

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA ALGAROA PROSOPIS JULIFLORA

**CHARACTERIZATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF ALGAROA
WOOD PROSOPIS JULIFLORA**

Engenharias • 14/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/789359012](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/789359012)

Emanuel Tavares de Alencar¹

Anderson Henrique Barbosa²

RESUMO

Para fins estruturais é crucial estabelecer parâmetros mínimos de resistência com base no conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira, para que seja atendida as especificações normativas para fins de projeto e dimensionamento. Neste contexto, o trabalho teve como objetivo a caracterização simplificada da madeira de algaroba (*Prosopis Juliflora*), através dos ensaios densidade, de compressão paralela e perpendicular às fibras, tração paralela às fibras e flexão, para fins de enquadramento em classes estruturais, segundo as recomendações da norma NBR 7190/2022, fornecendo assim maior conhecimento sobre uma espécie arbórea existente nas regiões semiáridas do Brasil. Foram cortadas árvores selecionadas e posteriormente foram serradas de modo adequado para a confecção dos corpos de prova com as dimensões recomendadas pela norma para a execução dos respectivos ensaios. Os resultados mostram que propriedades físicas e mecânicas obtidas por meio dos ensaios normativos indicam a classificação da algaroba na classe estrutural D60, para madeiras folhosas, com altos níveis de resistência, atendendo a critérios mínimos estabelecidos pela normatização brasileira, para uso estrutural.

Palavras-chave: Algaroba; Propriedades mecânicas; Madeira folhosa; Classe estrutural; Resistência à compressão.

ABSTRACT

For structural purposes, it is crucial to establish minimum strength parameters based on knowledge of the physical and mechanical properties of wood, so that regulatory specifications for design. In this context, the aim of the work was to simplify the characterization of algaroba wood (*Prosopis Juliflora*), through density tests, compression tests parallel and perpendicular to the fibers, tensile strength in parallel to the fibers and flexion, for the purpose of

classifying them. structural structures, according to the recommendations of code NBR 7190/2022, thus providing greater knowledge about a tree species existing in the semi-arid regions of Brazil. Selected trees were cut and subsequently sawn in an appropriate way to produce test specimens with the dimensions recommended by the code, for carrying out the respective tests. The results show that physical and mechanical properties obtained through normative tests indicate that the classification into structural class D60, for hardwoods, with high levels of strength, meeting the minimum criteria established by Brazilian code, for structural use.

Keywords: Algaroba; Mechanical Properties; Hardwood; Structural class; Compressive Strength.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material de origem natural e renovável, heterogêneo, e que possui grande variabilidade em suas propriedades. O conhecimento das características de densidade, que define seu peso, e de suas propriedades mecânicas, bem como o teor de umidade, permite que este material possa ter sua aplicação em elementos estruturais.

A escolha do tipo de madeira somente poderá ser feita, visando economia e segurança, com o conhecimento dos valores que definem o seu comportamento, tanto do ponto de vista físico como de sua resistência, quando submetida a esforços mecânicos (Cunha, 2012).

Essas propriedades mecânicas são condicionadas por uma estrutura anatômica e, exatamente por isso, devem ser distinguidas com

relação à orientação das fibras, como também as diferentes classes de umidade existentes, conforme as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022, que enquadra as madeiras em classes de resistência variadas. Para Pfeil e Pfeil (2003), as mais importantes propriedades físicas que caracterizam a madeira são a anisotropia, o teor de umidade e a densidade ou massa específica aparente.

No Brasil, diversas são as espécies catalogadas, sendo muitas delas citadas na NBR 7190-1/2022, com a respectiva caracterização mecânica e física. Entre as espécies produzidas no Brasil está a Algaroba (*Prosopis juliflora*), cultivada principalmente na região nordeste, sendo originária do Peru e do Sudão, respectivamente nos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte (Ribaski et al., 2009).

Neste trabalho é avaliada, por meio de ensaios experimentais, a caracterização mecânica das propriedades da madeira algaroba para classificação e verificação de seu enquadramento como material estrutural, segundo as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022.

2. REVISAO BIBLIOGRAFICA

2.1. Madeira Algaroba Prosopis Juliflora

A Algaroba (*Prosopis juliflora*), da família das Mimosóideas, é originária dos Andes, no Peru, e espalhou-se por países onde ocorrem regiões semiáridas e desérticas, de acordo com (Campelo, 1988). Foi introduzida no Nordeste do Brasil em 1942. É uma espécie altamente promissora, tanto para fins madeireiros como forrageiros, dada sua resistência à seca e boa adaptação às condições adversas (Silva et al., 1980).

A Algaroba cresce rapidamente, desenvolvendo-se em solos pobres, pedregosos e secos, produzindo árvores de até seis metros de altura, com tronco de cerne semipesado e casca rugosa (Pires; Ferreira, 1983).

Para Ribaski et al. (2009), a algarobeira é uma árvore espinhosa ou raras vezes inerme (sem espinhos), apresentando altura de 6 m a 15 m, tronco ramificado com diâmetro à altura do peito (DAP) variando de 40 cm a 80 cm e copa com 8 m a 12 m de diâmetro.

Hoje, o Nordeste conta com a maior reserva algarobeira do país, embora este potencial não seja ainda integralmente aproveitado, ocupando cerca de 500 mil hectares, razão pela qual o Nordeste brasileiro sempre se manteve como o maior produtor de algaroba. A cultura algarobeira tem apresentado um aumento crescente de produção, segundo Freire (2004).

2.2. Propriedades da Madeira

Devido a orientação das células, a madeira é um material anisotrópico, apresentando três direções principais (longitudinal, radial e tangencial). A diferença de propriedade entre as direções radial e tangencial raramente tem importância prática, bastando diferenciar as propriedades na direção paralela as fibras (direção longitudinal) e na direção perpendicular a estas fibras.

A presença da água na madeira pode ser mais facilmente entendida partindo-se de alguns aspectos relacionados à fisiologia da árvore que absorve água e sais minerais do solo, por meio do seu sistema radicular, em movimento vertical ascendente, se desloca até as folhas realizando a fotossíntese. Daí decorre que a madeira das árvores vivas ou recém abatidas apresenta elevada porcentagem de

umidade (Logsdon, 1998). Em outras palavras, a umidade pode ser entendida como o transporte ativo da água no interior do tronco por meio dos seus interstícios ou lacunas que é diretamente proporcional a sua porosidade e inversa a sua resistência.

No Brasil é adotada a umidade padrão de referência no valor de 12% (Pfeil; Pfeil, 2003). O método da secagem em estufa com temperatura máxima de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ é o recomendado pelas normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022 para a determinação da umidade, usando amostras de seção transversal retangular, com dimensões nominais de 2 cm x 3 cm, e comprimento (ao longo da direção das fibras) de 5 cm.

Nesta norma são definidas quatro diferentes classes de umidade para o uso da madeira em projetos de estruturas, que tem por finalidade ajustar as propriedades de resistência e de rigidez em função das condições ambientais onde permanecerão as estruturas.

A densidade básica é a massa de madeira seca em relação ao seu volume saturado. Por ser de fácil determinação e devido apresentar boa correlação com as propriedades mecânicas da madeira, é uma das propriedades físicas mais estudadas no mundo e importantes na caracterização da madeira, visto que sua variação afeta a resistência mecânica e a estabilidade dimensional da madeira (Júnior; Garcia, 2004).

As propriedades da madeira também são influenciadas pelo arranjo dos seus elementos anatômicos que lhe conferem características anisotrópicas. Logo, os ensaios mecânicos possibilitam a determinação das propriedades referentes ao comportamento do

material quando submetido a esforços externos, apresentando características diferentes em relação às fibras do elemento ensaiado.

As normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022 propõe a variação da resistência com o teor de umidade da madeira de acordo com a Equação (1):

$$f_{12\%} = f_{U\%} [1 + 3(U\% - 12) / 100]$$

onde:

- $f_{12\%}$: Resistência da madeira, em MPa, com 12% de umidade.
- $f_{U\%}$: Resistência da madeira, em MPa, com a umidade encontrada.
- $U\%$: Umidade da madeira.

Para caracterização mínima é necessário realizar os ensaios de tração e compressão paralelo às fibras e cisalhamento, flexão e compressão perpendicular às fibras, todos na condição padrão de umidade, além dos ensaios de densidade básica e aparente, para todos os ensaios citados na caracterização a quantidade mínima de corpos de prova são 12 para cada experimento. Já na caracterização simplificada é permitido apenas o ensaio de compressão paralela às fibras com no mínimo 6 corpos de prova, sendo as demais resistências na falta da determinação experimental, calculadas por algumas relações presentes na NBR 7190-3/2022.

Os resultados devem ser apresentados pelo valor característico X_{wk} determinado pela Equação (2):

$$X_{wk} = 1.1[2(X_1 + X_2 + \dots + X_{n/2-1}) / (n/2 - 1) - X_{n/2}]$$

onde $X_1, X_2, \dots, X_{n/2-1}$ são os valores encontrados para cada ensaio e n é o número de corpos de prova ensaiados. Os resultados devem ser colocados em ordem crescente, desprezando-se o valor mais alto se o número de corpos de prova for ímpar, não se tomando para X_{wk} valor inferior a X_1 nem a 0,7 do valor médio (X_m). A Equação (2) não é utilizada apenas para a determinação da resistência a compressão, as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022 recomendam seu uso para os demais ensaios mecânicos, como tração e flexão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização mecânica foi utilizada uma máquina de ensaio de acionamento hidráulico com capacidade de até 100 toneladas. Essa máquina pode ser adaptada para vários tipos de ensaios como compressão, flexão e tração.

Foram selecionadas, ao acaso, 5 árvores de algaroba, com idade de aproximadamente 6 anos em uma fazenda no município de Parnamirim (PE). As Figuras 1a a 1c mostram o local de extração da madeira utilizada neste trabalho, a seção transversal e longitudinal de um elemento de onde foram extraídas as amostras.

Figura 1. Vista da madeira algaroba utilizada nos ensaios.



(a) Vista da plantação de algarobas. / (b) Seção transversal da madeira.



(c) Seção longitudinal da madeira.

As amostras para a confecção dos corpos de provas foram obtidas através da derrubada, com motosserra, de árvores com maior linearidade possível e diâmetros de aproximadamente 30 cm. Essas toras de madeira foram levadas a uma serraria para adequação das suas dimensões e a direção das fibras, de acordo com a norma NBR 7190-3/2022. Os corpos de prova podem ser observados na Figura 2.

Figura 2. Corpos de prova para realização dos ensaios.



Para determinação das propriedades da madeira, foi feita a caracterização simplificada da resistência do material coletado, utilizando-se para cada uma das propriedades 6 corpos de prova,

devido à dificuldade de se encontrar toras com linearidade adequada e sem defeitos para confecção das amostras.

Inicialmente, foi realizado o ensaio de umidade, onde foi determinada a massa inicial das amostras, com exatidão de 0,01 g, e logo em seguida foram destinados a um processo de secagem em estufa, com temperatura máxima de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Durante a secagem a massa de cada corpo de prova foi medida a cada 6 h, até que depois de 18 horas observou-se que a alteração na massa, entre duas medidas consecutivas, era inferior a 0,5% da última massa medida, sendo assim considerou-se que a madeira atingiu sua massa seca (ms). Depois do processo de secagem foi possível determinar a umidade da madeira através da relação da diferença da massa inicial e da massa seca, pela razão da massa seca, apresentado pelo seu valor médio. A Figura 3 mostra os corpos de prova no momento anterior a colocação na estufa.

Figura 3. Corpos de prova para o ensaio de umidade.



Após a massa do corpo de prova permanecer constante, atingindo assim a massa seca, foi possível realizar posteriormente o ensaio de densidade básica e aparente (NBR 7190-1/2022; NBR 7190/1997), observando-se o mesmo tempo para secagem dos corpos de prova de ambos os ensaios. O volume saturado foi obtido depois de 48 horas com os corpos de prova submersos em água, assim que a

massa permaneceu constante depois de duas medidas consecutivas, atestando que os corpos de prova estavam saturados e sendo possível o cálculo da densidade básica. Já para densidade aparente, depois de secos, as amostras foram imersas em um recipiente com água (Figura 4), até atingirem uma massa úmida correspondente a 12% de umidade, tendo logo em seguidas suas medidas aferidas para a determinação do volume e posteriormente o cálculo da densidade aparente.

Figura 4. Corpos de prova imersos em água para os ensaios de densidade.



Em relação ao ensaio de compressão paralela às fibras, as medidas dos lados dos corpos de prova foram feitas com exatidão de 0,1 mm. A resistência foi determinada com carregamento monotônico crescente, com uma taxa em torno de 10 MPa/min tendo uma duração de 2 a 8 min aplicada no corpo de prova que com as seguintes dimensões 5cm x 5cm de seção e 15 cm de lado paralelo às fibras seguindo as orientações a da NBR 7190-3/2022. O arranjo para o ensaio de compressão paralela às fibras é mostrado na Figura 5.

Figura 5. Ensaio de resistência à compressão paralela as fibras.



Para os ensaios de compressão perpendicular às fibras, as medidas dos lados foram feitas com a mesma exatidão de 0,1 mm. A resistência foi determinada com carregamento monotônico crescente, com uma taxa em torno de 10 MPa/min tendo uma duração de 3 a 8 min aplicada no corpo de prova com as seguintes dimensões 5cm x 5cm de seção e 10 cm de lado normal às fibras, seguindo as orientações da NBR 7190-3/2022. Detalhes do ensaio podem ser vistos na Figura 6.

Para os ensaios de tração paralela às fibras foi aplicado uma tração uniforme, com duração total de 3 min a 4 min, nos corpos de prova alongados, com trecho central de seção transversal uniforme de área $5,76 \text{ m}^2$ e comprimento de 26 cm, sendo esse maior que $8\sqrt{A}$, com extremidades mais resistentes que o trecho central e com concordâncias que garantam a ruptura no trecho central, atendendo assim as exigências da NBR 7190-3/2022. A Figura 7 apresenta o arranjo para o ensaio de tração paralela às fibras.

Figura 6. Corpo de prova durante o ensaio de compressão perpendicular as fibras.



(a) Ensaio na prensa. / (b) Amostra ensaiada.

Figura 7. Ensaio de tração paralela as fibras.



(a) Amostra na prensa de ensaio. / (b) Amostra ensaiada.

Na determinação da resistência à flexão, as medidas dos lados dos corpos de prova foram feitas com as seguintes dimensões 5 cm x 5 cm de seção transversal e comprimento de 115 cm. No ensaio, o corpo de prova ficou vinculado a dois apoios articulados móveis, com vão livre entre apoios de 105 cm como mostrado na Figura 8a. O carregamento consistiu em uma carga concentrada, aplicada por meio de um cutelo acoplado à prensa de ensaio. A Figura 8b mostra o corpo de prova de depois da ruptura.

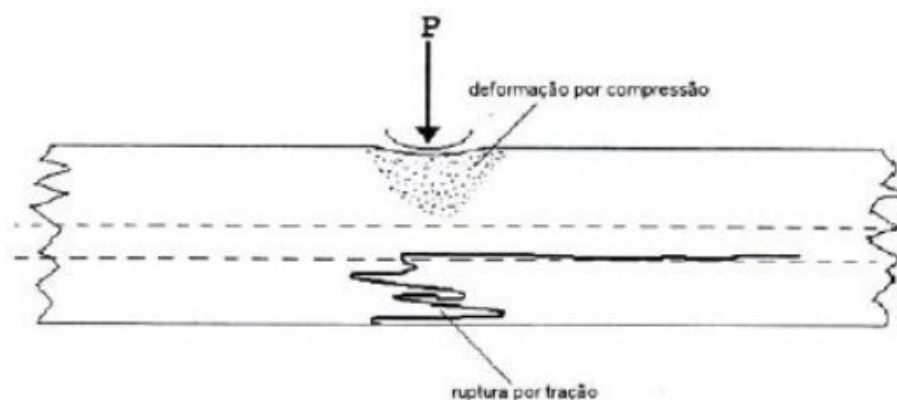
Figura 8. Ensaio de flexão.



(a) Amostra na prensa de ensaio. / (b) Amostra ensaiada.

Para Moreschi (2012), a ruptura típica provocada no corpo de prova apresenta-se com rompimento no lado oposto ao da aplicação da carga (lado sujeito à tração), normalmente com uma rachadura longa acompanhando a linha neutra; o lado em que a carga é aplicada (sujeito a compressão) só apresenta deformação plástica (amassamento), conforme esquema apresentado na Figura 9.

Figura 9. Forma de ruptura no ensaio de flexão.



4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A madeira estudada apresentou um teor médio de umidade de 18,21%. O teor de umidade encontrado classifica o lote amostrado, como madeira de classe de umidade 3, que corresponde a ambientes com umidade relativa do ar de 75% a 85%.

A Tabela 1 mostra a redução das massas dos corpos de prova durante o processo de secagem.

Tabela 1. Pesagem da algaroba durante a secagem.

Amostra	Massa úmida (g)	Massa seca (g)		
		1º dia	2º dia	3º dia
1	32,05	27,74	26,78	26,78
2	31,76	27,81	26,78	26,78
3	31,40	27,86	26,95	26,95
4	31,81	28,31	27,03	27,03
5	32,38	28,32	27,37	27,37
6	32,38	28,19	27,33	27,33

No cálculo das propriedades mecânicas da algaroba foi necessário a correção da resistência da madeira para a umidade padrão de 12% aplicando a equação aplicando a Equação (1), já que a umidade média dos corpos de prova foi diferente de 12%.

Encontrou-se, para densidade básica, o valor médio de 0,901 g/cm³, enquanto para a densidade aparente o valor foi de 1,030 g/cm³, como pode ser visto na Tabela 2. Estudo de Gomes (2007), avaliando as características tecnológicas da algaroba, encontraram um valor de 0,932 g/cm³ para a densidade básica, já para a densidade aparente o valor foi de 1,068 g/cm³. Através desses resultados é possível observar que a massa específica básica e aparente das amostras encontradas neste estudo se assemelha aos valores encontrados na literatura. A distinção entre densidade aparente e densidade básica era realizada pela NBR 7190/1997, sendo a primeira

válida para a amostra com 12% de umidade e a última definida como o quociente da massa seca pelo volume saturado.

Tabela 2. Valores de densidade básica e aparente.

Amostra	Densidade básica (g/cm ³)	Densidade aparente (g/cm ³)
1	0,893	1,024
2	0,893	1,016
3	0,898	1,030
4	0,901	1,034
5	0,912	1,046
6	0,911	1,045
Média	0,901	1,033

A NBR 7190-1/2022 determina quatro valores de densidade que são referência para o enquadramento da madeira de dicotiledôneas em classe estrutural. Cada valor corresponde a uma classe estrutural. Os valores mínimos para cada classe e a respectiva classe estrutural correspondentes são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Densidade de madeiras de espécies de florestas nativas em ensaios.

Classe	Densidade a 12% (g/cm ³)	f _{c0,k} (MPa)
D20	0,500	20
D30	0,625	30
D40	0,750	40

D50	0,850	50
D60	1,000	60

Além da classificação acima, a NBR 7190-1/2022, para madeiras folhosas, também propõe a determinação das propriedades para madeiras obtidas em elementos estruturais, cujas classes vão do D18 ao D70.

Pode-se observar que segundo a classificação estrutural para madeira de dicotiledôneas propostas pelas normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022), a madeira estudada no presente trabalho, em relação a sua densidade, é enquadrada como madeira de dicotiledônea de classe estrutural D60.

A resistência à compressão paralela às fibras da algaroba foi calculada pelo quociente da força aplicada pela área da amostra, tendo seu valor de resistência corrigido de cada corpo de prova para a classe 1 de umidade aplicando-se a Equação (1) e o resultado final, segundo as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022), foi determinado utilizando-se o valor característico por meio da Equação (2). O valor característico de resistência à compressão paralela às fibras do lote estudado foi de 68,53 MPa, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Resistência à compressão paralela às fibras.

Amostra	Resistência (MPa) umidade 18.21%	Resistência (MPa) umidade 12%
1	54,03	64,09
2	59,94	69,31

3	60,00	71,10
4	60,09	71,17
5	60,51	71,28
6	59,94	71,78
Valor médio	59,09	69,79
Valor característico	57,77	68,53

Os resultados obtidos através dos ensaios de compressão paralela às fibras foram satisfatórios quando comparado aos valores encontrados na literatura. Cunha (2012)], ao estudar as propriedades físicas, mecânicas e energéticas da algaroba obteve um valor de resistência igual a 74,5 MPa, comparando-se este valor com o valor da resistência obtido no presente estudo, vê-se que a diferença é de apenas 8%. Já Maciel (2019) obteve um valor médio de resistência à compressão paralela às fibras, no teor de umidade de 12%, de 90,68 MPa.

As normas NBR 7190-1//2022 e NBR 7190-3/2022 determinam cinco valores de compressão paralela às fibras que são referência para o enquadramento da madeira de dicotiledôneas (folhosas) em classe estrutural. Cada valor corresponde a uma classe estrutural como foi mostrado na Tabela 3. Analisando o resultado obtido no presente trabalho pode-se concluir que a madeira de algaroba, no que se refere a compressão paralela às fibras pode ser classificada como madeira folhosa de classe estrutural D60.

A Tabela 5 mostra a resistência à compressão perpendicular às fibras da madeira de da algaroba encontrada neste estudo.

Tabela 5. Resistência à compressão perpendicular às fibras.

Amostra	Resistência (MPa) umidade 18.21%	Resistência (MPa) umidade 12%
1	17,71	21,01
2	19,52	23,16
3	20,02	23,74
4	20,71	24,57
5	21,47	25,47
6	22,45	26,39
Valor médio	20,28	24,06
Valor característico	18,94	22,47

Por meio desse resultado é possível observar que a resistência a compressão perpendicular às fibras das amostras encontradas neste estudo se assemelha ao valor encontrado em um estudo realizado por Cunha (2012), no qual foi obtido um valor de resistência de 28,8 MPa para umidade de 12%. Quanto a classificação estrutural, as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022 não utilizam esse ensaio para o enquadramento das madeiras em uma classe de resistência.

A resistência à tração paralela às fibras da algaroba foi calculada pela relação entre a carga máxima aplicada e a área da seção central do corpo de prova, tendo seu valor de resistência corrigido de cada corpo de prova para a classe 1 de umidade aplicando-se a Equação (1) e o resultado final, segundo as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022, foi determinado utilizando-se o valor característico por meio da Equação (2). O valor característico de resistência à tração

paralela às fibras do lote estudado foi de 132,73 MPa, como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Resistência à tração paralela às fibras.

Amostra	Resistência (MPa) umidade 18.21%	Resistência (MPa) umidade 12%
1	105,12	124,70
2	108,33	128,51
3	111,74	132,55
4	117,74	139,67
5	120,75	143,24
6	133,25	158,07
Valor médio	116,16	137,79
Valor característico	111,18	132,73

Os resultados obtidos através dos ensaios de tração paralela às fibras foram satisfatórios quando comparado aos valores encontrados na literatura. No trabalho de Gomes (2007), foram observadas as características tecnológicas da algaroba, encontrando-se um valor de 146,7 MPa de resistência a tração paralela às, comparando-se este valor com o valor da resistência obtido no presente estudo, vê-se que a diferença é de apenas 9,5%.

Resultado obtido por Maciel (2019) aponta para um valor médio de 88,87 MPa de resistência à tração paralela às fibras para um teor de 12% de umidade, chegando algumas amostras a valores individuais acima de 120 MPa em relação a este esforço.

Para o cálculo da resistência à flexão foi usada, de acordo com as normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022, a relação entre o momento máximo (seção do meio do vão do elemento ensaiado) pelo módulo de resistência elástico da seção transversal em relação à linha neutra posicionada no centro de gravidade, tendo logo em seguida seus valores recalculados para umidade padrão de 12% pela Equação (1). Os resultados (Tabela 7) são apresentados pelo valor característico através da Equação (2). O valor característico de resistência à flexão da madeira estudada foi de 109,48 MPa. Não foi encontrado nenhum estudo anterior que servisse de comparação para a avaliação da resistência a flexão da algaroba.

Tabela 7. Resistência à flexão.

Amostra	Resistência (MPa) umidade 18.21%	Resistência (MPa) umidade 12%
1	81,52	101,09
2	106,85	132,49
3	108,11	134,05
4	109,12	135,30
5	115,67	143,43
6	119,57	148,27
Valor médio	106,81	132,44
Valor característico	88,29	109,48

A determinação do cisalhamento foi feita de forma indireta seguindo a orientação das normas NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022, aplicando-se a relação entre os valores característicos ao cisalhamento e à compressão paralela às fibras de 0,12. O valor

característico para a resistência ao cisalhamento da algaroba foi de 8,22 MPa. Comparando o esforço de cisalhamento que a madeira desse estudo pode resistir ao valor de 25,75 MPa obtido por Gomes (2007) em um ensaio experimental, pode concluir que o valor encontrado seguindo a orientação da norma é de apenas 32% do achado pela execução do ensaio, isso indicada que a expressão proposta pela NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022 é bastante conservadora minorando a resistência do material.

Analisando o resultado obtido no presente trabalho e comparando com os quatros valores da Tabela 3 que são referência para o enquadramento da madeira folhosa (dicotiledônea) em uma classe estrutural, pode-se concluir que a madeira de algaroba, no que se refere a resistência a esforços de compressão pode ser classificada como madeira folhosa classe D60. Em relação aos valores das características físicas (densidade básica e aparente), observa-se que todos estão dentro dos limites mínimos da classe estrutural D60.

5. CONCLUSÕES

De posse das análises experimentais obtidas neste trabalho pode-se concluir:

- A madeira algaroba se mostrou satisfatória em relação às propriedades estruturais balizadas pela NBR 7190-1/2022 e NBR 7190-3/2022. Esta se mostrou equivalente às madeiras folhosas da classe D60, alcançando altos níveis de resistência.
- A mesma conclusão se mostra razoável quando se avalia a densidade das amostras.

- Os valores dos ensaios foram compatíveis com os poucos registros apresentados na literatura, a exemplo dos estudos de Cunha (2012), Gomes (2007) e Maciel (2019).
- Com base nestas observações, a madeira da espécie analisada se mostra como uma possibilidade em aplicações estruturais na região nordeste, mesmo não sendo diretamente citada na norma brasileira.
- Devido à dificuldade de encontrar toras lineares e sem um grande número de defeitos conclui-se que é necessário o manejo silvicultural da espécie para se obter peças retilíneas com maior comprimento, de maneira a tornar compatível o seu uso com aplicações estruturais. Uma das possibilidades estruturais que podem aproveitar esta madeira por suas características mecânicas é nos sistemas treliçados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-1: Projetos de estruturas de madeira - Parte 1: Critérios de dimensionamento.** Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-3: Projetos de estruturas de madeira - Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas.** log. Rio de Janeiro, 2022.

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

CAMPELO, C. R. **Algarobeira: alternativa para o semiárido brasileiro.** In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 39. 1988.

CUNHA, A. B. **Análise das propriedades físicas, mecânicas e energética da parte área e tronco de Algaroba (Prosopis juliflora).** 2012. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

FREIRE, S. **Engenheiro desenvolve aguardente de árvore do semiárido,** Folha de São Paulo, São Paulo. 13 jan. 2004. Agrofolha, 12f.

GOMES, J. J. **Características tecnológicas da Prosopis juliflora e alternativas para o uso racional.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina grande, v.11, n.5, p.537–542, maio 2007.

JÚNIOR, L. C.; GARCIA, J. N. **Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de Eucalyptus urophylla.** SCIENTIA FORESTALIS, Anhembi, n. 65, p.120-129, jun. 2004.

LOGSDON, N. B. **Influência da umidade em propriedades da madeira.** 1998. 174p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MACIEL, M. A. **Estudo das propriedades mecânicas da algaroba para uso como elemento estrutural.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2019.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da Madeira.** 4 ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2012. 208 p.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. 6. ed. rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 241 p.

PIRES, I. E.; FERREIRA, C. A. **Potencialidade do Nordeste do Brasil para reflorestamento**. São Paulo, 1983. 445 p.

RIBASKI, J.; DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; NASCIMENTO, C. E. S. **Algaroba (Prosopis juliflora): Árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira**. Comunicado Técnico 240, EMPBRAPA, Colombo - PR, 2009. 8 f., ISSN 1517-5030.

SILVA, H. D.; PIRES, I. E.; RISBASKI, J.; DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; SOUZA, S. M.; FERREIRA, C. A. **Comportamento de essências florestais nas regiões áridas e semiáridas do Nordeste: resultados preliminares**. EMBRAPA-DID, Brasília – DF, 1980.

¹ Graduado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF - Campus Juazeiro/BA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Professor. Doutor em Engenharia Civil / Estruturas. Bacharel em Direito. Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Campus Juazeiro/BA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2825-9220>