



EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
BR-428 – Km 152
Rodovia Petrolina/Lagoa Grande
Fone: (081) 961 - 0122 *
Telex (081) 1878
Cx. Postal, 23
56.300 - PETROLINA – PE

ISSN 0100-6061

COMUNICADO TÉCNICO

Nº 63, mar/96, p.1-12

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÂNICAS E ENERGÉTICAS DE MADEIRAS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE DO BRASIL

José Luciano Santos de Lima¹

Fernando da Gama Serpa²

Iêdo Bezerra Sá³

Analucia Longman Mendonça⁴

Ernando Siqueira Duarte⁵

RESUMO-O Nordeste do Brasil possui espécies madeireiras de alto valor econômico e de importante potencial de utilização em construções populares. Dentre as aplicações, pode-se destacar os usos em forma de: linhas, vigas, caibros, ripas, etc., outras aplicações como postes, mourões, estacas e, ainda, como material energético nas formas de lenha e carvão. Este trabalho visou estudar dez espécies vegetais das Caatingas, com o objetivo de indicar as características físico-mecânicas e energéticas de suas madeiras e oferecer parâmetros técnicos que possam favorecer uma adequada utilização destas espécies. Para tanto, confeccionaram-se corpos de prova para ensaios físico-mecânicos e químicos, onde foram analisados os seguintes parâmetros: peso específico aparente, retratilidade, compressão axial, flexão estática, fendilhamento, poder calorífico e carbono fixo, dentre outros. Dos resultados obtidos, constatou-se que as espécies

¹Biólogo. M.Sc.. EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA). Cx. Postal 23. CEP 56300-000 Petrolina, PE. Brasil.

²Engº Agrº. M.Sc.. ITEP. Av. Professor L. Freire, nº 700. Cidade Universitária, 50000-000 Recife, PE.

³Engº Florestal. M.Sc.. EMBRAPA-CPATSA.

⁴Biólogo. ITEP. Recife, PE.

⁵Engº Agrº. ITEP. Recife, PE.

CT/63, CPATSA, mar/96, p.2

jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), pau branco (*Fraunhoferia multiflora* Mart.) e violeta (*Dalbergia cearensis* Ducke), apresentaram o maior poder calorífico (cal/g) e as de maior peso específico, foram jurema preta, violeta, angico brabo/monjolo (*Piptadenia zenhneri* Harms) e aroeira (*Astronium urundeuva* Engl). Esses dados fornecem subsídios que possibilitam a solução das espécies para diferentes finalidades.

PHYSICAL, MECHANICAL AND ENERGETICS CHARACTERISTICS OF WOOD SPECIES OF THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT - The Brazilian semi-arid region is endowed with wood species of high quality and economic potential for large scale utilization as structural timber, posts, poles, stakes, firewood, and charcoal. This work had the objective of studying the physical, mechanical and energetics characteristics of ten wood species of the natural vegetation (called "Caatinga") of the Brazilian semi-arid region aiming at their best utilization. In order to achieve this, test cubes were used in the physical, mechanical and chemical trials, where the following parameters were analysed: apparent specific weight, retraction, axial compression, static flexion, cleavage, calorific energy, and stable carbon, among others.

INTRODUÇÃO

As pesquisas realizadas por Pereira et al. (1970) e Pereira et al. (1976) apresentaram os caracteres tecnológicos de algumas madeiras do Nordeste do Brasil, num total de 35 espécies. Estas espécies estudadas foram provenientes das matas perenifólias dos Estados de Alagoas, Pernambuco e Maranhão. No presente trabalho, são apresentados os resultados de ensaios tecnológicos de dez espécies das Caatingas do trópico semi-árido brasileiro. Na primeira parte, registraram-se as características físico-mecânicas, visando atender às necessidades do emprego dessas madeiras para engenharia. Na segunda parte, foram analisados alguns caracteres energéticos

CT/63, CPATSA, mar/96, p.3

com a finalidade de contribuir na seleção das espécies para uso como combustível e indicar as mais adequadas para comporem o elenco de espécies com potenciais para futuros programas de reflorestamento para a região semi-árida.

MATERIAL E MÉTODOS

Para execução dos trabalhos, foram escolhidas dez espécies de madeiras, pertencentes a seis famílias, em função da ocorrência natural e da dispersão no domínio das Caatingas do Nordeste do Brasil. As espécies escolhidas são consideradas de alto valor econômico e de importante potencial de utilização em obras de engenharia e como combustível, além de apresentarem ampla distribuição geográfica nos Estados de Pernambuco, Bahia, Ceará e Minas Gerais, e de forma mais restrita nos Estados de Alagoas, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte e Piauí. Com base nestes critérios, foram selecionadas as espécies constantes no Quadro 1.

As etapas iniciais de coleta, transporte e identificação botânica, foram realizadas pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Petrolina-PE. A preparação dos corpos de prova, ensaios físico-mecânicos, determinação do poder calorífico e análises químicas das madeiras foram executadas nos laboratórios do Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco - ITEP, em Recife-PE.

Para a coleta do material, foram localizadas áreas de vegetação nativa, com regular desenvolvimento, que apresentavam espécies de porte linheiro e com bom vigor vegetativo. Os municípios de Ouricuri e Santa Maria da Boa Vista, ambos em Pernambuco (Anexo 1), foram selecionados em função de apresentarem as condições pré-estabelecidas e por serem de fácil acesso. Posteriormente, foram escolhidas, ao acaso, dez árvores de cada espécie, com diâmetro variando de 12 a 20 cm para as análises. De cada uma das espécies, foram obtidos cinco toros de madeira de 1,0 m de comprimento e coletado material fértil para identificação botânica.

As identificações botânicas das madeiras com suas respectivas procedências são apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Espécies de madeira e procedência

Família	Nome científico	Nome vulgar	Procedência
Anacardiaceae	<u>Astronium urundeuva</u> Engl.	Aroeira	Ouricuri-PE e Sta. Maria da Boa Vista-PE
	<u>Schinopsis brasiliensis</u> Engl. Var. <u>brasiliensis</u>	Braúna/baraúna	Ouricuri-PE e Sta. Maria da Boa Vista-PE
Apocynaceae	<u>Aspidosperma pyrifolium</u> Mart	Pereiro	Ouricuri-PE e Sta. Maria da Boa Vista-PE
Capparidaceae	<u>Capparis flexuosa</u> L.	Feijão brabo	Ouricuri-PE.
Celastraceae	<u>Fraunhoferia multiflora</u> Mart.	Pau branco	Ouricuri-PE
Fabaceae	<u>Dalbergia cearensis</u> Ducke	Violeta	Ouricuri-PE
Mimosaceae	<u>Anadenanthera macrocarpa</u> (Benth) Brenan	Angico manso	Ouricuri-PE e Sta. Maria da Boa Vista-PE
	<u>Mimosa tenuiflora</u> (Willd.) Poiret	Jurema preta	Ouricuri-PE e Sta. Maria da Boa Vista-PE
	<u>Piptadenia zehntneri</u> Harms	Angico brabo/monjolo	Ouricuri-PE e Sta. Maria da Boa Vista-PE
	<u>Pithecellobium parvifolium</u> (Willd.) Benth.	Arapiraca	Ouricuri-PE

CT/63, CPATSA, mar/96, p.5

Características físico-mecânicas

Os corpos de provas foram extraídos dos toros, seguindo-se a NORMA COPANT 30:1 - 001 (Nock et al., s.d.).

Para os ensaios físicos, seguiu-se os métodos recomendados no boletim nº 31 do Instituto de Pesquisa Tecnológicas - IPT-SP (Brotero, s.d.).

Para as determinações dos volumes, foi utilizado o manômetro de mercúrio de BREUIL. Nas medições para determinações das contrações tangenciais e radiais, utilizou-se o PALMER.

Os ensaios mecânicos obedeceram as Normas nº 373: 1957 da British Standard (BRITISH STANDARD INSTITUTION, 1957), sendo usada a máquina "HOUNSFIELD TENSIO METER", de fabricação inglesa.

Características físico-químicas

As análises físico-químicas necessárias ao estudo foram realizadas nos laboratórios das Unidades de Tecnologia de Madeira, Química Industrial e Analítica do ITEP, apresentadas no Quadro 2.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das características físico-mecânicas das madeiras estudadas, referem-se aos valores médios obtidos nos ensaios e são apresentados nos Quadros 3 e 4.

No Quadro 2, encontram-se os dados obtidos das análises físico-químicas das madeiras. Os resultados são dados com o teor de umidade das madeiras a 15%, que em igualdade de condições de umidade, as espécies angico brabo, pau branco e violeta, apresentaram valores aproximados com relação ao poder calorífico. É introduzida, no Quadro 2, uma coluna com valores do poder calorífico das madeiras transformados para Kcal/m^3 , visto que a lenha é comercializada em volume, e não em peso, facilitando assim a seleção das madeiras com maior potencial combustível. Constatou-se que a jurema preta apresentou o valor mais alto dentre as espécies estudadas, considerada, portanto, a mais adequada para a combustão. As espécies jurema preta, angico manso, aroeira, braúna e violeta apresentaram valores acima de 20% quanto ao carbono fixo, portanto, com maior potencial para a produção de carvão. Por outro lado, angico brabo, pereiro, pau branco, jurema preta, arapiraca e violeta, pela ordem decrescente de valores, foram as que apresentaram as menores % em teores de cinzas, e a jurema preta apresentou a maior % em carbono fixo (23,64).

QUADRO 2. Análises físico-químicas das madeiras.

Madeiras	Teor de Umidade (%)	Peso Específico (g/cm ³)	Poder Calorífico (cal/g)	Kcal/m ³	Solúveis em Hexana (%)	Materiais voláteis (%)	Carbono Fixo (%)	Cinzas (%)
Jurema preta	15	0,99	4150	4.108.500	0,51	65,36	23,64	1,78
Violeta	15	0,98	3950	3.871.000	0,93	71,38	20,47	1,88
Angico brabo/Monjolo	15	0,97	3929	3.811.130	0,575	71,72	19,62	1,47
Aroeira	15	0,97	3890	3.773.300	0,935	67,01	22,12	2,93
Angico manso	15	0,96	3850	3.696.000	0,53	64,45	22,31	3,475
Pau branco	15	0,89	3971	3.534.190	1,02	69,36	19,20	1,68
Baraúna	15	0,89	3653	3.251.170	0,51	65,76	21,26	3,62
Feijão brabo	15	0,86	3702	3.183.720	0,875	69,96	18,87	3,03
Arapiraca	15	0,77	3656	2.815.120	0,085	72,16	19,48	1,84
Pereiro	15	0,68	4062	2.762.160	0,885	68,40	19,97	1,49

CT/63, CPATSA, mar/96, p.7

QUADRO 3. Características físicas das espécies estudadas.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	ESPÉCIES ESTUDADAS									
	AROEIRA	BRAÚNA/ BARAÚNA	PEREIRO	FEIJÃO BRABO	PAU BRANCO	VIOLETA	ANGICO MANSO	JUREMA PRETA	ANGICO BRABO/ MONJOLO	ARAPIRACA
TEOR DE UMIDADE (%) - VALORES MÉDIOS OBSERVADOS										
Peso específico aparente g/cm ³ : D										
Madeira verde	32,69-01,04	32,49-00,99	71,13-01,05	49,15-01,14	64,25-01,16	31,56-01,09	46,58-01,08	32,20-00,08	49,42-01,03	34,41-00,95
Madeira seca ao ar	15,76-00,98	20,71-00,92	20,57-00,71	15,18-00,86	17,94-00,91	16,91-00,99	16,03-0,97	15,34-00,99	16,46-00,98	18,00-00,79
Madeira a 15% D ¹⁵	15,00-00,97	15,00-00,89	15,00-00,68	15,00-00,86	15,00-00,89	15,00-00,98	15,00-00,96	15,00-00,99	15,00-00,97	15,00-00,77
Retratilidade										
Contrações tangenciais (%)										
Madeira verde	32,69-07,78	32,49-09,19	71,13-10,68	49,15-07,20	64,25-07,28	31,56-09,33	46,58-06,60	28,00-07,01	49,42-00,14	34,41-04,54
Madeira seca ao ar	14,96-05,18	20,71-06,42	20,57-03,73	13,83-05,39	17,94-05,93	12,33-05,50	16,03-05,53	14,00-05,17	12,58-04,98	18,00-03,21
Contrações radiais (%)										
Madeira verde	32,69-06,33	32,49-03,05	71,13-04,97	49,15-04,57	64,25-05,11	31,56-06,90	46,58-04,36	28,00-02,14	49,42-04,60	34,41-03,31
Madeira seca ao ar	14,96-02,27	20,71-02,81	20,57-02,32	13,83-03,23	17,94-03,34	12,33-03,18	16,03-03,23	14,00-02,86	12,58-02,35	18,00-02,18
Contrações volumétricas										
Madeira verde	32,69-14,40	32,49-12,40	71,13-11,76	49,15-12,39	64,25-15,30	31,56-16,48	46,58-11,03	28,00-09,22	49,42-13,17	34,41-08,03
Madeira seca ao ar	14,96-07,75	20,71-09,51	20,57-08,57	13,08-08,82	17,94-11,54	12,33-08,14	16,03-08,97	14,00-08,66	12,58-07,91	18,00-06,23
Coefficiente de retratilidade volumétrica	00,52	00,45	00,41	00,58	00,64	00,49	00,55	00,61	00,62	00,34

QUADRO 4. Características mecânicas das espécies estudadas.

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS		ESPÉCIES ESTUDADAS							
AROEIRA	BRAUNA/ BARAUNA	PEREIRO	FEIJÃO BRABO	PAU BRANCO	VIOLETA	ANGICO MANSO	JUREMA PRETA	ANGICO BRABO/ MONJOLO	ARAÇACA
TEOR DE UMIDADE (%) - VALORES MÉDIOS OBSERVADOS									
Compressão axial Limite de resistência (kg/cm ²)									
Madeira verde	44,93-422,61	43,55-409,85	82,24-280,61	64,03-546,76	38,03-508,92	46,59-417,51	35,41-665,81	40,64-411,56	40,07-436,22
Madeira seca ao ar	19,74-539,11	13,63-505,09	13,91-510,75	13,75-569,00	12,94-713,84	13,45-521,25	12,94-897,10	19,74-539,11	15,65-482,11
Madeira a 15%	15,00-579,69	15,00-498,37	15,00-470,54	15,00-505,00	15,00-687,43	15,00-510,32	15,00-870,00	15,00-579,69	15,00-485,54
Coefficiente de influência da unidade %	13/17-001,07	11/19-002,25	14/16-002,16	10/20-004,10	13/17-001,70	10/20-001,44	12/18-002,25	10/20-001,13	14/16-002,03
Coefficiente de qualidade	15,00-005,97	15,00-005,60	15,00-006,91	15,00-005,67	15,00-006,94	15,00-005,31	15,00-008,87	15,00-005,97	15,00-006,30
Flexão estática. Limite de resistência (kg/cm ²)									
Madeira verde	44,05-794,50	32,52-764,75	41,70-533,75	54,18-693,00	31,33-1047,37	44,05-910,10	31,34-1286,25	38,11-940,62	38,83-774,37
Madeira seca no ar	16,00-962,50	16,90-879,37	16,60-770,00	19,57-783,12	11,60-1334,37	16,70-945,00	16,00-1325,62	24,60-1028,12	15,75-800,12
Madeira a 15%	15,00-967,93	15,00-888,16	15,00-785,40	15,00-858,57	15,00-1280,99	15,00-963,90	15,00-1333,88	15,00-1158,00	15,00-801,00
Índice de rigidez (Relação I/F)									
Madeira verde	32,28-027,05	32,32-18,44	41,70-13,99	54,18-13,14	31,33-16,17	38,11-24,52	31,34-19,82	44,05-27,00	38,83-20,71
Madeira seca no ar	16,96-037,60	16,70-37,14	16,60-14,75	19,57-22,61	16,00-21,61	24,60-35,64	11,60-34,39	36,47-33,14	15,75-32,63
Fendilhamento (kg/cm ²)									
Madeira verde	41,30-09,29	49,41-08,33	75,03-07,70	61,34-08,46	32,91-10,62	46,20-08,20	35,42-08,41	45,27-07,29	38,86-03,63
Madeira seca no ar	16,97-10,79	15,94-10,03	18,04-08,75	16,99-08,56	16,00-12,25	21,73-10,54	11,29-15,41	12,85-10,83	17,81-08,49
Cizalhamento (kg/cm ²)									
Madeira verde	47,40-128,75	42,75-115,83	62,75-147,50	63,18-164,20	36,17-138,75	30,78-177,50	37,87-142,91	55,82-67,91	43,09-133,18
Madeira seca ao ar	20,63-162,50	15,15-158,46	15,20-152,50	19,00-181,25	12,53-180,41	18,64-161,41	11,67-190,62	13,74-190,83	16,90-156,67
Dureza Janka (kg/cm ²)									
Madeira verde	31,40-651,67	38,34-623,33	66,13-481,67	54,13-373,33	37,45-851,67	41,90-678,33	33,69-708,33	44,79-678,33	34,69-530,00
Madeira seca ao ar	19,97-823,33	18,73-803,00	16,03-680,00	13,34-686,67	09,51-901,67	23,70-816,67	15,00-1066,69	10,94-651,67	17,37-630,00

CT/63, CPATSA, mar/96, p.9

Baseados nos resultados das características físico-mecânicas, discutiu-se o peso específico, carbono fixo, flexão e compressão, por serem os parâmetros mais indicativos das qualidades energéticas e de utilização no campo da engenharia.

A espécie de nome vulgar jurema preta, apresentou o maior peso específico a 15% de umidade ($0,99 \text{ g/cm}^3$) e o pereiro apresentou o menor ($0,68 \text{ g/cm}^3$). Nos ensaios de flexão estática, a 15% de umidade, a jurema preta foi a mais resistente, com $1.336,88 \text{ kg/cm}^2$ e a menos resistente foi o Pereiro, com $785,40 \text{ kg/cm}^2$. Nos ensaios de compressão axial, também a 15%, o maior valor de resistência verificado foi o da jurema preta, com $870,00 \text{ kg/cm}^2$, e por último o do pereiro, com $470,54 \text{ kg/cm}^2$.

De modo geral, as espécies de madeira que apresentam maior peso específico são mais resistentes aos esforços mecânicos. Entretanto, espécies com peso específico iguais ou próximos, podem ter caracteres tecnológicos diferentes, devido às suas estruturas anatômicas diferenciadas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando os dados obtidos no Quadro 2, conclui-se que as madeiras de maior peso e porcentagem de carbono fixo possuem maior potencial combustível. Dessa maneira, a jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), violeta (*Dalbergia cearensis*), angico brabo/monjolo (*Piptadenia zehntneri*) e aroeira (*Astronium urundeuva*) são as espécies mais indicadas para obtenção de lenha. Entretanto, outras variáveis, como fatores silviculturais, devem ser considerados para indicação dessas espécies, visando um programa para formação de florestas para fins energéticos. Com a análise dos outros parâmetros, verifica-se que o percentual de carbono fixo da jurema preta confirma a qualidade desta espécie como material combustível e que o menor resíduo em cinzas foi obtido para o angico brabo/monjolo.

Em função do uso frequente e indiscriminado das espécies vegetais, principalmente as arbóreas, se tornam cada vez mais escassos esses recursos naturais na região semi-árida do nordeste. Recomenda-se aos principais consumidores (polos industriais, cerâmicas, olarias, curtumes, calcário, padarias, casas de farinha, carvoarias, etc.), que, junto aos órgãos de pesquisas federais ou estaduais, promovam o estudo e reflorestamento das espécies testadas e outras espécies potenciais como a sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth), jurema vermelha (*Mimosa* sp.),

CT/63, CPATSA, mar/96, p.10

birro (*Diptycandra epunctata* Tul), imburana de cheiro (*Amburana cearensis* Fr. All.) A.C. Smith, imburana de cambão (*Bursera leptophoeos* Mart.), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex Hayne), quebra-faca (*Croton conduplicatus*) e jurema branca (*Mimosa* sp.), no sentido da conservação, preservação e utilização adequada para as mais diferentes finalidades.

Nesta linha de trabalho, pretende-se dar continuidade a estas pesquisas, acrescentando outras espécies vegetais da região semi-árida. Deste modo, visa-se contribuir com o melhor aproveitamento destes recursos e oferecer respaldo tecnológico para programas de reflorestamento com espécies nativas da região.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3. ed. Fortaleza: s.n. 1976. 540p.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION (London, U.K.). **Methods of testing small clear specimens of timber**. London, 1957, 373p.
- BROTERO, F.A. **Métodos de ensaio adotados no IPT para estudo de madeiras nacionais**. São Paulo, SP: IPT, 1956. (IPT. Boletim, 31).
- NOCK, H.P.; RICHTER, H.G.; BURGER, L.M. **Comisión Panamericana de normas técnicas recomendacion COPANT**. R-30: 1001. Curitiba: UFPR, s.d.
- PENEDO, W.R. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte: CETEC, 1980, 158p. il. (CETEC, Série Publicações Técnicas, 1).
- PENEDO, W.R. **Gaseificação de madeira e carvão vegetal**. Belo Horizonte: CETEC, 1981. 131p. il. (CETEC, série Publicações Técnicas, 4).
- PEREIRA, A.J. do R.; VASCONCELOS, J.M.C. de; TAVARES, S.; TAVARES, E.J. de S. Caracteres tecnológicos de 25 espécies madeiras do Nordeste do Brasil. **Boletim de Recursos Naturais - SUDENE**. Recife, v.8, n.1/2, p.5-148, jan./dez. 1970.

CT/63, CPATSA, mar/96, p.11

PEREIRA, A.J. de R.; VASCONCELOS, J.M.C. de; TAVARES, S.; TAVARES, E.J. de S.; GOMES, J.J. **Caracteres tecnológicos de madeiras do Nordeste do Brasil** - "Nova contribuição". Recife: SUDENE-DRN, 1976. 53p. (SUDENE. Série Recursos Vegetais, 6).

SOUZA, P.F. **Tecnologia de produtos florestais**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1947. 409p.il.

TAVARES, S. **Madeiras do Nordeste do Brasil**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1959. 171p. (URPE. Monografia, 5).

Revisão Editorial: Eduardo Assis Menezes

Composição: Nivaldo Torres dos Santos

Normalização bibliográfica: Edineide Maria Machado Maia

Tiragem: 500 exemplares.

CT/63, CPATSA, mar/96, p.12

Anexo 1. Mapa de localização da área de coleta.

