

PAINÉIS DE PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS FABRICADOS COM ESPÉCIES DE MANEJO DA REGIÃO DA CAATINGA DO BRASIL

HOMOGENEOUS PARTICLEBOARD MANUFACTURED WITH TROPICAL HARDWOOD SPECIES FROM THE CAATINGA BRAZILIAN NORTHEASTERN

NASCIMENTO, Maria Fátima do
CHRISTOFORO, André Luis
BERTOLINI, Marília da Silva
CHAHUD, Eduardo
LAHR, Francisco Antonio Rocco
roccoesc@hotmail.com

RESUMO

A presente proposta tem como foco a utilização das espécies de madeiras da caatinga da região nordeste do Brasil, resistentes a estiagem, para fabricação de painéis de partículas de madeira. Foram realizados procedimentos para a fabricação dos painéis homogêneos com matéria prima das espécies: Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Algaroba (*Prosopis juliflora*) e Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*). Foram investigadas as propriedades: densidade aparente, resistência à tração paralela e perpendicular às faces; módulo de elasticidade e de resistência na flexão estática e arrancamento de parafusos. Os ensaios foram realizados segundo as recomendações do documento normativo americano ASTM 1037:1996. Os resultados obtidos foram comparados com as propriedades dos painéis usualmente comercializados, fabricados com madeiras das espécies *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora*, obtendo-se valores altamente satisfatórios, apresentan-

do os melhores resultados das propriedades mecânicas os painéis feitos com partículas de madeira de Jurema Preta.

Palavras-chave: Caatinga, flexão estática, tração, arrancamento de parafusos, densidade.

ABSTRACT

This research focuses on the use of tropical hardwood species from the caatinga of northeastern Brazil, resistant to drought, for the manufacture of particleboard. Procedures were carried out for the production of homogeneous panels with raw material of species: Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Algaroba (*Prosopis juliflora*) and Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*). The response-variables investigated were: bulk density, tensile strength parallel and perpendicular to faces; modulus of rupture and modulus of elasticity in static bending and tearing of screws. The tests were performed according to the recommendations of the American standard ASTM 1037:1996. The results were compared with the properties of the panels usually marketed, manufactured with *Pinus elliottii* and *Corymbia citriodora* wood species, getting yourself highly satisfactory values, showed better mechanical properties the panels made with Jurema Preta wood particles.

Keywords: Caatinga, bending, traction, tearing of screws, bulk density.

INTRODUÇÃO

Detentor de enorme diversidade de espécies de madeira, o Brasil ainda é conhecido pela avidez com que nele vêm sendo explorados os recursos florestais nativos, muitas vezes desconsiderando os conceitos básicos de sustentabilidade. São evidentes as graves consequências desta postura nas diferentes regiões do país (NASCIMENTO, 2008).

Entretanto, no caso da região Nordeste cabem algumas considerações específicas. Apesar das propaladas dificuldades vivenciadas em razão do rigor de alguns fatores climáticos, na caatinga há significativas áreas de matas nativas, com diversas espécies resistentes a períodos prolongados de baixa incidência de chuvas. Cada vez mais cresce o interesse por estudos que permitam a adequada avaliação do emprego de tais recursos, sempre atentando para a exploração racional, acompanhada de reposição da cobertura florestal retirada, e para o necessário conhecimento das propriedades das essências disponíveis (NASCIMENTO et al., 2007). Tecnologia adequada, apoio financeiro e qualificação da mão-de-obra local são os outros aspectos que integram o cenário da região, com expressivos ganhos nas áreas social, ambiental e econômica.

Nestas condições, a caatinga e suas reservas florestais constituem um desafio a ser enfrentado por instituições e pesquisadores: o da transformação do semiárido em área de intensa produção florestal, explorada criteriosamente e sustentada por políticas de reflorestamento com as essências naturais mais promissoras.

A região Nordeste do Brasil é formada por contrastes naturais, o seu litoral banhado pelas águas do Atlântico, trazendo belezas incomensuráveis atraindo turistas de todo mundo, e a parte interiorana dos Estados que compõem a região, retratando o sofrimento da população do sertão, agreste e seridó. A proposta deste trabalho é voltada para o setor interior da região e visa explorar suas potencialidades.

Segundo o Programa Nacional de Florestas (PNF), o nordeste brasileiro é composto por nove Estados: Piauí, Sergipe, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará, Alagoas, Maranhão e Paraíba. Sua área é de aproximadamente 1.600.000 km². Cerca de 800.000 km² a 1.000.000 km² são ocupados pela vegetação de caatinga. Esta área dispõe de expressivas espécies nativas forrageiras, que têm sido utilizadas de modo aleatório, sem preocupação com o seu potencial e com o uso das terras. É composta de vegetação xerófila (área seca), localizada no interior do NE, ocupando 55% da região (LIMA, 1996).

Ross (1996), em sua publicação *Geografia do Brasil*, definiu caatinga como sendo a região de matas secas, abertas, e decíduais. Estas matas são ricas em espécies vegetais. Seu desenvolvimento se dá sobre um solo fértil que pode ser arenoso ou pedregoso. As plantas da caatinga estão adaptadas às condições climáticas com fisiologia para sobreviver à seca. Pode-se, ecologicamente, definir cinco tipos de caatinga:

- Caatinga seca não arbórea: os vegetais crescem em grupos, há predomínio de cactáceas, não ocorrendo árvores;
- Caatinga seca arbórea: predomínio do pau-pereiro e arbustos isolados;
- Caatinga arbustiva densa: são bosques densos com árvores isoladas;
- Caatinga de relevo mais elevado: são bosques densos com pluviosidade alta;
- Caatinga do chapadão do Moxotó: ocorre no plano arenoso com cactáceas arbóreas.

Um dos aspectos mais relevantes do desafio a vencer diz respeito à definição de aplicações convenientes para a matéria-prima fornecida pelas reservas florestais da caatinga. Tendo em mente a componente econômica da questão, evidencia-se o interesse de se alcançar os subsídios tecnológicos para viabilizar o fortalecimento da indústria de base florestal da região. Por esta razão, o foco principal deste trabalho consiste na fabricação de chapas de partículas de madeira a serem confeccionadas com espécies da caatinga.

O sertão, o agreste e o seridó do Nordeste brasileiro são caracterizados por uma vegetação diversificada. Segundo Silva (1994), na avaliação do estoque lenhoso do Estado da Paraíba, as tipologias de vegetação encontradas são:

- Tipo 2 (T2): compreende áreas com vegetação lenhosa aberta, onde o estrato dominante é o arbustivo. O solo normalmente é pedregoso e raso. Este tipo é classificado como caatinga arbustiva-arbórea aberta.
- Tipo 3 (T3): é caracterizado pela vegetação lenhosa fechada com presença de dois estratos hori-

zontais distintos: o arbustivo, com altura de três a quatro metros, e o arbóreo, entre seis e oito metros. O solo é fértil. Este tipo é classificado como caatinga arbustivo-arbórea fechada.

- Tipo 4 (T4): a vegetação é lenhosa e fechada, com presença de um estrato dominante de altura entre seis e dez metros. Este tipo é encontrado em topos de serra. O solo é fértil. Este tipo é classificado como caatinga arbórea fechada.

- Tipo 5 (T5): a vegetação é lenhosa arbórea fechada, com estrato superior entre doze e quinze metros de altura. Neste tipo, além das espécies de caatinga, encontram-se espécies da mata úmida, ambas com fustes longínquos.

De modo geral, estes quatro tipos de vegetação servem de parâmetro para os outros Estados do Nordeste do Brasil. Nesta pesquisa os tipos T2, T3, e T4 são os de maior interesse para fabricação das chapas de partículas homogêneas.

Embora as espécies da região nordeste aqui avaliadas, Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Algaroba (*Prosopis juliflora*) e Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*), não tenham sido e nem devam ser, a curto e médio prazo, objeto de melhoramentos genéticos, como é o caso dos *Eucalyptus* e dos *Pinus*, utilizados nas regiões sul e sudeste na produção de chapas de partículas, espera-se demonstrar a sua adequação como matéria-prima para permitir a expansão da indústria à base de madeira no agreste.

Invariavelmente, o sertão semiárido e o agreste são fontes geradoras de polêmicas e incertezas, em particular quanto à aplicabilidade e aproveitamento das espécies de madeira para o seu desenvolvimento. Preconceitos diversos marginalizam sua utilização como fonte rentável e ajudam a cristalizar situações de miséria e abandono, reduzindo as perspectivas da região (NASCIMENTO, 2008). Assim sendo, este trabalho, com espécies de madeira da região, faz parte de uma pequena parcela, de muitas outras futuras, de profissionais de Arquitetura, Construção Civil e de Engenheiros de Materiais, os quais poderão se inserir na luta para maior desenvolvimento e melhor qualidade de vida aos sertanejos.

Já no que diz respeito aos painéis de partículas, a norma brasileira ABNT NBR 14.810-1:2006 define chapas de madeira aglomerada como sendo as elaboradas com partículas de madeira em forma de painel, com espessura variando de 3 mm a 50 mm, constituído por partículas de madeira aglomeradas com resinas naturais ou sintéticas, termofixas, sob a ação de pressão e calor. A geometria das partículas e sua homogeneidade, os tipos de adesivos, a densidade e os processos de fabricação podem ser modificados para produzir produtos adequados aos usos finais específicos (MALONEY, 1977; TONISSI, 1988). Durante o processo de fabricação, podem ainda ser incorporados aditivos para prover painéis de características especiais.

Com relação a estudos sobre painéis de partículas desenvolvidas com o uso do adesivo a base de uréia-formaldeído, utilizado na elaboração dos materiais do presente trabalho, algumas pesquisas podem ser citadas, como as de Akbulut e Koç (2006), Yemele et al. (2008), Akgüla e Çamlıbelb (2008), Abreu et al. (2009) e Saffian et al. (2011), objetivando a caracterização física e mecânica dos materiais desenvolvidos com madeiras usualmente comercializadas e não.

Este trabalho objetiva investigar propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas homogêneas confeccionados com espécies de madeiras do Nordeste do Brasil e comparar os resultados obtidos com os oriundos de painéis fabricados com espécies de madeira usualmente comercializadas, possibilitando julgar a potencialidade dos materiais alternativos fabricados.

MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento da parte experimental do trabalho, ocorrido nas dependências do Laboratório de Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (EESC-USP), foram empregadas três espécies de madeira do nordeste do Brasil, sendo estas: Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*) e Algaroba (*Prosopis juliflora*), escolhidas em função de sua

disponibilidade nas regiões do agreste, seridó e sertão, bem como pelo seu bom desempenho no processo de fabricação das painéis de partículas homogêneas (PPH).

O adesivo utilizado na confecção dos materiais é à base de uréia-formaldeído, de especificações: densidade de 1,25 a 1,13 g/cm³, ponto de ebulição em torno de 100°C, viscosidade entre 400 e 1000 cP a 25°C e pH variando entre 7,4 a 7,8., adotado em função do seu bom desempenho observado nas fases iniciais de estudo do processo de fabricação dos PPH e também por ser comumente empregado no meio industrial para a produção de chapas partículas.

As espécies de madeira inicialmente ocupavam a forma de toretes com aproximadamente 150 cm de comprimento com 15 a 20 cm de diâmetro. Após o processamento, as partículas obtidas foram selecionadas em peneiras com malha de 2,8 mm, secas para um teor de umidade próximo de 12% sendo posteriormente misturadas com a resina. Nesta fase, os materiais ainda permanecem sem adesão, com aparência semelhante a uma farinha. Estes são colocados em um molde seguido da aplicação de uma pré-prensagem para o ganho de coesão, e posteriormente colocados na prensa hidráulica com temperatura de prensagem de 140°C. O processo de prensagem dos compostos consistiu no emprego de uma pressão 4,5 MPa durante 3 minutos, seguido do alívio de pressão da prensa por um período de 30 segundos e posterior emprego da pressão de 4,5 MPa durante 10 min, totalizando tempo de prensagem de 10min com 30seg para liberação de gases. Este procedimento foi empregado para confecção de todas as chapas e observou-se que não ocorreram formações de bolhas e rupturas nos materiais.

Foram confeccionadas 30 chapas de partículas de cada uma das três espécies de madeira investigadas, nas dimensões 350 × 350 × 10 (mm). Todos os corpos de prova foram confeccionados conforme requisitos do documento normativo americano ASTM 1037:1999. De cada chapa foram retirados 6 corpos de prova para os ensaios de flexão, com o intuito da obtenção do módulo de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR), 12 corpos de prova para os ensaios de resistência à tração paralela (RT) e resistência à tração perpendicular (RTP),

12 corpos de prova para os ensaios de resistência ao arrancamento de parafuso (RAP) e 12 corpos de prova para a obtenção da densidade aparente.

Para efeito de comparação das propriedades físicas e mecânicas, foram adquiridas no mercado da cidade de São Carlos (SP), chapas de madeira aglomerada produzidas industrialmente, tendo como matéria-prima partículas de madeira dos gêneros *Pinus elliottii* e *Corymbia citriodora*, consistindo em 1 chapa por espécie nas dimensões 2750 × 1860 × 10 (mm).

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar se o fator espécie de madeira afeta de forma significativa ou não nas variáveis-resposta investigadas.

Para a ANOVA, a um nível de 5% de significância (α), a hipótese nula (H_0) formulada consistiu em assumir a equivalência de médias entre os tratamentos, e a de não equivalência (pelo menos um dentre os tratamentos) como hipótese alternativa (H_1). P-valor superior ao nível de significância implica em aceitar a hipótese nula, rejeitando-a em caso contrário.

Acusado ser significativo o fator ou a interação entre ambos por resposta investigada, foi-se empregado na sequência o teste de comparações múltiplas de Tukey para o agrupamento e classificação dos grupos.

De forma a validar os resultados obtidos da ANOVA, foram avaliadas a normalidade nas distribuições dos dados (variáveis-resposta) e a homogeneidade entre variâncias, com o auxílio dos testes de Anderson-Darling e Bartlett respectivamente.

Para o teste de normalidade de Anderson-Darling, a um nível de significância de 5%, a hipótese nula formulada consistiu em assumir distribuição normal para os dados, e na não normalidade das distribuições como hipótese alternativa. Dessa forma, P-valor superior ao nível de significância do teste implica em aceitar a hipótese nula (normalidade), refutando-a em caso contrário.

Para os testes de Bartlett e Levene, a um nível de significância de 5%, a hipótese nula formulada consistiu em assumir equivalência entre variâncias, e não equivalência para a hipótese alternativa. P-valor superior ao nível de significância do teste implica em aceitar a hipótese nula, rejeitando-a em caso contrário.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas avaliadas, sendo Sd o desvio padrão e Cv o coeficiente de variação.

Tabela 1. Resultados das variáveis-resposta investigadas.

<i>Corymbia citriodora</i> (comercial)						
Estatísticas	ρ (g/cm ³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	0,75	3031	25	-	-	970
Sd	0,03	2726	35	-	-	11
Cv (%)	3	9	10	-	-	11
<i>Pinus elliottii</i> (comercial)						
Estatísticas	ρ (g/cm ³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	0,84	3643	24	-	-	720
Sd	0,10	2209	16	-	-	8
Cv (%)	6	6	7	-	-	11
Angico						
Estatísticas	ρ (g/cm ³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	1,06	5678	31	12,17	15,5	1820
Sd	0,10	8816	41	13	2	28
Cv (%)	4,95	15	13	11	10	15
Jurema Preta						
Estatísticas	ρ (g/cm ³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	1,10	6009	32	12,25	20	2470
Sd	0,10	7207	31	12	2	18
Cv (%)	4	11	9	9	10	7
Algaroba						
Estatísticas	ρ (g/cm ³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	RT (MPa)	RTP (MPa)	RAP (N)
Média	1,08	5857	34	12,33	17	2300
Sd	0,10	1027	35	11	2	23
Cv (%)	5	18	10	8	10	10

Os valores limites segundo o documento normativo europeu EMB/IS-2:1995 para a densidade, módulo de elasticidade à flexão, resistência à flexão e resistência à tração perpendicular são respectivamente iguais a [0,5g/cm³ a 0,8g/cm³], 2700 MPa, 23 MPa e 0,55 MPa. Para a determinação da resistência ao arrancamento

de parafuso de superfície foi-se utilizado os quesitos da norma brasileira ABNT NBR 15316-3:2006.

Com relação à densidade, os painéis elaborados com madeira *Corymbia citriodora* foram os únicos dentre os demais a respeitar os limites estipulados pela norma européia.

O menor valor médio do MOE foi obtido dos painéis fabricados com madeira *Corymbia citriodora*, e o maior oriundo dos materiais elaborados com madeira Jurema Preta, ambos sendo 12,26% e 122,56% superiores respectivamente ao valor limite estipulado pela norma européia.

O menor valor médio do MOR foi obtido dos materiais fabricados com madeira *Pinus elliotti*, e o maior oriundo dos materiais feitos com madeira Algaroba, sendo 4,35% e 47,82% superiores respectivamente ao valor mínimo da norma EMB/IS-2:1995.

O menor valor médio da RTP foi obtido dos painéis fabricados com madeira Angico, e os maiores oriundos dos materiais elaborados com madeira Jurema Preta, sendo 28,18 e 40 vezes superiores respectivamente ao valor mínimo estipulado por norma.

O menor valor da resistência ao arrancamento de parafuso foi proveniente dos painéis fabricados com madeira *Pinus elliottii* e os maiores oriundos dos materiais elaborados com madeira Jurema Preta, sendo os fabricados com Jurema Preta 2,43 vezes superiores aos elaborados com madeira *Pinus*.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos da Análise de Variância (ANOVA) referente à investigação da influência do fator espécie de madeira sobre as variáveis-resposta ρ , MOE, MOR e RAP, encontrando-se sublinhados os P-valores menores ou iguais a 0,05 (5%), considerados significativos a um nível de confiabilidade de 95% (MONTGOMERY, 2005).

Tabela 2. P-valores do fator espécie sobre as variáveis ρ , MOE, MOR e RAP.

	ρ	MOE	MOR	RAP
P-valor	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>	<u>0,000</u>
R ² (Adjunto)	88,3%	81,1%	77,6%	72,2%

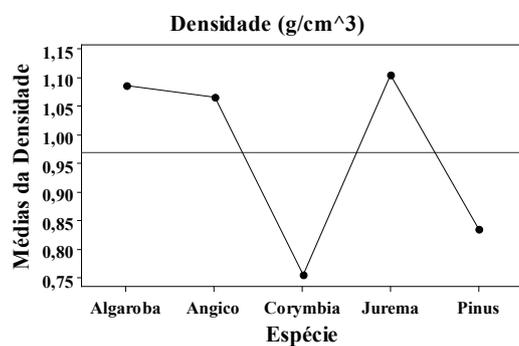
Os P-valores do teste de normalidade e homogeneidade entre variâncias variaram nos intervalos de [0,136; 0,632] e [0,351; 0,713], apresentando serem normais às distribuições e equivalentes às variâncias entre os grupos para cada propriedade investigada (P-valor>0,05), validando o modelo da ANOVA.

A Tabela 3 apresenta os resultados do teste de Tukey das variáveis ρ , MOE, MOR e RAP com relação ao fator espécie de madeira.

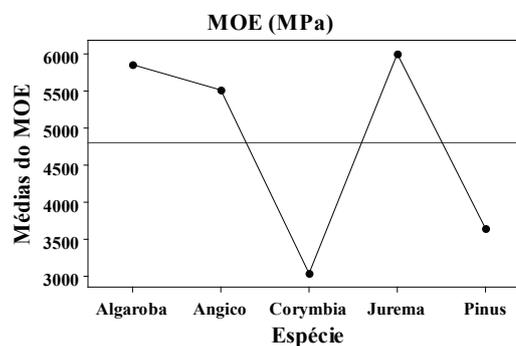
Tabela 3. Resultados do teste de Tukey das variáveis ρ , MOE, MOR e RAP.

	Jurema Preta	Algaroba	Angico	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Corymbia citriodora</i>
ρ	A	A	C	A	B
MOE	A	B	D	A	C
MOR	A	B	C	B	C
RAP	A	B	C	A	D

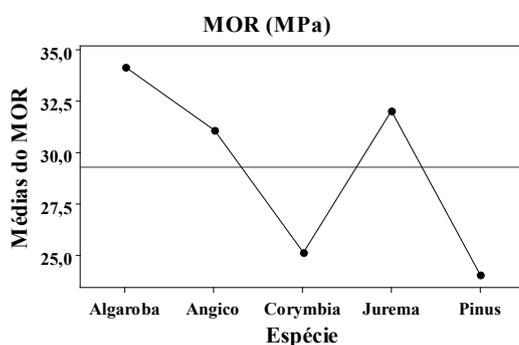
A Figura 1 apresenta os gráficos de efeitos principais do fator espécie de madeira sobre as variáveis-resposta ρ , MOE, MOR e RAP.



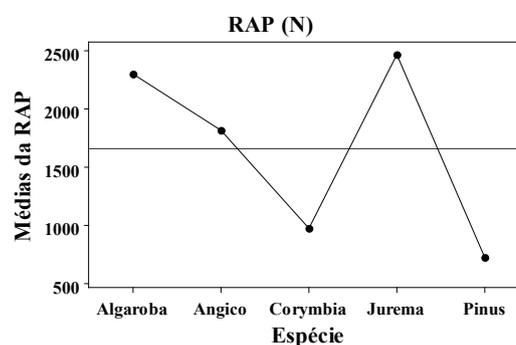
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. Gráficos de efeitos principais do fator espécie de madeira sobre as variáveis-resposta ρ , MOE, MOR e RAP.

Pelos resultados apresentados na Tabela 3, constata-se que os painéis fabricados com partículas de Jurema Preta apresentaram os melhores resultados para as propriedades mecânicas MOE, MOR e RAP, seguido dos painéis feitos com partículas de Algaroba.

Com relação à influência das espécies de madeira Algaroba, Angico e Jurema Preta sobre a resistência a tração paralela e perpendicular dos materiais, os P-valores obtidos da ANOVA foram respectivamente iguais a 0,77 e 0,003, mostrando serem as espécies de madeira significativas na RTP, mas não na RT. A Tabela 4 apresenta os resultados do teste de Tukey para a RTP.

Tabela 4. Resultados do teste de Tukey da RTP.

	Jurema Preta	Algaroba	Angico
RTP	A	B	B

A Figura 2 ilustra o gráfico de efeitos principais do fator espécie de madeira sobre a resistência à tração perpendicular.

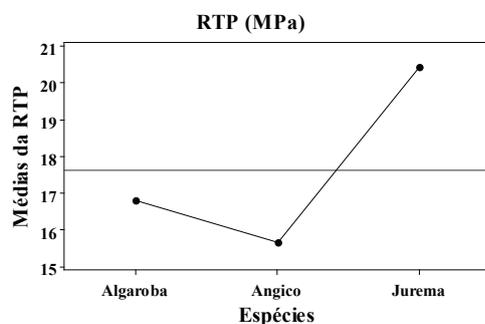


Figura 5. Gráfico de efeitos principais das espécies de madeira Algaroba, Angico e Jurema Preta sobre a RTP.

Para a resistência à tração perpendicular, os painéis fabricados com partículas de madeira de Jurema Preta apresentaram os melhores resultados, seguidos dos painéis feitos com partículas de madeira de Algaroba ou Angico.

DISCUSSÕES

Os painéis elaborados com madeira *Corymbia citriodora* apresentaram os menores valores da densidade, sendo os maiores oriundos dos fabricados com a madeira Jurema Preta. Os materiais feitos com a madeira Jurema Preta apresentaram densidade apenas 1,84% superior aos materiais fabricados com madeira Algaroba, e 10,60% superior aos materiais desenvolvidos com a *Corymbia citriodora*.

O MOE dos materiais fabricados com a madeira *Corymbia citriodora* apresentou os menores valores, sendo os maiores obtidos dos elaborados com a madeira Jurema Preta. Os materiais feitos com a Jurema Preta apresentaram valores de 9,03% e 2,61% superiores aos fabricados com Angico e Algaroba respectivamente, sendo os elaborados com madeira *Pinus elliottii* 20,16% superior aos fabricados com *Corymbia citriodora*.

Os materiais que exibiram os menores valores do MOR foram os elaborados com madeira Pinus, apresentando os maiores valores os fabricados com madeira Algaroba. Os materiais confeccionados com madeira Algaroba apresentaram mostraram ser 9,81% superiores aos elaborados com madeira Angico, e 6,55% superior aos desenvolvidos com a madeira Jurema Preta.

Os materiais que apresentaram os menores valores para a resistência ao arrancamento de parafuso foram os fabricados com a madeira Pinus, apresentando os elaborados com madeira Jurema Preta os maiores valores. Os materiais feitos com Jurema Preta mostraram ser 7,39% superiores aos elaborados com madeira Algaroba, e os fabricados com *Corymbia citriodora* apresentaram ser 34,70% superiores aos feitos com madeira Pinus.

Com relação à resistência a tração paralela, o fator espécie de madeira não mostrou ser significativo, exibindo P-valor superior a 0,05, implicando na equivalência entre os valores oriundos de cada uma das espécies de madeira utilizadas nos materiais.

A madeira Angico apresentou os menores valores para a resistência a tração perpendicular, sendo os maiores valores provenientes dos fabricados com madeira Jurema Preta. A RTP dos materiais feitos com

Jurema Preta foram em média 7,39% e 21,73% superiores aos elaborados com as madeiras Angico e Algaroba respectivamente, e os fabricados com Algaroba mostraram ser 7,35% superiores aos desenvolvidos com madeira Angico

CONCLUSÕES

A região de caatinga é constituída de grande potencial de espécies de madeira com altura variando de 3 m a 15 m e com tortuosidades. A capacidade de manejo e reflorestamento na região oferece condições para utilização das madeiras de modo sustentável e com possibilidades de alta produtividade, haja vista o desenvolvimento rápido das espécies estudadas que, aos sete anos já oferecem condições de manejo.

Pelos resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas, constata-se ser possível produzir, em laboratório, painéis de partículas homogêneas com madeiras da caatinga com valores médios e variabilidade de propriedades equivalentes às chapas fabricadas em escala industrial. Esta conclusão vale para matéria-prima oriunda de áreas de reflorestamento ou de espécies provenientes da caatinga do nordeste do Brasil, com densidade variando de 0,95 a 1,04 g/cm³.

Em linhas gerais, os painéis fabricados com partículas de madeira de Jurema Preta apresentaram os melhores resultados para as propriedades mecânicas investigadas, sendo estes superiores aos dos painéis produzidos em escala industrial, fabricados com partículas de madeira de *Pinus elliotii* e *Corymbia citriodora*.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. B.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. Aproveitamento de resíduos de painéis de madeira gerados pela indústria moveleira na produção de pequenos objetos. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.171-177, 2009.

AKBULUT, T.; KOÇ, E. The effect of the wood species on the roughness of the surface and profiled areas of medium density fiberboard. *Wood Research*, v 51, n 2, p 77-86, 2006.

AKGÜLA, M.; ÇAMLIBELB, O. Manufacture of medium density fiberboard (MDF) panels from rhododendron (*R. ponticum* L.) biomass. *Building and Environment*. Part Special: Building Performance Simulation, Volume 43, Issue 4, pp. 438–443, 2008.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS – ASTM 1037. **Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials**. Philadelphia, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14810: **Chapas de madeira aglomerada - parte 2: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT - NBR 15316-3: **Chapas de fibras de média densidade. Parte 3: Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Caatinga um bioma exclusivamente brasileiro**. www.acaatinga.org.br, 2012.

CARVALHO, A. M. **Edição mapa do Brasil e suas regiões**. Laboratório de Estruturas de Madeira (LaMEM). Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) - Universidade de São Paulo (USP) - São Carlos (SP), 2003.

EMB-EUROMDFBOARD MDF. **Medium density fiberboard definition**. Test Methods and Requirements. Industry Standard. Part I: Generalities EMB/IS - 1:1995 and Part II: Requirements for General Purpose Boards. EMB/IS-2, 1995.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Associação de Plantas do Nordeste (PNE). EMBRAPA. Pernambuco. 44p, 1996.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco. 672p, 1997.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 6ª edition, Arizona, John Wiley & Sons Inc., 2005.

NASCIMENTO, M. F. **Chapas de partículas homogêneas - madeiras do nordeste do Brasil**. In: Francisco Antonio Rocco Lahr. (Org.). Derivados da Madeira - Produtos. Derivados da Madeira - Produtos. São Carlos: USP/EESC, v. 01, p. 93-116, 2008.

NASCIMENTO, M. F.; LAHR, F. A. R.; CARVALHO, A. **Fabricação de chapas de partículas homogêneas com madeiras nativas e exóticas do semiárido do Brasil**. In: Eduardo Chahud. (Org.). Reciclagem de Resíduos para a Construção Civil. Reciclagem de Resíduos para a Construção Civil. Belo Horizonte: FUMEC/FEA, v. 01, p. 313-365, 2007.

PROGRAMA NACIONAL DE FLORESTAS (PNF) - **Ministério do meio ambiente**. www.mma.br, 2002.

ROSS, J. L. S. **As características climáticas do território brasileiro**. Geografia do Brasil. EDUSP. São Paulo. p. 101 - 109, 1996.

SAFFIAN, H. A. et al. Feasibility of manufacturing a medium density fibreboard made of 4-year old rubber tree RRIM 2020 clone. **Key Engineering Materials** - Composite Science and Technology, Vol. 471, pp. 839-844, 2011.

SILVA, J. A. **Avaliação do estoque lenhoso. Inventário florestal do estado da Paraíba**. Desenvolvimento Florestal Integrado no Nordeste do Brasil. Projeto PNUD/FAO/IBAMA/BRA/87/007. DC.21. Paraíba. 15p. www.ibama.br, 1994.

TONISSI, J. L. **Madeira e seus derivados na construção civil**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Universidade de São Paulo (USP), São Carlos (SP). 137p, 1988.

YEMELE, M. C. N. et al. Effects of bark content and particle geometry on the physical and mechanical properties of particleboard made from black spruce and trembling aspen bark. **Forest Products Journal**, vol. 58, issue 11, pp. 48-56, 2008.