

CAPÍTULO 42

PAINÉIS AGLOMERADOS HOMOGÊNEOS DE MADEIRA PRODUZIDOS COM PINUS, PALHA DE MILHO, POLIETILENO TEREFTALATO E POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081142

SOUZA; MATHEUS [1]; CAZELLA; PEDRO H. S. [1]; RODRIGUES; FELIPE R.[1]; PEROSSO; MARJORIE B. S.[1]; SILVA; SÉRGIO A. M.[1]

[1]UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – UNESP.

EMAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: MV.SOUZA@UNESP.BR

RESUMO: Este estudo se constituiu da produção de painéis aglomerados homogêneos de madeira com pinus, densidade nominal de 650 kgf/m³, palha de milho, polietileno tereftalato e adesivo poliuretano derivado de óleo de mamona. Propôs-se misturas de pinus com palha de 85-15%, 70-30%, 50-50%, 30-70% e 100% de palha e pinus, considerando-se a adição de 10% de polietileno tereftalato e poliuretano derivado de óleo de mamona sendo prensados com 50kgf/cm², 110⁰C em 10min, objetivando-se melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, que foram avaliadas utilizando-se a NBR14810:1;2/2018. Os resultados obtidos indicaram a possibilidades de uso dos painéis na construção civil e empresas moveleiras.

PALAVRAS-CHAVES: Painéis aglomerados Homogêneos, Palha de milho, Polietileno Tereftalato e Adesivo Poliuretano derivado de Óleo de Mamona.

ABSTRACT: This study consisted of the production of homogeneous particleboard with pine, nominal density of 650 kgf/m³, corn straw, polyethylene terephthalate and polyurethane adhesive derived from castor oil. Mixtures of pine with straw of 85-15%, 70-30%, 50-50%, 30-70% and 100% of straw and pine were proposed, considering the addition of 10% polyethylene terephthalate and polyurethane derivative of castor oil being pressed with 50kgf/cm2, 110℃ in 10min, aiming to improve its physical and mechanical properties, which were evaluated using NBR14810:1;2/2018. The results obtained indicated the possibilities of using the panels in civil construction and furniture companies.

KEYWORDS: Homogeneous Particleboard, Corn Straw, Polyethylene Terephthalate and Polyurethane Adhesive derived from Castor Oil.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país com a maior área de florestas do mundo, correspondendo cerca de 493,5 milhões de hectares compostos por florestas nativas e plantadas (SNIF, 2016)(1). De acordo com Buzo & Silva (2018)(2), o frequente uso de madeiras nativas promoveu exploração indiscriminada das florestas naturais, prejudicando a sustentabilidade para futuras gerações e para o meio ambiente.

A escassez de espécies de árvores nativas no Brasil tem justificado pesquisas que visam utilizar resíduos agroindustriais (VISNARDI, 2010)(3). Uma alternativa é o aproveitamento de madeiras de dimensões e/ou qualidades inferiores para a produção

de painéis aglomerados (GUIMARÃES JÚNIOR, 2008)[4].

O Milho (*Zea Mays L.*) é um alimento cultivado em todos os continentes, originário das américas, sua produção só perde para o arroz e o trigo (CASTRO, G. S. A. *et al*)[5]. Atualmente é 15% consumido pela indústria alimentícia e na produção de elementos colantes, espessantes e óleos e,85% para alimentação animal. Na Europa e Estados Unidos ele é utilizado para a produção de etanol (CASTRO, G. S. A. *et al*)[5]. Entre 2019/2020 o Brasil teve cerca de 18.527,3 mil ha de área plantada, tendo previsão para 2020/2021 de 19.717, 5 mil ha, mostrando assim um cultivo de grande potencial econômico (CONAB, 2021)[6].

A utilização de compósitos lignocelulósicos nas indústrias de polímeros têm se tornado frequente devido ao seu reforço em matrizes poliméricas. E a utilização de plásticos, devido ao seu poder poluidor em função do longo período de degradação, tem sido frequentemente reutilizado em larga escala para várias aplicações (CATTO, *et* all., 2014)[7].

Segundo estudos de Sugahara & Silva (2018)[8] o óleo de mamona possibilita a produção de um adesivo poliuretano bi-componente, ou seja, uma parte composta de óleo de mamona (poliol) e a outra desenvolvida com derivados do petróleo (pré-polímero). O PU-Mamona é um adesivo biodegradável e sustentável, que vem sendo utilizado em pesquisas para produção de painéis derivados de madeira.

Considerando a possibilidade de uso da madeira de pinus em misturas com palha de milho e polietileno tereftalato (PET) em diferentes proporções, esse trabalho produziu e avaliou painéis aglomerados empregando como aglutinante o adesivo poliuretano derivado de óleo de mamona, com o objetivo de melhor as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram adquiridas tábuas de Pinus *ellioti* e palha de milho no comércio local de Ilha Solteira. As partículas de polietileno tereftalato foi fornecido pela Global PET SA, localizada no município de São Carlos-SP e o adeviso de Poliuretana derivado do óleo de mamona foi fornecida pela empresa Imperveg® no município de Aguaí-SP, Brasil.

2.1 Preparação dos materiais para produção dos painéis

Para produção dos painéis, inicialmente as tábuas de pinus foram processadas em plaina desengrossadeira e transformadas em maravalhas, em seguida, utilizando-se um moinho de facas e peneira com abertura 12mm, foram obtidas as partículas de pinus.

As partículas de pinus obtidas foram separadas inicialmente em peneirador elétrico com peneiras com de aberturas entre 6 a 1,18mm e, em seguida, com base na NBR14810 1-2/2018[9-10], foram colocadas em estufa à temperatura de 105°C ± 3°C, até atingirem umidade inferior a 5%.

As palhas de milho foram adquiridas verdes e deixadas por dois dias secando ao sol com o objetivo de diminuir a umidade antes de serem trituradas. Após avaliar visualmente que as palhas haviam perdido umidade, passando da coloração verde para

amarela, foram submetidas ao mesmo processo de trituração das maravalhas de pinus.

Com relação ao PET foram utilizadas partículas de dimensões irregulares e que possuíam comprimento médio de aproximado de 2,36mm. Esse material, após aferição da umidade, verificou-se que se apresentavam com 0% de umidade.

Foram realizados ensaios para determinação da composição granulométrica das misturas das partículas utilizando-se um método adaptado com base na ABNT (1997b; 2003)[11], objetivando-se calcular a porcentagem da massa retida e acumulada em cada peneira e determinar o módulo de finura das partículas.

2.2 Produção dos painéis

Para produção dos painéis foram elaboradas 07 misturas com diferentes proporções de partículas de pinus e palha de milho, conforme apresentado na Tabela 1.

Nomenclatura	% de Pinus	% de Palha de Milho	% de PET	% de PU
MISTURA 1	100 %	0 %	0%	10%
MISTURA 2	100%	0%	10%	10%
MISTURA 3	85%	15%	10%	10%
MISTURA 4	70%	30%	10%	10%
MISTURA 5	50%	50%	10%	10%
MISTURA 6	30%	70%	10%	10%
MISTURA 7	0%	100%	10%	10%

Tabela 1 – Proporções e misturas dos materiais

Utilizando-se das misturas propostas, foram produzidos painéis homogêneos com densidade nominal de 650 kg/m³ empregando-se 10% da massa seca de partículas em adesivo PU-Mamona, que por se constituir de dois componentes, a homogeneização do adesivo nas partículas foi realizada adicionando-se inicialmente o poliol e em seguida o pré-polímero em intervalos de homogeneização de 5 min.

Os painéis foram prensados com força de 50kg/cm² e temperatura de 110°C, sendo utilizados 5 minutos de prensagem com um intervalo de 30 segundos para a liberação dos gases, seguidos de mais 5 minutos para finalização da prensagem do painel. Após prensagem, os painéis foram submetidos ao um período mínimo de 72h para estabilização de cura do adesivo em condições normais de temperatura e pressão.

Em seguida foram refiladas as bordas dos painéis para remoção da região que não obteve compactação adequada e para definir dimensões 35x35cm, objetivando a preparação dos corpos-de-prova para realização de ensaios de resistência à Flexão Estática e Tração Perpendicular, com base na NBR 14.810- 1 e 2 (2018)[9-10].

Para avaliação dos painéis, inicialmente foram realizados os ensaios para avaliação das propriedades mecânicas Flexão Estática, Modulo de Elasticidade e Tração Perpendicular, em seguida os ensaios para avaliação das propriedades físicas Densidade, Umidade, Inchamento e Absorção de umidade em 24h.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Determinação da composição granulométrica das misturas

Na Tabela 2 observa-se que a maior quantidade de partículas de pinus, palha milho e PET se concentram nas peneiras com malhas entre 2,360 à 0,590mm.

		PINUS		PALHA DE MILHO		PET	
Peneira		Massa (g)	Retido %	Massa (g)	Retido %	Massa (g)	Retido %
N°	Malha (mm)						
1/4"	6,300	0,00	0,00%	0,09	0,26%	0,00	0,00%
4	4,750	1,50	4,23%	1,03	2,93%	0,00	0,00%
8	2,360	20,30	57,22%	11,31	32,19%	0,13	0,37%
16	1,180	12,91	36,39%	15,29	43,52%	22,97	65,95%
30	0,590	0,76	2,14%	6,38	18,16%	9,71	27,88%
50	0,297	0,01	0,03%	0,98	2,79%	1,39	3,99%
100	0,149	0,00	0,00%	0,05	0,14%	0,59	1,69%
Total	-	35,48	100,00%	35,13	100,00%	34,79	100,00%

Tabela 2 – Composição Granulométrica de pinus, palha de milho e PET

De acordo com Alves (2013)[12] partículas de madeira que proporcionam melhor desempenho aos painéis se encontram entre 2 à 6mm, e conforme descrito por P. Klímek et al. (2016)[13], partículas com maior comprimento contribuem para a resistência à flexão, e as de menor comprimento, contribuem para a resistência à tração perpendicular dos painéis.

3.2 Densidade dos painéis e a Razão de Compactação

A Razão de Compactação (F) foi determinada considerando-se a relação entre a densidade aparente dos paineis e a densidade das misturas (M) de maravalhas (densidades em Kg/cm^3). Foram obtidos os seguintes valores de F para M1 (875/103-) F= 8,50; para M2 (826/103) F = 8,26; para M3 (963/104) F = 9,26; para M4 (942/105) F = 8,97; M5 (891/108) F = 8,25; M6 (1030/116) F = 8,88; M7 (1001/141) F = 7,10. Ressalta-se que as densidades das maravalhas foram determinadas com umidade entre 3 a 5%.

3.3 Absorção 24h, inchamento 24h e teor de umidade

Os valores médios de Absorção (AA24h), Inchamento (IE 24h) e Teor de umidade (TU), são apresentados na Tabela 3.

MISTURAS	AA24h (%)	IE 24h (%)	TU (%)
PM1	**77,10** (± 11,43)*	**26,18** (± 10,29)	8,70 (± 1,97)
PM2	**91,78** (± 14,14)	**29,68** (± 7,42)	5,44 (± 3,95)
PM3	61,96 (± 25,65)	25,94 (± 2,99)	8,45 (± 2,55)
PM4	64,01 (± 15,07)	24,75 (± 9,13)	8,85 (± 2,08)
PM5	59, 66 (± 11,17)	17, 11 (± 8,29)	9, 02 (± 1,51)
PM6	**34, 53** (± 11,53)	**13,94** (± 12, 62)	8,74 (± 2,52)
PM7	**29,77** (± 11,74)	**10,83** (± 20,31)	8,44 (± 6,59)
100% de palha de milho no miolo do painel (Silva et al, 2015)[14]	164	72	-
100% palha de milho misturada no painel (Silva et al, 2015)[14]	189	80	-
Teca + 10% PET (Ferreira & Knuth, 2019) [15]	72 (± 12,35)	10,70 (± 11,22)	6,28

* () coeficiente de variação

Tabela 3 – Valores médios de Absorção, Inchamento e Teor de umidade obtidos por meio de ensaios e alguns valores pesquisados na literatura corrente.

De acordo com os objetivos desse estudo e considerando os valores das propriedades físicas dos painéis apresentados das misturas (PM) na Tabela 3, verifica-se que, tanto o incremento da palha de milho como da PET e do adesivo PU-Mamona em painéis propiciaram melhorias nas propriedades físicas, os PM6 e os PM7 apresentaram AA24h e IE24h inferior quando se comparado os PM1 de referência. O **IE24h** dos PM7 à **10,83%** foi o menor valor de inchamento encontrado em comparação ao PM1 **26,18%**. O pior resultado porém, foi quando se adicionou PET com pinus (PM2) **AA24 91,78%** e **IE24h 29,68%**, evidenciando assim que a subistituição de palha melhorou significativamente as propriedades dos painéis.

Vale ressaltar que em comparação com as referências bibliográficas citadas na Tabela 3, nos painéis das misturas estudadas, quase todos tiveram um desempenho melhor nas suas propriedades. Os valores encontrados na literatura, foram de **AA24h: 164%, 189% 72%** e o **IE24h: 72%, 80%, 10,70%** respectivamente. Logo atribui ao uso da resina as melhorias das propriedades físicas.

Segundo Fiorelli et all. (2012)[16], a resina Poliuretana (PU) derivada de óleo de mamona, além de garantir resistência mecânica aos painéis, melhora suas propriedades de resistência à água, enquanto que, comparativamente com a resina Ureia Formaldeído (UF) são encontrados baixas resistências à água.

3.4 Propriedades mecânicas

Com base nos valores obtidos com os ensaios para determinação das propriedades físicas dos painéis, foram produzidos novos painéis para avaliação de suas propriedades mecânicas e, consequentemente, optou-se por selecionar as misturas M5, M6 e M7,

por serem constituídas com os quatro elementos objeto de análise dessa pesquisa, ou seja, a madeira de pinus, a palha de milho, a PET e a PU-Mamona

Na Tabela 4 são apresentados os valores das médias do Módulo de Elasticidade (MOE), Módulo de Resistência à Flexão Estática (MOR) e Resistência a Tração Perpendicular (TP).

MISTURAS	MOE (MPa)	MOR (MPa)	TP (MPa)
M5	1906 (± 9,69)*	16,81(± 5,81)	0,72 (± 14,59)
M6	**2339** (± 6,72)	**26,55** (± 6,12)	**0,96** (± 12,61)
M7	**2080** (± 6,60)	**28,99** (± 5,31)	**1,18** (± 9,06)
100% de palha de milho no miolo do painel (Silva et al, 2015)[14]	872	6,3	0,14
100% palha de milho misturada no painel (Silva et al, 2015)[14]	710	5,0	0,08
Teca + 10% PET (Ferreira & Knuth, 2019)[15]	-	-	0,57 (± 24,33)

* () coeficiente de variação

Tabela 4 – Valores de MOE, MOR e TP.

Com relação às propriedades de resistência e rigidez dos painéis, verifica-se na Tabela 4 que os valores médios determinados se mantêm em conformidade com o comportamento das propriedades físicas determinadas, ou seja, a presença da palha de milho, da PET e da PU-Mamona misturados com madeira de pinus, melhoraram essas propriedades em comparação com os estudos observados na literatura corrente, conforme pode ser observado nas referencias apresentadas na Tabela 4. Ressalta-se que as propriedades de resistência e rigidez dos painéis se apresentam com valores médios com a mesma ordem de grandeza entre si.

4 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas nos estudos preliminares para caracterização de painéis aglomerados homogêneos, produzidos com misturas de madeira de pinus, palha de milho, PET e PU-Mamona, constataram-se forte interação entre os materiais estudados. Ao se comparar os resultados obtidos com os valores mínimos das propriedades físicas e mecânicas propostas pelo documento normativo NBR14810-2/2018[10-11], observa-se que os painéis produzidos com as misturas M5, M6 e M7 estão condizentes com o documento normativo em referência.

Outro aspecto muito importante está relacionado com a possibilidade de emprego da palha de milho, PET e PU-Mamona na composição de misturas de painéis aglomerados de madeira de pinus; constituindo uma importante alternativa para o emprego desse produto de modo geral na Construção Civil e na indústria moveleira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior - CAPES pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa e ao grupo MAC - Materiais Alternativos de Construção (Unesp - Ilha).

REFERÊNCIAS

1. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS - SNIF. **Serviço Florestal Brasileiro**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: http://snif.florestal.gov.br/ptbr/conhecendo-sobre-florestas. Acesso em: 03 mai. 2021.

2. BUZO, A. L. S. C**;** SILVA, S. A. M**.Painéis aglomerados produzidos com partículas de pinus e bagaço de cana empregando-se ureia formaldeído e poliuretano à base de mamona**. 2018. 12-38 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Estruturas) – Faculdade de Engenharia, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, SP.

3. VISNARDI, O. C. *et* al. Produção e Avaliação Física de Chapas de Partículas de Bambu da Espécie Dendrocalamus giganteus. In. XII Encontro Brasileiro em Madeira e Estrutura de Madeira, Lavras, Minas Gerais. **Anais do XII EMBRAMEM**, 2010.

4. GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. **Painéis de madeira de eucalipto: estudo de caso de espécies e procedências**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

5. CATTO, A. L. *et* al. Influence of coupling agent in compatibility of post-consumer HDPE in thermoplastic composites reinforced with eucalyptus fiber. **Mat. Res**. São Carlos, v. 17, supl. 1, p. 203-209, 2014

6. CASTRO, G. S. A. *et al*. **XV Seminário Nacional Milho Safrinha- Livro de Palestras**: Desafios no Cultivo do Milho Safrinha. 1. ed. Sete Lagoas, MG: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2019. p. 9-35.

7. CONAB. **SÉRIE HISTÓRICA DAS SAFRAS**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20. Acesso em: 31 mai. 2021.

8. SUGAHARA, E. S; SILVA, S. A. M**. Painéis aglomerados produzidos com partículas de eucalipto e bagaço de cana com adesivo ureia formaldeído e poliuretano à base de mamona**. 2018. 61-68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Estruturas) **–** Faculdade de Engenharia, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, SP.

9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT. NBR 14810-1**: painéis de partículas de média densidade: parte 1: terminologia. Rio de Janeiro, 2013a.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT. NBR 14810-2**: painéis de partículas de média densidade: parte 2: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013b.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

12. ALVES, L. S. **Aproveitamento de Resíduos de Empresas Moveleiras da Região de São José do Rio Preto para Confecção e Avaliação de Painéis Aglomerados**. Ilha Solteira, 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2013.

13. KLÍMEK, P.*et* al. Using sunflower (Helianthus annuus L.), topinambour (Helianthus tuberosus L.) and cup-plant (Silphium perfoliatum L.) stalks as alternative raw materials for particleboards. **Industrial Crops and Products**, vol.92 (2016) 157–164.

14. Silva *et* al. MDP com partículas de eucalipto e palha de milho. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 853-862, dez. 2015.

15. Ferreira, E.S; Knuth. APropriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de Tectona grandis produzidos com adição de diferentes teores de PET. **IV CBCTEM – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**, Santarém -Pará, Outubro de 2019.

16. FIORELLI, J. *et* al. Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: An eco-efficient product. **Industrial Crops And Products**, Amsterdam, v. 40, p.69-75, 2012.