresentar algum tipo de defeito (OLIVEIRA, 1988).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização do local

As amostras de madeira foram coletadas em plantios localizados no litoral do Ceará. A vegetação natural na região é a Caatinga e o tipo de solo predominante é o neossolo, que apresenta uma textura arenosa por ser constituído de grão de quartzo. Segundo a classificação de Köppen (KOPPEN; GEIGER, 1928), o clima da região é do tipo “AW”. A temperatura média anual é de 26,8 °C e a precipitação média anual 1473 mm. O déficit na região ocorre entre os meses de junho a janeiro (KAMPEL; AMARAL; SOARES, 2005).

4.2. Amostragem e confecção dos corpos de prova

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A madeira estudada foi *Anacardium occidentale* L. (Cajueiro).

Para as propriedades físicas (massa específica aparente e básica, contrações lineares e volumétricas e o fator anisotrópico) foram confeccionados corpos de prova (CPs) com dimensões de 2,5 x 2,5 x 3 cm nos sentidos transversais e longitudinal, respectivamente. Para esta amostragem foram escolhidas dez árvores, das quais foram cortadas três discos em alturas diferentes (BASE, DAP e TOPO) (Figura 1A). A partir de cada disco, três amostras foram retiradas no sentido alburno-cerne (Figura 1B), totalizando 90 CPs. Os procedimentos de ensaio seguiram a metodologia descrita na NBR 7190 (1997).

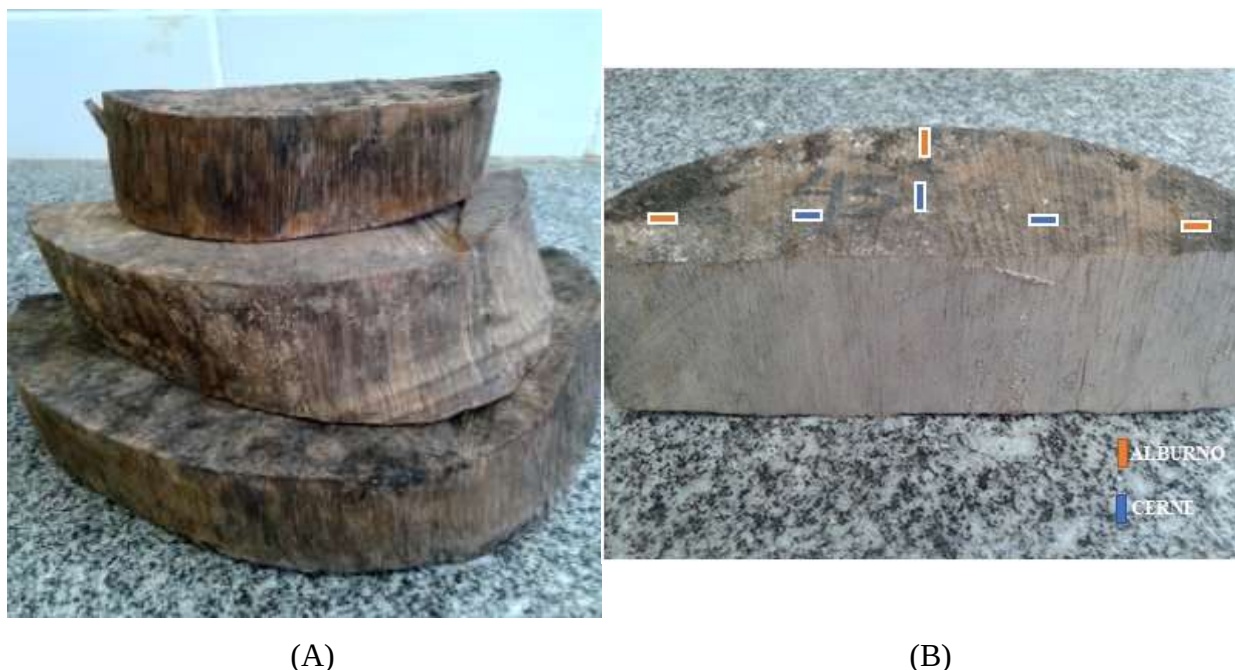


Figura 1. Confeção dos corpos de prova. (A) Discos de diferentes alturas. (B) Demarcação do ponto de retirada dos corpos de prova de cerne e alburno.
 FONTE: A autora (2018)

4.3. Caracterização da química da madeira

Para as análises de química elementar e química imediata foram coletadas amostras de cinco indivíduos da espécie, de cada indivíduo foram retirados três discos de diferentes alturas das plantas (BASE, DAP e TOPO). As cascas de todas as amostras foram retiradas e separadas, formando um único lote.

Em relação à química elementar foi determinado o teor de umidade (NBR 8112/86), teores de carbono, nitrogênio e hidrogênio (ASTM D 5373-02), teor de enxofre (ASTM D 4239-04) e teor de oxigênio (ASTM D 3176-89).

As análises da química incluíram a determinação do teor de cinzas após incineração a 525 °C (NBR 13999:2003), teor de lignina insolúvel (TAPPI T 222 om-06), teor de lignina solúvel (TAPPI UM 250) e teor de extrativos totais (TAPPI T 204 om-07).

4.4. Caracterização da física da madeira

As medidas nos corpos de prova foram realizadas por meio de um paquímetro digital (0,001mm), sendo realizadas nas seguintes condições:

- a) teor de umidade de equilíbrio;
- b) ponto de saturação das fibras (CPs imersos em água por 24h);
- c) após a secagem em estufa a 105°C por 24h.

Todas as medidas foram realizadas sempre na mesma posição que foram previamente marcada nos corpos de prova para todas as direções.

A determinação do volume foi realizada através do método estereométrico por imersão (Figura 2A). Com auxílio de uma balança de precisão, o volume foi determinado pela variação do peso da água resultante da imersão da amostra, seguindo o Princípio de Arquimedes. Também foram medidas o peso das amostras nas três condições (Figura 2B).



(A)



(B)

Figura 2. Caracterização física. (A) corpo de prova imerso em água (B) corpo de prova sendo pesado.
Fonte: A autora (2018)

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (1997), a massa específica aparente a 12% de umidade, a massa específica básica, teor de umidade, coeficiente de inchamento volumétrico máximo e coeficiente de contração máximo foram calculados de acordo com as seguintes equações:

$$DA = \frac{M}{V} \quad \text{Equação (1)}$$

$$DB = \frac{MS}{Vu} \quad \text{Equação (2)}$$

$$TU(\%) = \frac{MU-MS}{MS} \times 100 \quad \text{Equação (3)}$$

$$\alpha = \frac{(Vu-Vo)}{Vo} \times 100 \quad \text{Equação (4)}$$

$$\beta = \frac{(Vu-Vo)}{Vu} \times 100 \quad \text{Equação (5)}$$

Em que:

DA: massa específica aparente (g/cm³);

DB: Massa específica básica (g/cm³);

TU= Teor de umidade da madeira (%);

M: massa em umidade de equilíbrio (g);

MS: Massa seca a 0% (g);

MU= Massa úmida da madeira (g);

MS= Massa seca da madeira (g);

α : Coeficiente de inchamento volumétrico máximo (%);

β : coeficiente de contração volumétrica máxima (%);

V: volume em umidade de equilíbrio (cm³).

Vu: Volume do corpo-de-prova no estado saturado de umidade (cm³);

Vo: Volume do corpo-de-prova no estado seco em estufa (0%).

4.5. Análise estatística

Para as análises dos resultados, utilizou-se a análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado (DIC), a 5% de significância, e nos casos em que a hipótese da nulidade foi rejeitada, aplicou-se o teste de Tukey (5% de significância) para a diferenciação das médias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Composição elementar da madeira e casca do Cajueiro (*Anacardium occidentale*)

	MADEIRA				CASCA
	BASE	MEIO	TOPO	MÉDIA	
Carbono	49,80 ^b	50,80 ^b	50,80 ^b	50,47	63,00 ^a
(%)	(7,30)	(7,29)	(5,97)	(6,85)	(1,19)
Hidrogênio	6,46 ^a	6,41 ^a	6,40 ^a	6,42	5,90 ^b
(%)	(1,94)	(1,31)	(2,03)	(1,76)	(1,71)
Oxigênio	43,93 ^a	44,40 ^a	44,39 ^a	44,24	42,00 ^b
(%)	(1,85)	(1,53)	(0,80)	(1,40)	(1,45)
Nitrogênio	0,26 ^a	0,24 ^a	0,30 ^a	0,27	0,40 ^b
(%)	(21,07)	(22,82)	(33,33)	(25,74)	(27,14)
Enxofre Total	0,02 ^a	0,02 ^a	0,03 ^a	0,02	0,02 ^a
(%)	(24,75)	(37,07)	(34,58)	(32,13)	(34,42)
C/H	7,50 ^a	7,51 ^a	7,50 ^a	7,50	8,39 ^b
C/N	186,28 ^{ab}	200,44 ^a	160,06 ^{ab}	180,70	123,70 ^b

SEND0: D = classe diamétrica da madeira analisada, em função da altura da coleta da amostra; C/H = relação carbono/hidrogênio; C/N = relação carbono/nitrogênio; Médias seguidas da mesma letra em uma mesma linha, não diferem entre si, a 5 % de significância, pelo teste de Tukey. Valores entre parênteses relativos ao coeficiente de variação (%).

Não houve diferença estatisticamente significativa para os componentes elementares de diferentes posições no tronco (base, meio e topo) da madeira do Cajueiro, coletadas de diferentes alturas das plantas (Tabela 1). De acordo com Brito e Barrichelo (1979, apud SANTOS, 2010), a composição elementar de espécies de madeira tende a apresentar uma uniformidade a ponto de poder ser generalizada de acordo com valores médios de 50,2% de carbono (C), 6,1% de hidrogênio (H), 43,4% de oxigênio (O) e 0,2% de nitrogênio (N), o que corrobora com os valores encontrados neste estudo.

Contudo, pode ser observada diferença estatística entre os valores médios da composição elementar encontrados para a madeira e para a casca, com exceção para a porcentagem de enxofre. Vissotto *et al.*, (2012) observaram maiores valores, em média, para porcentagem de carbono da casca de *Eucalyptus* do que para madeira, porém com valores mais baixos para hidrogênio e nitrogênio para amostras de casca. A maior quantidade de carbono na casca, entretanto, não é uma regra geral. Dallagnol *et al.*, (2011) analisaram o teor de carbono de cinco espécies florestais e apenas a *Populus deltoides* apresentou uma média na casca superior ao da madeira.

Soares *et al.*, (2014) afirmam que quanto maior a relação C/H, maior o poder calorífico. Entretanto, Protásio *et al.*, (2012) chamam atenção de que apenas a diminuição do hidrogênio não é suficiente para se obter um alto poder calorífico, pois um alto valor de teor do carbono maior é a capacidade térmica. A relação C/H do cajueiro foi superior àquela que Soares *et al.*, (2014) encontraram para o híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (7,39), porém foi inferior à relação encontrada por Reis *et al.*, (2012) para *Eucalyptus urophylla* (7,62). Entretanto, comparando com os resultados desses últimos autores, os valores médios de teor de carbono e hidrogênio, em média, encontrados para o cajueiro foram superiores, o que indica um potencial energético.

A alta relação C/N significa menor teor de nitrogênio liberado para o ambiente após a combustão da biomassa (REIS *et al.*, 2012). Dessa forma, elevados teores de nitrogênio não são desejáveis, pois as liberações desses constituintes para atmosfera podem ocasionar a formação de óxidos tóxicos, poluição do ar e chuva ácida (OBERNBERGER; BRUNNER; BARNTHALER, 2006). O valor médio da relação C/N encontrado neste trabalho para a madeira do cajueiro foi de 180,7. Enquanto que os valores encontrados por Reis *et al.*, (2012), para a espécie *Eucalyptus urophylla*, foi 442,07. O Cajueiro também apresentou um valor C/N inferior ao *Eucalyptus cladocalyx* (245,44), porém foi semelhante ao *Pinus patula* (184,17), e superior às espécies da *Acacia cyclops* (131,70), *Acacia erioloba* (155,00), e *Vitis vinífera* (85,68) (MUNALULA; MEINCKEN, 2009).

No presente trabalho foram observados baixos valores de enxofre na madeira do cajueiro. Santos *et al.*, (2013) disseram que menores teores são sempre desejáveis para evitar a emissão de gases sulfúricos para atmosfera. Soares *et al.*, (2014) também indicam uma correlação negativa com a variável C/H, consequentemente com o poder calorífico da madeira. O teor de enxofre encontrado para o cajueiro (0,02%) foi menor do que o valor relatado pela literatura para o eucalipto híbrido aos sete anos de idade (0,29%) (SOARES *et al.*, 2014).

Tabela 2. Análise química da madeira e casca do Cajueiro (*Anacardium occidentale*).

TEORES (%)	MADEIRA			MÉDIA	CASCA
	BASE	DAP	TOPO		
Extrativos	1,11 ^a (12,29)	0,92 ^{ab} (25,43)	0,73 ^{bc} (24,75)	0,92 (20,82)	0,61 ^c (25,79)
Lignina Solúvel	0,02 ^b (10,53)	0,02 ^b (10,61)	0,02 ^b (12,89)	0,02 (11,34)	0,01 ^a (10,83)
Lignina Insolúvel	21,16 ^b (6,82)	20,42 ^b (4,97)	19,74 ^b (4,20)	20,44 (5,33)	29,30 ^a (5,88)
Holocelulose	77,71 ^a (1,83)	78,64 ^a (1,37)	79,51 ^a (1,24)	78,62 (1,48)	70,08 ^b (1,69)
Cinzas	1,01 ^b (19,56)	0,96 ^b (17,13)	1,01 ^b (24,35)	0,99 (20,35)	2,64 ^a (19,31)

SENDO: D1 = madeira da base do tronco; D2 = madeira da parte central do tronco; D3 = madeira do topo do tronco; Médias seguidas da mesma letra em uma mesma linha, não diferem entre si, a 5 % de significância, pelo teste de Tukey.

Não houve diferença estatística significativa para a análise química imediata de diferentes posições no tronco (base, meio e topo) da madeira do cajueiro, com exceção do teor de extrativos, que apresentou diferença entre as madeiras da base e do topo (Tabela 2).. Segundo Silva *et al.* (2005) esse comportamento pode ser explicado porque as bases das árvores apresentam maior teor de extrativos e de lignina e o topo apresenta menos extrativos e mais holocelulose.

Em relação a outras espécies madeireiras com potencial energético encontradas na literatura, a madeira de Cajueiro apresentou um baixo teor de extrativos (0,92%). Por exemplo, Santos *et al.*, (2011) encontraram valores para clones de eucalipto em torno de 5%, Trugilho *et al.*, (2001) relatam uma variação entre 4,87% e 7,75%, também para clones de eucalipto, enquanto que Goulart *et al.*, (2012) indicam que o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) apresentou valores em torno de 20,66%. Existe uma correlação positiva entre o teor de extrativos da madeira e o seu rendimento gravimétrico em carvão vegetal devido à estabilidade térmica promovida por estes compostos (SANTOS *et al.*, 2011).

Gomide *et al.*, (2005) relataram que o teor de lignina total de folhosas geralmente se situa abaixo dos 30%. Todas as amostras de madeira do cajueiro, independente de sua posição no tronco (base, meio e topo) apresentaram valores de lignina total (solúvel e insolúvel) abaixo desta faixa. A lignina solúvel indica uma estrutura de menor resistência à degradação e solubilização. O cajueiro apresentou valores baixos para esse tipo de lignina

(0,02%). Gomide *et al.*, (2005), por exemplo, encontraram valores entre 3,1 e 5,1% para diversos clones da espécie *Eucalyptus*.

Para que uma madeira apresente um bom potencial energético é necessário que ela possua um alto teor de lignina, pois este é o componente que contribui diretamente para o rendimento gravimétrico durante o processo de carbonização (BRITO; BARRICHELO 1977). O valor médio encontrado de lignina total para o cajueiro foi 20,46%, semelhante ao valor encontrado por Trugilho *et al.*, (1996) para o *Eucalyptus saligna* aos 36 anos de idade, que apresentou teor de lignina igual a 24,32%.

Foi observada uma relação inversa entre teores de holocelulose e lignina, em que amostras com menores teores de holocelulose apresentaram maiores valores de lignina. Alto teores de holocelulose (celulose e hemiceluloses) não são considerados favoráveis na geração de energia, pois a celulose, por ser menos resistente á degradação térmica da madeira do que a lignina, tende a ser consumida antes da fase de combustão do carvão (GANI; NARUSE, 2007). Vale, Dias e Santana (2010) encontraram uma correlação negativa entre o teor de holocelulose e rendimento gravimétrico ao estudarem madeira de cinco espécies do cerrado.

Santos *et al.*, (2013), ao estudar o potencial energético de oito madeira do semiárido nordestino, observaram teor de cinzas entre 0,29% e 1,68%. O valor médio encontrado para o teor de cinzas do cajueiro (0,99%) apresentou-se dentro desta faixa. Soares *et al.*, (2014), analisando a madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* aos cinco anos de idade encontrou um teor de cinzas igual a 0,31% e aos sete anos 0,18%. Já Trugilho *et al.*, (2001) ao avaliar clones de eucalipto para produção de carvão, encontraram valores que variam de 0,10% a 0,25%. O teor de cinzas influencia de forma negativa o poder calorífico da madeira, ou seja, quanto maior o teor de cinzas, menores serão os valores médios de poder calorífico superior.

Os teores de cinzas das cascas de cajueiro foram superiores aos encontrados nas amostras de madeira. Comportamento este também observado por Vale, Brasil e Leão (2002) para espécies do cerrado. Os autores encontraram variações entre 0,15% e 2,73% de cinzas para madeira e 0,41% e 4,25% para casca. Os valores encontrados para o cajueiro foram semelhantes aos da espécie *Vochysia elliptica* (1,38 e 2,31% de teor de cinza da madeira e casca, respectivamente) que apresentou poder calorífico superior de 4.736,8 e 4.630,1 kcal/kg para madeira e casca, respectivamente (VALE; BRASIL; LEÃO, 2002).

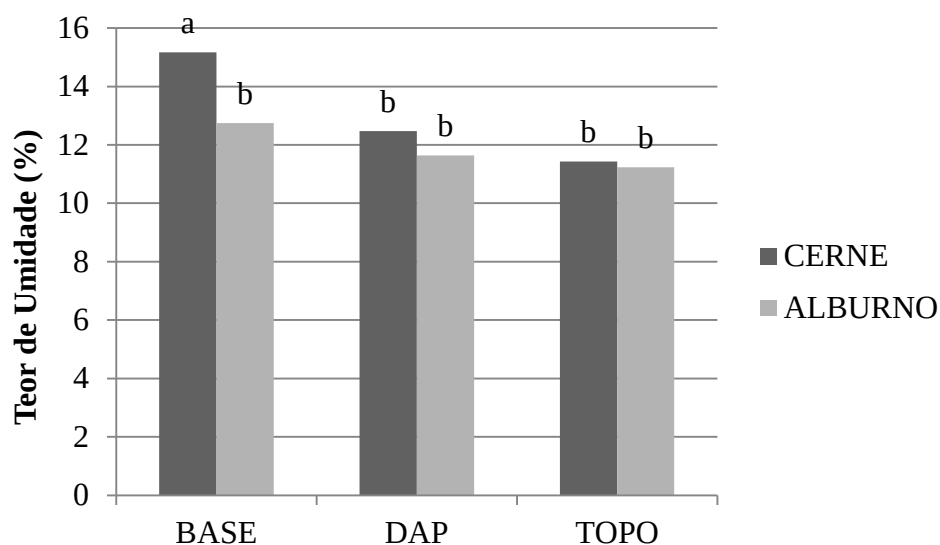


Figura 3. Teores de umidade da madeira do cajueiro
 Fonte: A autora (2018)

Os valores médios do teor de umidade da base até o topo variaram de 15,17% a 11,43% no cerne e de 12,75% a 11,23% no alburno (Figura 3). Não houve diferença estatística entre cerne e alburno em relação ao DAP e topo, porém houve diferença entre a base do cerne e a base do alburno.

A massa específica básica da madeira do cajueiro foi semelhante à encontrada por Batista, Klitzke e Santos (2010) que observaram médias para os *Eucalyptus saligna* (0,46 g/cm³) e *Eucalyptus grandis* (0,45 g/cm³) (Figura 4), sendo classificada como madeira de massa específica média. Valores próximos também foram encontrados por Trianoski *et al.*, (2012) para coníferas como: *Pinus maximinoi* (0,434 g/cm³); *Pinus oocarpa* (0,452 g/cm³) e *Pinus tecunumanii* (0,463 g/cm³). Valente *et al.*, (2013) também encontraram valor semelhante para a madeira do angico-vermelho (0,56g/cm³).

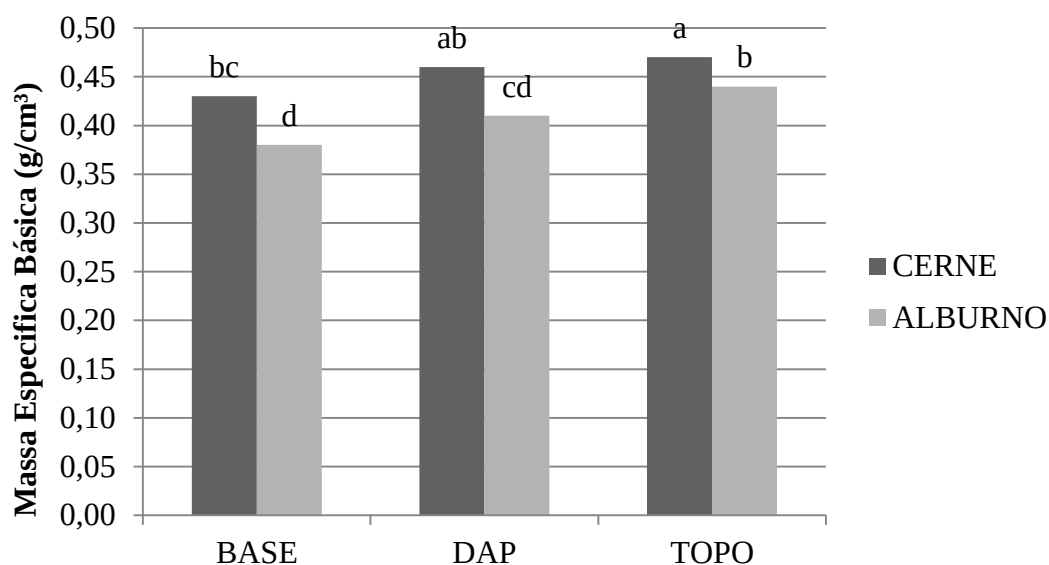


Figura 4. Massa específica básica da madeira do cajueiro.
Fonte: A autora (2018)

Em estudo realizado por Klitzke *et al.*, (2008) para a madeira do jatobá, o alburno e o cerne apresentaram massa específica básica iguais á 0,74 g/cm³ e 0,88 g/cm³, respectivamente, valores superior ao encontrado para a madeira do cajueiro.

Tabela 3. Contrações máximas e inchamento volumétrico do cajueiro.

	Contração (%)				Inchamento α V max (%)
	β V max (%)	β linear T (%)	β linear R (%)	β linear L (%)	
Base	9,83 ^a	4,17 ^a	3,69 ^{ab}	0,76 ^b	10,97 ^a
(cerne)	(0,23)	(0,40)	(0,35)	(0,61)	(0,26)
Base	8,59 ^a	4,25 ^a	2,79 ^c	0,81 ^{ab}	9,43 ^a
(alburno)	(0,18)	(0,20)	(0,38)	(0,56)	(0,20)
DAP	9,61 ^a	4,35 ^a	4,32 ^{ab}	1,37 ^a	10,65 ^a
(cerne)	(0,13)	(0,35)	(0,29)	(0,53)	(0,15)
DAP	8,91 ^a	4,68 ^a	3,24 ^c	1,29 ^{ab}	9,83 ^a
(alburno)	(0,24)	(0,19)	(0,24)	(0,67)	(0,26)
Topo	9,66 ^a	4,36 ^a	4,32 ^a	1,01 ^{ab}	10,72 ^a
(cerne)	(0,15)	(0,35)	(0,28)	(0,87)	(0,16)
Topo	10,27 ^a	5,07 ^a	3,58 ^{abc}	1,03 ^{ab}	11,73 ^a
(alburno)	(0,41)	(0,20)	(0,31)	(1,09)	(0,53)
Média geral	9,48	4,48	3,66	1,05	10,55

SEND0: DAP = diâmetro á altura do peito; β = contração; α = inchamento; Max = máxima; V = volumétrica; L = longitudinal; R = radial; T = tangencial. Médias seguidas da mesma letra entre as colunas, não diferem entre si, a 5 % de significância, pelo teste de Tukey. Valores entre parênteses relativos ao coeficiente de variação (%).

A contração volumétrica máxima e o inchamento volumétrico máximo não apresentaram diferença estatística entre si, apresentando média igual á 9,48% e 10,55% (Tabela 3). Valente *et al.*, (2013) encontraram média da contração volumétrica parecida para a madeira do angico-vermelho (9,64%). Não houve diferença estatisticamente significativa para a contração tangencial entre o cerne e o alburno, apresentando uma média igual á 4,48% (Tabela 3). Valores superiores foram encontrados para *Eucalyptus grandis* (9,25%) e para o *Eucalyptus saligna* (9,86%) por Batista, Klitzke e Santos (2010) e para a madeira do angico-vermelho (6,25%) por Valente *et al.*, (2013).

Para os valores médios encontrados para a contração radial houve diferença estatisticamente significativa entre o cerne e o alburno da base e do DAP, entretanto, não houve diferença estatística entre o cerne e o alburno do topo. A média geral foi igual a 3,66%, valores semelhante foram encontrados por Batista, Klitzke e Santos (2010) que obteve valor igual a 4,60% para o angico-vermelho, e por Oliveira, Hellmeister e Tomazello Filho (2005) para a madeira do *Eucalyptus grandis* (4,60%).

Os valores de contração longitudinal não apresentaram diferença estatística entre si, com uma média igual a 1,05% (Tabela 3). No trabalho realizado por Valente *et al.*, (2013) para a madeira do angico-vermelho, também não houve diferença estatística entre as médias. Isso porque a variação da contração no sentido longitudinal tende a ser pequena, uma vez que alterações no sentido longitudinal são praticamente imperceptíveis (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

Os valores encontrados por Klitzke *et al.*, (2008) para a madeira do jatobá apresentaram diferença estatística entre cerne (3,5%) e alburno (2,7%), na contração radial, assim como a madeira do cajueiro, porém, diferiu das contrações volumétrica e tangencial, que não apresentaram diferença estatística entre cerne e alburno.

A madeira do alburno apresentou menores valores de contração radial quando comparados com o cerne, em todas as alturas estudadas. Porém contrações volumétricas e tangencial não apresentaram diferença estatísticas entre cerne e alburno. Esse comportamento foi diferente do encontrado por Klitzke *et al.*, (2008) para a madeira do jatobá, que apresentaram valores de contrações radial, tangencial e volumétricas maiores no alburno do que no cerne. Entretanto, Kollmann e Côté Jr. (1968, apud FREITAS *et al.*, 2016), afirmaram que quanto maior for a massa específica maior será a sua contração, conforme ocorreu na madeira do cajueiro em que o cerne apresentou valores superiores a do alburno nas massas específicas e na contração radial.

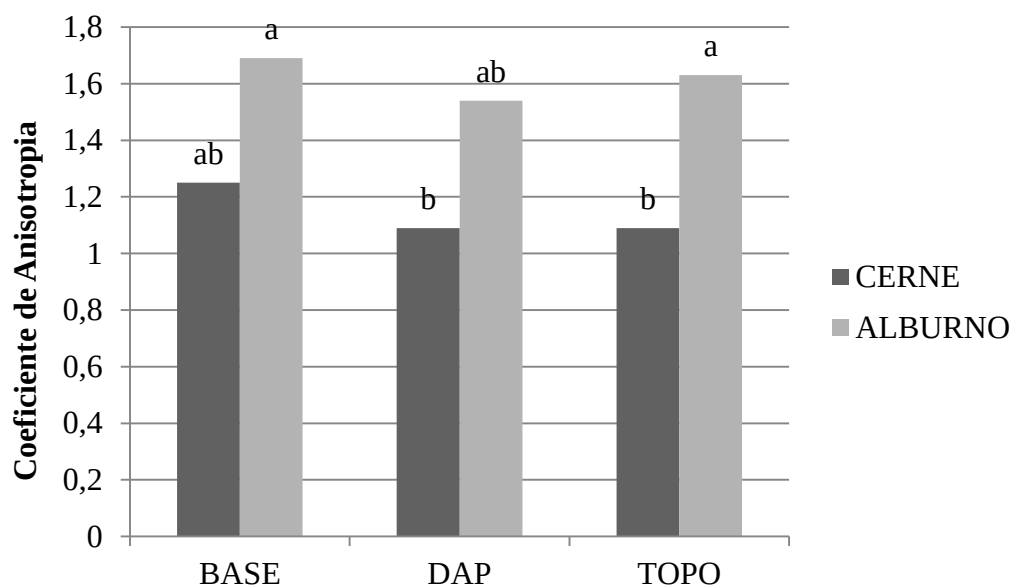


Figura 5. Coeficiente de anisotropia da madeira do cajueiro.
Fonte: A autora (2018)

O coeficiente de anisotropia apresentou diferença estatística entre o cerne e alburno, apenas no topo, obtendo uma média geral igual á 1,38 (Figura 6). Segundo Klitzke *et al.*, (2008), madeira com uma anisotropia de contração inferior a 1,5 é caracterizada como uma madeira estável e de excelente qualidade. Essa madeira tende a ser menos propensa ao fendilhamento e empenamento durante as alterações dimensionais, provocadas durante o processo de secagem (MOTTA *et al.*, 2014). E de acordo Silva e Oliveira (2003), quanto mais próximo de 1,0, maior é a estabilidade dimensional da madeira.

Segundo Durlo e Marchiori (1992, apud por Oliveira *et al.*, 2010), os autores apresentam critérios de classificação da madeira em relação a estabilidade dimensional da madeira. Madeiras com valores de coeficiente de anisotropia entre 1,2 e 1,5 são consideradas de excelente qualidade, como a madeira do cedro, sacupira e mogno; se o valor estiver entre 1,5 e 2,0, a madeira é considerada normal, como o ipê (*Tabebuia*), *Pinus*, e teca (*Tectona grandis*) e acima de 2,0 a madeira é considerada ruim como o imbúia (*Ocotea porosa*) e o jatobá (*Hymenaea courbaril*).

Além de um coeficiente de anisotropia próximo a 1,0, os valores individuais das contrações radial, tangencial e volumétricos baixo, são indicativos da boa estabilidade dimensional da madeira (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985, apud ARAÚJO, 2010). Dessa forma, os valores obtidos indicam que a madeira do cajueiro apresenta uma boa estabilidade dimensional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A madeira do cajueiro apresentou uma massa específica considerada de baixa à média. Essa característica faz com que essa madeira não seja indicada para utilização que requer alta resistência a esforço mecânico. No entanto, a madeira do cerne apresentou um coeficiente de anisotropia inferior a 1,25, o que a caracteriza como uma madeira estável e de excelente qualidade. Assim, o cerne do cajueiro tem um potencial de uso na movelaria (preenchimentos), peças artesanais, caixotes para deslocamento de frutas, madeira laminada colada ou fabricação de painéis.

O cajueiro também mostrou-se como uma potencial alternativa para a produção de energia, por apresentar uma relação C/H elevada e teor de lignina favorável. Com a vantagem de que não houve diferença entre as características em diferentes secções do tronco, o que permite um aproveitamento de toda a madeira.

Contudo, apesar de a madeira já ser muito utilizada como fonte de energia, e possuir constituintes químicos próximos aos encontrados na literatura para essa utilização, se fazem necessário um futuro trabalho para determinar o poder calorífico da madeira estudada.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5373-02 (07)**: standard test methods for Instrumental determination of carbon, hydrogen and nitrogen laboratory samples of coal coke: (CMQ-LCL-PE-017). West Conshohocken, 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 3176-89 (02)**: standard test methods for sulfur in the analysis sample of coal and coke:CMQ-LCL-PE-072. West Conshohocken, 1989.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 4239-04**: standard test methods for sulfur in the analysis sample of coal and coke using high temperature tube furnace combustion methods – Method C: (CMQ-LCL-PE-028). West Conshohocken, 2004.
- ARAÚJO, S. O. de. **Propriedades da madeira termorretrificadas**. 2010. 106. f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR 8112: carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projetos de estruturas de madeira - Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13999: Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. 2003.
- BARCELLOS, D. C., COUTO, L. C.; MULLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.
- BARROS, L. M.. **Botânica, origem e distribuição geográfica**. In: ARAÚJO, J. P. P. de; SILVA, V. V. da. (Org.). *Cajucultura: modernas técnicas de produção*. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. cap. 3, p. 55-71
- BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. Recursos genéticos de cajueiro: situação atual e estratégias para o futuro. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. p. 568-589. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/153831/recursos-geneticos-e-melhoramento-de-plantas-para-o-nordeste-brasileiro>> Acesso em: 20 mar. 2018
- BATISTA, D. C.; KLITZKE, J. R.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.
- BOTREL, R. T.; RODRIGUES, L. A.; GOMES, L. J.; CARVALHO, D. A.; FONTES, M. A. L. Uso da vegetação nativa pela população local no município de Ingaí, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v.20, n.1, p.143-156. 2006.

BRAZ, R. L. **Influência das tensões de crescimento e da poda sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna***. 2014. 253 f. Tese (Pós graduação), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e teor de linina da madeira de eucalipto. **IPEF** n.14, p.9-20, 1977.

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demanda de ações. **Biomassa & Energia**, v. 1, 2004.

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

CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; PIMENTA, A. S.; PINTO, E. M.; ALVES, I. C. N. Estudo da decomposição térmica da madeira de oito espécies da região do Seridó, Rio Grande do Norte. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1153-1163, 2013.

CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, R. C.; FERREIRA, L. P.; DAMÁSIO, R. A. P./ VITAL B. R. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014 .

COMPANIA NACIONAL DE ABATECIMENTO (CONAB). **Castanha-de-caju - Rio Grande do Nortefrei - Agosto 2016**. Natal: CONAB, 2016. 6p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_10_09_58_41_conjuntura_rn_castanha-de-caju_agosto_2016.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2018

COMPANIA NACIONAL DE ABATECIMENTO (CONAB). **Castanha de caju, Conjuntura mensal**. Brasília: CONAB, 2017. 4p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_18_08_01_conjuntura_-_junho_de_2017.pdf> . Acesso em: 06 jan. 2018.

DALLAGNOL, F. S.; MOGNON, F.; SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**. v.18, n.4, p. 410-416. 2011.

FREITAS, D. L. de; CAVALHO, D. E.; BELTRAME, R.; SANTOS, G. A. dos; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Estabilidade dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia. Agraria**. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 4, out./dez., p. 435-439, 2016.

GALVÃO, A. P. M. Estimativa da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF**, n.11, p.53-65, 1975.

GANI, A.; NARUSE, I. Effect of cellulose and lignin content on pyrolysis and combustion characteristics for several types of biomass. **Renewable Energy**. v. 32, n. 4, p. 649-661. 2007.

GLASS, S.V; ZELINKA, S.L. Moisture relations and physical properties of wood. In: Forest Products Laboratory Wood Handbook. Madison: FPL, 2011. p.4.1-4.19.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Revista Estudos Avançados**. v. 21, n.59, p.7-20. 2007.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p.129-137, 2005.

GOULART, S. L.; MORI, F. A.; RIBEIRO, A. O.; COUTO, A. M.; ARANTES, M. D. C.; MENDES, L. M. Análises químicas e densidade básica da madeira de raiz, fuste e galho de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) de bioma cerrado. **Revista Cerne**, v. 18, n. 1, p. 59-66, 2012.

HENRIQUE, F. R. **Variação de densidade aparente no sentido longitudinal e radial de *Tectona grandis* L. F. (Teca) em Alta Floresta – MT**. 2016. Monografia (Graduação) – Curso de Bacharel em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Mato Grosso. Mato Grosso.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pevs 2016: produção da silvicultura e da extração vegetal alcança R\$ 18,5 bilhões, 2017. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/16981-pevs-2016-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-alcanca-r-18-5-bilhoes.html> > Acesso em: 06 jan. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da extração vegetal e da silvicultura, Rio de Janeiro, v. 31, 2016. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2016_v31.pdf > Acesso em: 05 jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa nº 112, de 21 de agosto de 2006. 2006. Disponível em: <<https://servicos.ibama.gov.br/phocadownload/legislacao/in%20112-21-8-2006-dof.pdf>> Acesso em: 31 abr. 2016.

JOSINO, M. N. **Relação da resistência com a umidade e com a densidade da madeira de um clone de *Eucalyptus urophylla***. 2014. 40 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Brasília, 2014. .

KAMPEL, M.; AMARAL, S.; SOARES, M. L. G. **Imagens CC/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro**. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 979-986

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

KLOCK U. **Qualidade da madeira de *Pinus maximinoi* H. E. Moore** [tese]. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2000

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.; HERNANDEZ, J.; ANDRADE, A. **Química da madeira**. 3. Ed. Curitiba: UFPR, 2005. 86 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LATORRACA, J.V.; ALBUQUERQUE, C.E.C. Efeito de rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, v.7, n.1, p.279-291, 2000.

LOPES, C. S. D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MELLADO, E. C. E. R. **Modelo de transferência de calor e massa na secagem de madeira serrada de *Pinus***. 2007. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MELO, J. E.; CAMARGO, J. A. A. **A madeira e seus usos**. 2. ed. Brasília: SFB/LPF/MMA, 2016, 228p.

MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L. F. Cultura do cajueiro, do coqueiro e do mamoeiro. *Boletim Técnico*, 2011.

MENDONÇA, V.; MENDONÇA, L. F. de M. Cultivo do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). In: **Fruticultura tropical: bananeira, cajueiro e mangueira**. Mossoró: Edufersa, 2013. Cap. 2. p. 169-250.

MOTTA, P.; OLIVEIRA, J. S.; TARCISIO, J.; BRAZ, L.; DUTRA, C.; ALVES, A. P. C.; REJANE. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Ciencia Rural**, v. 44, n.12, 2014.

MONTENEGRO, A. A. T.; LIMA, C. R.; PARENTE, J. I. G. **Caracterização química da madeira de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)**. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL DE CELULOSE E PAPEL, 43, 2010, São Paulo. Anais. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 2010.

MUNALULA, F.; MEINCKEN, M. An evaluation of South African fuel wood with regards to calorific value and environmental impact. **Biomass and Bioenergy**, v.33, n.3, p.415-420, 2009.

NASSUR, O. A. C. **Variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira de *Toona ciliata* m. roem. com dezoito anos de idade**. 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

NEVES, T. A. **Qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalyptus cultivados no sul de minas gerais**. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras,

2012.

OBERNBERGER, I.; BRUNNER, T.; BARNTHALER, G. Chemical properties of solid biofuels-significance and impact. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 11, p. 973-982, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; **Estudo das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da pindaíba** (*Xylopia sericea* St. Hill). 1988, 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil**. São Paulo, 429f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica madeira de *Eucalyptu saligna* Sm. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385. 2003.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N.C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de Eucalyptus. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.929-936, 2010.

PAIVA, J. R. de; CRISÓSTOMO, J. R.; BARROS, L. de M. **Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 43 p.

PROTASIO, T. P.; TONOLI, G. H. D.; GUIMARÃES JÚNIOR, M.; BUFALINO, L.; COUTO A. M.; TRUGILHO, P. F. Correlações canônicas entre as características químicas e energéticas de resíduos lignocelulósicos. **Revista Cerne**, v. 18, n. 3, p. 433-439, 2012.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**, v. 89, p. 100-106, 2005.

REIS, A. A.; PROTÁSIO, T. P.; MELO, I. C. N. A.; TUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A. C. O. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n.71, p.277 – 290. 2012.

RENDEIRO, G. **Combustão e gasificação de biomassa sólida**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 193 p.

REZENDE, M.A.; ESCOBEDO, J.F. **Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade**. IPEF, Piracicaba, n.39, p.33-40, 1988.

ROCHA, H. L.; PAES, J. B.; MINÁ, A. J. S.; OLIVEIRA, E. Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.10, n.2, p.262-267, 2015.

ROCHA, H. F. **Variação de densidade aparente no sentido longitudinal e radial de Tectona grandis** L.f. (“Teca”) em Alta Floresta – MT. 2016. 41 f. Monografia (Graduação)

– Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

ROLLO, L. C. P. **Tomografia de impulso para estimativa da densidade da madeira**. 2009. 48 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

ROSSETTI, A. G. **Substituição de copa: uma alternativa para recuperar pomares de cajueiro improdutivos ou de baixa produtividade**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 2012 (EMBRAPA-CNPAT. Comunicado técnico, 43).

SANTOS, R. C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. 2010. 159 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOSO, M. T. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90. p. 221-230. 2011.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, R. V. O.; MARINHO, I. V.; TRUGILHO, P. F.; ALVES, I. C. N.; CASTRO, A. F. N. M. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no Estado do Rio Grande do Norte. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 491-502, 2013.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição da madeira de *Eucalyptus citriodora* em função das direções estruturais. **Silva Lusitana**, v.14, n.1, p.113 - 126, 2006.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. maiden de diferentes idades, visando sua utilização na indústria moveleira**. 160 f. Tese (Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

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

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JÚNIOR, S.; MATOS, J. L. M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta**, v.34, n.1, p.13- 22, 2004.

SILVA, J. A. G. Caju. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S. **Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília: Embrapa, p. 109-129, 2009.

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

SOARES, V. C.;BIANCHI, M. L; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA J. H A.; HÖFLER, J. Correlações Entre As Propriedades da Madeira e do Carvão Vegetal de Híbridos de Eucalipto. **Revista Árvore**, v.38, n.3, p.543-549, 2014.

STANGERLIN, D.M.; GATTO, D.A.; MELO, R.R.; CALEGARI, L.; VIVIAN, M.A.; CASTELO, P.A.R.;BELTRAME,R. Uso do ultrassom para estimativa das propriedades mecânicas da madeira de *Peltophorum dubium*. **Ciência da Madeira**, v.1, n.2, p.44-53, 2010.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **T 204 cm-97**. Solvent extractives of wood and pulp. 1997.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **T 222 om-02**. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI) **T 250 UM**. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. 1991.

TRIANOSKI, R.; MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Avaliação da estabilidade dimensional de espécies de pinus tropicais. **Revista Floresta e Ambiente**, Curitiba-PR, 2012.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-mecânicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Revista Cerne**, v. 2, n. 1, p. 97-111, 1996.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazônica**, v.20, p.307-320, 1990.

TRUGILHO, P. F.; VITAL, B. R.; REGAZZI, A J.; GOMIDE, J. L. Aplicação da análise de correlação canônica na identificação de índices de qualidade da madeira de eucalipto para a produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p.259-267, 1997.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de Eucalyptus para a produção de carvão vegetal. **Revista Cerne**, v. 7, n. 2, p. 114-201, 2001.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características do eucalipto. **Revista da Madeira**, v.15, n. 92, p. 82–88, 2005.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M., LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 71-80, 2002.

VALE, A.T., DIAS, I.S., SANTANA, M.A.E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, v.36, n.1, p.137-145, 2010.

VALENTE, B. M. R. T.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, C.J. C.; LUCIA, R. M. D. Variabilidade radial e longitudinal das propriedades físicas e anatômicas da madeira de angico-vermelho. **Revista Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 485-496, 2013.

VISSOTTO, J. P.; MAZZONETTO, A. W.; NEVES, R. C.; SÁNCHEZ, E. M. S.;

SÁNCHEZ, C. G. Caracterização de Pinus, Eucaliptus, casca de Eucaliptus e resíduos florestais e de destoca para fins energéticos. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. São Luís, Maranhão. 2012. *Anais...* ABCM. 2012 .

ZENID, G.J. Madeira e suas características. In: OLIVEIRA, J. T.S.; FEIDLER. N. C.; NOGUERIRA, M. **Tecnologia aplicada ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema. Gráfica e Editora, p. 125-158, 2007.