

PAINÉIS HOMOGENIOS DE PARTÍCULAS UTILIZANDO RESIDUOSSílvia Marana Nasser¹ Ivaldo de Domenico ValareLli² Andréia Archangelo³ Hanilton Marana Nasser⁴

RESUMO: Na atualidade, pesquisas com painéis em madeira e outros materiais lignocelulósicos, como o bambu, casca de amendoim, casca de arroz, bagaço de cana de açúcar entre outros, ganharam espaço no cenário nacional, no tocante ao aproveitamento dos resíduos agroindustriais. Seguindo essa iniciativa, este trabalho teve como objetivo, determinar a densidade, segundo a NBR 14810-2 (2013), variando a proporção de casca de amendoim (A) em painéis de partículas de alta densidade, que utilizam resíduo de bambu (B) na composição, em condições secas na indústria moveleira e de construção civil. Para tanto, foram produzidos corpos de prova com partículas aglomeradas em quatro traços, com densidade alvo dos de 850 kg/m, utilizando-se como adesivo a resina poliuretana bi componente a base de óleo de mamona, na proporção de uma parte de polioliol para uma parte de pré polímero (12% da massa de partícula = 157,52g). Os resultados analisados indicaram que os traços contendo bambu e amendoim, apresentaram valores de densidade dentro da faixa de valores definidos na NBR 14810-2 (2013), com bom potencial para fabricação de painéis de partículas Tipo P4, para uso em condições secas.

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais, resistência física, resistência mecânica.

ABSTRACT: Currently, researches with wood panels and other lignocellulosic materials, such as bamboo, peanut bark, rice husk, sugar cane bagasse and others, gained space in the national scenario, regarding the use of agroindustrial residues. According to NBR 14810-2 (2013), the objective of this work was to determine the density of peanut hulls (A) in panels of high density particles using bamboo residue (B) In composition, in dry conditions in the furniture industry and civil construction. For this, test specimens were prepared with agglomerated particles in four traces, with a target density of 850 kg / m, using the bi-component polyurethane resin based on castor oil, in the ratio of one part polyol to A prepolymer part (12% particle mass = 157.52g). The results showed that the traces containing bamboo and peanut presented density values within the range of values defined in NBR 14810-2 (2013), with good potential for the production of Type P4 particle board for use in dry conditions.

Keywords: Agroindustrial waste, physical resistance, mechanical resistance.

¹ Acadêmica do Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, CEP 17033-360, Bauru (SP), Brasil. silvianasser@gmail.com.

² Eng.º Mecânico, Dr. Professor do Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, CEP 17033-360, Bauru (SP), Brasil. ivaldo@feb.unesp.br.

³ Acadêmica do Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP, CEP 17033-360, Bauru (SP), Brasil. andrea.archangelo@gmail.com.

⁴ Acadêmico do Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, “Universidade Tecnológica Federal do Paraná” UFTPR, CEP 86300-000, Cornélio Procópio (PR), Brasil. marana5@msn.com.

1. INTRODUÇÃO

Visando alcançar modernidade e riqueza, as grandes nações foram estimuladas a explorar indiscriminadamente os recursos naturais do planeta além do seu limite de renovação, e lançar no meio ambiente mais dejetos do que a natureza pode absorver, trazendo assim, consequências como as mudanças climáticas, extinção de espécies vegetais e animais, escassez de recursos naturais e poluição.

Segundo Donaire (1995), o meio ambiente sempre foi considerado rico com recursos naturais em abundância, no entanto, a utilização dos materiais de forma disseminada e sem controle, configura uma das principais causas da poluição ambiental, afetando a sociedade, através de uma apropriação indevida do ar, da água e do solo.

Desta forma, a sociedade está sendo obrigada a repensar seus conceitos e investir em novas alternativas de manejo dos recursos e destinação correta dos poluentes, a fim de minimizar os impactos já em curso, evitando novos danos ao meio ambiente e, por consequência, para a vida terrestre.

Com este pensamento, os painéis aglomerados a base de resíduos lignocelulósicos propõem múltiplas aplicações, dentre as quais destacam-se o uso em mobiliário e na construção civil, como divisórias, forros, entre outras, e caracterizam-se pela transformação da madeira, em pequenas partículas, que secas e misturadas são incorporadas à adesivos sintéticos e reconstituídos numa matriz randômica e consolidados através de aplicação de calor e pressão em prensa quente (IWAKIRI, 2005).

Quando comparado a madeira, o emprego do bambu apresenta, vantagens e benefícios como baixo custo, leveza, possibilidade de curvatura, superfície lisa, coloração atrativa, resistência à tração comparável à do aço, resistência à compressão superior à do concreto, grande rigor estético e excelentes resultados na fabricação de móveis, estruturas, tubulações, drenos e habitações (PEREIRA, 2006).

Ainda para Pereira (2001), o bambu é uma matéria prima renovável, de baixa densidade, alta flexibilidade e de baixo custo, cujo aproveitamento industrial ainda é pouco explorado no setor comercial brasileiro. Produtos processados à base desse material, como painéis aglomerados e laminados podem substituir, ou até mesmo evitar, o corte e a extração predatória de florestas tropicais entre outros meios naturais sujeitos a extração de madeiras.

Paralelo ao uso do bambu em painéis, produtos reciclados e reutilização dos resíduos gerados pela agroindústria, é uma alternativa que vem demonstrando relevância cada vez maior no sistema econômico e na preservação ambiental. Desta forma o emprego de alguns desses resíduos, estão sendo utilizados com sucesso na confecção dos painéis de partículas, assim como a casca de amendoim. O percentual de casca do amendoim após beneficiamento, representa 30% da produção do grão, e seu principal uso é atualmente combustível para caldeiras e alimento bovino.

Sendo assim, uma opção para agregar valor a este resíduo, está na adição da casca do amendoim particulada na fabricação de painéis, estimando-se custos inferiores em relação aos painéis de madeira aglomerada. As propriedades mecânicas desses painéis, permitem sua aplicação em diversas áreas da construção civil, arquitetura e indústria moveleira.

Para a agroindústria brasileira esse cenário é favorável, pois o país apresenta inúmeros resíduos lignocelulósicos com potencial de aproveitamento para a fabricação de novos materiais, como, por exemplo, a casca de amendoim, CARASCHI et al. (2009).

Frente a essa realidade, a produção de painéis a base de casca amendoim e bambu apresenta caráter inovador, sustentável e econômico, uma vez que sua produção, utilizando resíduos, visa à redução no descarte dos mesmos, além de agregar valor a um material que seria frequentemente, descartado ou desperdiçado nos processos de fabricação de bens de consumo não duráveis, como por exemplo, nas indústrias alimentícias que os utilizam como matéria prima.

O presente trabalho visa desenvolver e avaliar painel de alta densidade de bambu da espécie *Dendracalamus giganteus* a partir da variação no percentual de partículas de casca de amendoim com adesivo de resina poliuretana bi componente a base de óleo de mamona.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais, desde a fabricação dos painéis de partículas, bem como os ensaios de densidade, foram orientados pela NBR 14.810 (2013) - Painéis de partículas de média densidade, parte 1 - Terminologias, e parte 2 - Requisitos e métodos de ensaios. Para tanto, foram construídos painéis homogêneos de alta densidade utilizando partículas de bambu, casca de amendoim e resina poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona.

O bambu para confecção dos painéis foi da espécie *Dendracalamus giganteus*, com colmos de 4,5 anos de idade, proveniente de rejeitos da colheita do colmo (galhos e parte apical), de trabalhos realizados por alunos do programa de Pós Graduação e Iniciação Científica do Laboratório de Processamento da Madeira e Laboratório de Experimentação com Bambu do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – Universidade Estadual Paulista - Campus Bauru.

A casca de amendoim de qualidade variada, foi obtida do processo de beneficiamento do grão, realizado por uma indústria alimentícia localizada no município de Torrinha interior do estado de São Paulo.

A resina adicionada como aglutinante para a formação do colchão, foi a poliuretana a base de óleo de mamona, fabricada pela Plural Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., localizada no município de São Carlos/SP, sendo o poliól identificado como Lecopol E 0921 e o isocianato (pré polímero) Lecopol F 0911.

As partículas de bambu e casca de amendoim, foram obtidas em picador industrial da marca Lippel Metal Mecânica, modelo TM 30,

trituradas e picadas, e posteriormente classificadas em agitador elétrico com três peneiras de dimensões 50 x 50 x 10 cm, cujas malhas são, a primeira, ASTM ¼ de polegada com abertura de 6,35 mm, logo abaixo uma com malha ASTM 7 (7 mesh) com abertura de 2,83 mm, e finalmente a terceira com malha ASTM 20 (20 mesh), e abertura de 0,84 mm. O conjunto conta com uma base, totalmente fechada para retenção das partículas finas, que foram descartadas.

Utilizou-se para a composição dos painéis com dimensões de 320 x 380 x 12,7 mm, a porção de partículas retidas em todas as três malhas. Os painéis foram compostos com partículas de bambu e casca de amendoim, prensados com densidade alvo de 850 kg/m³ (painel de alta densidade) e 12% de adesivo, referente a massa total do painel, resultando em 157,52 g, peso este de cada unidade. Os resíduos foram pesados e separados em suas referidas proporções conforme Tabela 1, assim como a parcela de pré-polímero e de poliól, utilizando uma balança eletrônica de marca Marte, modelo BL 3200H com carga máxima para 3200 g, e resolução de 0,01g.

Tabela 1: Composição dos painéis de partículas relacionando a quantidade de material por traço

Resina/material (%)	100%(B)	90%(B) + 10%(A)	80%(B) + 20%(A)	70%(B) + 10%(A)
Partículas de Bambu (B)	1.312,70	1.181,40	1.050,10	918,90
Partículas de Casca de amendoim (A)	0,00	131,30	262,60	393,80
Adesivo Mamona (Poliol) E0921	78,76	78,76	78,76	78,76
Adesivo Mamona (Isocianatol) F0911	78,76	78,76	78,76	78,76

Os componentes da resina foram adicionados e misturados manualmente e depois adicionados às partículas, sem que o processo de endurecimento dificultasse a trabalhabilidade, prejudicando a homogeneização da massa.

Considerando o tempo de cura, e em posse dos materiais nas quantidades necessárias, para cada traço de painel, realizou-se a mistura manualmente, em seguida com agitador, adaptado à furadeira industrial de marca Makita, modelo HP 2050, potência 720 W, mandril de 13 mm, com uma haste metálica cilíndrica na extremidade, e batedor de massa leve, em recipiente com capacidade para 85 Lts, com o

propósito de conseguir uma mistura homogênea. O tempo de mistura com agitador para cada traço foi de cinco minutos.

Definidos os parâmetros de fabricação, a mistura foi depositada em formas de madeira, com quadro metálico, apoiada sobre chapa de aço inoxidável, revestida com filme de poliéster, para evitar adesão das partículas na chapa, e apoio do colchão. A distribuição da mistura foi feita de forma cuidadosa e manual, a fim de obter um painel o mais homogêneo possível.

O colchão foi submetido a pré-prensagem à frio, utilizando-se um dispositivo de madeira com braço em forma de alavanca, com uma carga

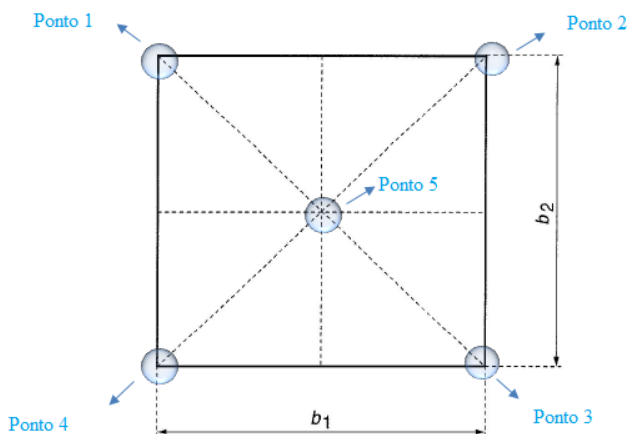
suficiente sobre o colchão de partículas, objetivando-se diminuir a espessura deste, e proporcionar-lhe consistência e estabilidade, para possibilitar seu encaixe entre os pratos da prensa, dando início ao ciclo de prensagem.

Neste experimento, o colchão de partículas foi prensado com limitador metálico de altura com 12,7 mm, com o objetivo de estabelecer a espessura final do painel, depositado entre placas metálicas aquecidas da prensa hidráulica de marca PHS Máquinas Hidráulicas Ltda. O tempo de prensagem foi de 10 minutos, sob pressão aproximada de 195 bar, e temperatura dos pratos de 110°C. Após a prensagem, os painéis permaneceram por 72 horas em ambiente controlado para completar a cura da resina, e posteriormente, recortados em Serra Circular Esquadrejadeira da marca VERRY, para retirada dos corpos de prova com dimensões conforme orientações do documento normativo NBR 14810-2 (2013), que serviu como base para gerar o plano de corte.

2.1 Determinação da densidade

A determinação da densidade caracteriza-se pela obtenção da massa e do volume dos corpos de prova retirados dos painéis, para cada traço T1, T2, T3 e T4, com base na NBR 14810-2/2013. Para tanto, utilizou-se paquímetro marca Mitutoyo com resolução de 0,01 mm na determinação do comprimento (b_1) e largura (b_2), conforme Figura 1, micrometro digital de marca Mitutoyo com abertura de 0–25 mm e sensibilidade de 0,0001 mm para determinar a espessura, e balança digital de fabricação Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g, para avaliação da massa.

Figura 1: Pontos de medida dos corpos de prova.



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Para fins de validação das densidades, foram registradas as espessuras destes, por meio da média de cinco pontos distintos das amostras, sendo uma medida efetuada no centro e as demais próximas aos vértices, com resolução de 0,01mm conforme demonstrado na Figura 1.

Para o cálculo da densidade, aplicou-se a equação de densidade (Equação 1), e equação do volume do CP (Equação 2):

$$D = \frac{M}{V} \times 1.000.000 \quad (1)$$

$$V = L \times C \times E \quad (2)$$

Sendo:

D → Densidade do corpo de prova, em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3);

M → Massa do corpo de prova, em gramas (g);

V → Volume do corpo de prova, em milímetros cúbicos (mm^3);

L → Largura do corpo de prova, em milímetros (mm);

C → Comprimento do corpo de prova, em milímetros (mm);

E → Espessura do corpo de prova, em milímetros (mm).

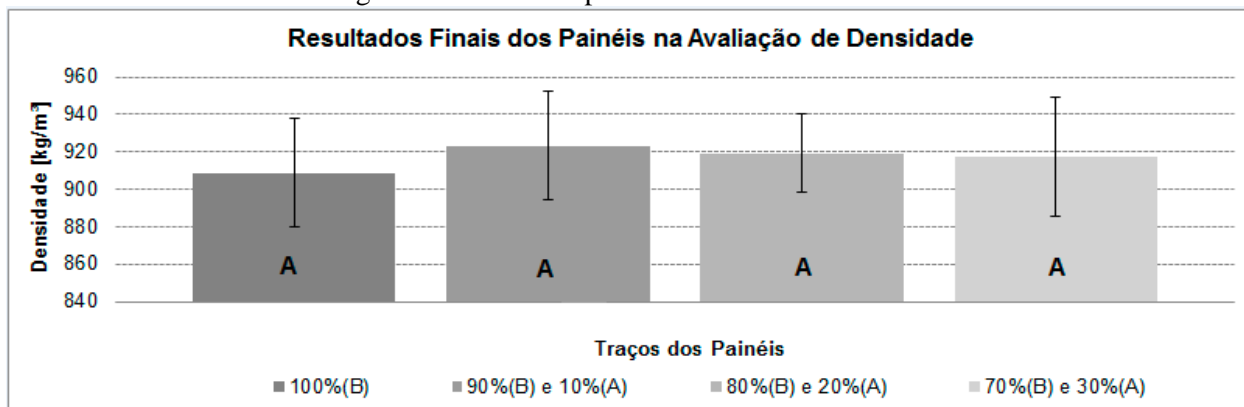
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a obtenção dos valores de densidade foram destinados 10 corpos de prova para cada traço, cortados nas dimensões de 50 x 50 mm numerados, medidos e pesados, resultando em um valor médio de densidade para cada traço.

A análise das médias para o fator densidade entre os traços T1, T2, T3 e T4, demonstra que os resultados apresentaram números dentro do que especifica a norma NBR 14.810-2 (2013), cujo valor estabelecido é acima de 800 kg/m^3 . A média calculada para os 4 traços estudados foi de 917,20 kg/m^3 , com pouca variação, ficando próximo a densidade alvo desta pesquisa, 850 kg/m^3 , caracterizando painéis de alta densidade.

Entre as chapas de partículas de bambu e casca de amendoim, observou-se que a variação das porcentagens de casca de amendoim, aumenta a densidade do material quando comparado ao compósito com 100% (B) que obteve densidade de 908 kg/m^3 . O melhor resultado para o ensaio de densidade, foi para o traço (T2), com 923,19 kg/m^3 , ficando os traços (T3) e (T4) com valores de 919,24 kg/m^3 e 917,46 kg/m^3 , respectivamente, denotando painéis de alta densidade, recomendados para uso onde é requerida boa resistência mecânica.

Figura 2: Resultados para os cálculos de densidade



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mistura das partículas de casca de amendoim ao compósito, permitiu a produção de um painel leve, com resultado satisfatório quanto a densidade, quando comparado aos valores recomendados pela norma NBR 14810-2 (2013), o que é fundamental para redução do custo de produto, e minimização do consumo de recursos naturais.

Os valores obtidos para painéis com adição de casca de amendoim obtiveram média de 919,96 kg/m³, no entanto o traço 100% (B), valor de referência entre os traços, a variável densidade obteve o menor valor. No entanto todos os traços ultrapassaram o valor alvo de 850 kg/m³, estabelecido para este experimento e de 800 kg/m³ estabelecido pela NBR 14810-2(2013).

O traço (T2) com 90% bambu e 10% casca de amendoim, apresentou melhor densidade, mostrando que a mistura com casca de amendoim melhorou este requisito, e abrindo nova alternativa para utilização de rejeitos agroindustriais na composição de produtos com qualidade visando a aplicabilidade ao ser humano.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 14810-1 – **Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 1: Terminologia**, 3º Ed. Rio de Janeiro/RJ. 2013. p.5.
 ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 14810-2 – **Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**, 3º Ed. Rio de Janeiro/RJ. 2013. p.69.
 BARBIRATO, G; FIORELLI, J; BARRERO N. G; PALLONE, E. M. J. A; LAHR, F. A. R; CRISTOFORO, A. L; SAVASTANO JR, H.

Artigo: Painel Aglomerado Híbrido de Casca de Amendoim Reforçado com Partículas de Madeira Itaúba. Revista: Ciência Florestal, Santa Maria RS, v. 24, n. 3, 2014, p. 685-697.

BATISTELLE, R. A. G; SANTOS, M. F. N; MIYAZATO, T; FREITAS, P. N. P. **Artigo: Análise de Intemperismo Natural em Chapas de Partículas Compostas de Resíduos Agroindustriais.** Revista Madeira Arquitetura e Engenharia, n. 17, ano 6, 2005. P.11

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; CHAMMA, P. V. C. – **Avaliação De Painéis Produzidos A Partir De Resíduos Sólidos Para Aplicação Na Arquitetura.** Artigo Faculdade de Engenharia Florestal Madeireira. Artigo Polímeros vol.19 n°.1, USC São Carlos/SP (2009).

CAVALLI, D. A. L. **Artigo: A cultura do Amendoim – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP – Universidade de São Paulo.** São Paulo/SP. Elaborado por: Casa do Agricultor. 2015. p.7.

CHAMMA, P. V. C. **Tese: Produção de Painéis a Partir de Resíduos Sólidos para Uso como Elemento Arquitetônico - UNESP – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Botucatu/SP** (2004 p.150).

CRAVO, J. C. M. **Dissertação: Compósito Particulado de Baixa Densidade com Casca de Amendoim, Fibra de Cocô Verde e Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona para Aplicação como Forro de Galpões Avícolas.** USP – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Pirassununga/SP (2013 p.169).

DONAIRE, D. – **Livro: Gestão Ambiental na Empresa.** Ed. Atlas São Paulo (1995).

GATANI, M. P; FIORELLI, J; MEDINA, J. C; ARGULLO, R; RUIZ, A; NASCIMENTO, M. F; SAVASTANO JR, H. **Artigo: Viabilidade Técnica de Produção e Propriedades de**

Painéis de Partículas de Casca de Amendoim – Revista *Matéria*. Vol 18. Nº 2 - Artigo 11499, p. 1286-1293, 2013.

IWAKIRI, S. – **Livro: Painéis de Madeira Reconstituída**. Ed. FUPEF, Curitiba/PR (2005, p.123-125).

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J C.; MENESSI, C. H. S. D.; PUEHRINGHER, A.; VENSON, I.; LARROCA, C. – **Artigo: Revista *Árvore***, 28, p.883 (2004).

MATUCHEVSKI, K.; DONEL, F.; NICOLETTI, C.; CERETTA, P.S. – **Artigo: Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. Universidade Federal de Santa Maria/RS (2004).

MONTGOMERY, D.C; RUNGER, G. C. **Livro: Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 5º Ed. Editora LTC, Rio de Janeiro/RJ (2012.p.519)

PEEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Livro: Bambu de Corpo e Alma**. Bauru/SP – Editora Canal 6, 2007. p.240.

VALARELLI, I. D. – **Tese de Livre Docência: Painéis de Partículas de Materiais Alternativos: Produção e Avaliação de Desempenho**. UNESP – Bauru/SP (2016 p.166).

VALARELLI, I. D; AZAMBUJA, M. A.; BATISTELLI, R. A. G; CAMPOS, C. I. – **Artigo: Avaliação do Desempenho de Painéis de Partículas Aglomeradas de Bambu da Espécie *Dendrocalamus Giganteus***. LAMEM 2013, Ed. EESC/USP-São Carlos/SP (2013 p. 179).