

Painéis de partículas elaborados do mesocarpo do dendê como alternativa ao MDF utilizado na construção civil

Particles panels prepared from dendê mesocarp as an alternative to MDF used in civil construction

Cristiane do Nascimento Fernandes¹ , Isabelly Christiny Monteiro de Souza Pinto¹ ,
Raiße Layane de Paula Saraiva¹ , Celso Pires de Araújo Júnior¹ ,
Antonio Eduardo Bezerra Cabral^{1*} , Morsyleide de Freitas Rosa² 

RESUMO

A escassez dos recursos florestais integrada à necessidade de aquisição de produtos mais ecológicos demanda o uso de outros tipos de biomassa, além da madeira no setor construtivo. Diante disso, o mesocarpo do dendê – resíduo oriundo da agroindústria e com grande potencial de utilização para desenvolvimento de novos materiais – surge como alternativa na elaboração de painéis lignocelulósicos em substituição ao MDF (*medium density fiberboard*) convencionalmente utilizado. Dessa forma, o presente trabalho demonstrou a viabilidade da produção e a integridade estrutural desse tipo de painel na fabricação de elementos construtivos a serem empregados na construção civil, mediante estudo comparativo entre suas propriedades com as de painéis de MDF. A metodologia consistiu na realização de ensaios de caracterização dos painéis, por meio da determinação de suas propriedades físicas (absorção de água, inchamento e densidade) e mecânicas (resistência à flexão e módulo de elasticidade), além da morfologia dos painéis produzidos, mediante a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV), análise química (por meio do espectro de infravermelho com transformada de Fourier) e térmica, por meio de curvas termogravimétricas e derivada. Dos resultados obtidos, tem-se que a produção desses painéis sem aglutinantes, obtidos pela incorporação do mesocarpo de dendê, agrega valor à cadeia produtiva do dendê, além de surgir como alternativa aos desafios inerentes à produção tradicional dos painéis de madeira e, conseqüentemente, como opção de elemento construtivo a ser integrado à construção civil.

Palavras-chave: painéis sem aglutinantes; resíduos de dendê; MDF com adição de resíduos; lignina.

ABSTRACT

The lack of forest resources integrated with the need of purchasing more environmentally friendly products requires the use of other types of biomass besides wood in the construction sector. Therefore, the dendê mesocarp – waste arising from the agro-industry and with great use potential in developing new materials – is an alternative in the preparation of lignocellulosic panels to replace MDF (Medium Density Fiberboard), that is conventionally used. Thus, this work demonstrated the feasibility of the production and the structural integrity of this type of panel in the manufacture of building blocks to be used in civil construction through a comparative study of their properties with the MDF panels. The methodology consists in performing characterization tests in panels through determining their physical (water absorption, swelling and density) and mechanical (flexion resistance and modulus of elasticity) properties, besides analysing the morphology of the panels produced by the Scanning Electron Microscopy (MEV) technique, performing a chemical (via infrared spectrum Fourier transform) and thermal analysis through derived thermogravimetric curves. The results obtained suggest that the production of these panels without a binder, obtained by the incorporation of dendê mesocarp, adds value to the production chain of dendê, in addition to emerge as an alternative to the challenges inherent to the traditional production of wood panels and, consequently, is considered as an option of a constructive element to be integrated with the construction.

Keywords: panels without binders; waste of palm; MDF with addition of wastes; lignin.

¹Universidade Federal do Ceará – Fortaleza (CE), Brasil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Fortaleza (CE), Brasil.

*Autor correspondente: eduardo.cabral@ufc.br

Recebido: 23/11/2016 – Aceito: 10/11/2017 – Reg. ABES: 172500

INTRODUÇÃO

Segundo Homma e Furlan Junior (2002), apesar da transformação da madeira em um material de construção de grande valor, a grande quantidade de desmatamentos é alarmante. Mesmo chegando-se a criar, no Brasil, um selo concedido pelo Conselho de Manejo Florestal (FSC — *Forest Stewardship Council*), o qual certifica que a madeira a ser comercializada é explorada de forma sustentável, tal certificação não é direcionada para seu uso posterior.

Para Daian e Ozarska (2009), a questão da sustentabilidade dos sistemas de produção consiste em um problema global que os governos, a indústria e a sociedade enfrentam na indústria da madeira. Garantir ao mercado que toda a cadeia produtiva relacionada à madeira e à gestão dos resíduos gerados na sua fabricação foi monitorada e certificada é complexo. Portanto, tem-se a necessidade de se desenvolver outros materiais, com características semelhantes, que possam vir a ser utilizados na construção civil.

Assim, com os avanços tecnológicos ocorridos mundialmente na indústria da madeira, existe uma variedade de painéis deste material para os mais diversos usos e aplicações, atendendo a praticamente todo tipo de mercado (TORQUATO, 2008). Aliado a isso, a demanda por melhores acabamentos vem ganhando espaço privilegiado nos mercados nacional e internacional da construção civil.

Para atender à intensa procura, uma grande quantidade de materiais é utilizada no processo de fabricação de diversos elementos construtivos, ocasionando um dos maiores problemas da sociedade moderna: a escassez de recursos naturais. Tal fato fez com que o setor enfatizasse a procura por novas alternativas tendo em vista a redução dos impactos ambientais negativos causados, sejam estes oriundos de qualquer setor produtivo, entre eles, o agroindustrial.

Na busca de uma construção sustentável, uma alternativa do setor da construção civil é o uso adequado de resíduos industriais e agroindustriais como matéria-prima (PANYAKAEW; FOTIOS, 2011). Com isso, surgiu no setor a necessidade de incorporar à sua cadeia produtiva mecanismos que possibilitem a fabricação de novos materiais a partir desses resíduos.

Os resíduos gerados a partir do dendê tornaram-se conhecidos graças às plantações da Malásia, em virtude da grande quantidade de biomassa produzida na forma de cachos de dendê e troncos (LAMAMING *et al.*, 2013). As possibilidades de utilização dos resíduos gerados a partir do mesocarpo de dendê são elevadas. Compósitos fabricados a partir do dendê são considerados alternativa viável de material a ser utilizado para substituição da madeira (PASSOS, 2008).

No Brasil, a cultura de dendê foi introduzida por escravizados africanos no início do século XVII, dando origem aos dendezeais subspontâneos no litoral baiano. Voltada para a subsistência de famílias pobres do litoral nordestino, o primeiro cultivo planejado iniciou-se na década de 1960, no estado do Pará, por iniciativa da então Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), com a colaboração do Institut de Recherches pour les Huiles et Oleagineux (IRHO), situado

na França (HOMMA; FURLAN JUNIOR, 2002). O plantio do dendê é característico da região do Equador, sendo esta a principal razão pela qual o Pará é o maior produtor de dendê do Brasil (CEPLAC, 2006).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2015), o Brasil possui o maior potencial mundial para a produção do óleo de dendê, graças aos seus 75 milhões de hectares destinados à dendeicultura. Isso se reflete na geração de resíduos vegetais em abundância, necessitando estes de um reaproveitamento sustentável. Em virtude dessa grande quantidade de resíduos vem-se buscando um destino ecologicamente correto para esses rejeitos. Destacam-se os estudos de Lamaming *et al.* (2013), Hashim *et al.* (2012) e Laemsake Okuma (2000).

Em seu estudo, Lengen (2002) observou a utilização do coquilho do dendê como material alternativo substituindo a brita no agregado do concreto na construção de contrapiso em residências. Já Hashim *et al.* (2012) realizaram sua pesquisa aplicando o uso dos resíduos gerados da casca, das folhas e do tronco do dendê para fabricação de painéis de partículas, constituindo uma forma alternativa para eliminar os riscos referentes à utilização da resina em painéis particulados industriais. A alternativa citada reduz custos, pois segundo Lamaming *et al.* (2013), os elevados custos dos painéis particulados industriais ocorrem em razão do uso de adesivos ou resinas sintéticas na sua produção.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar painéis de partículas elaborados a partir da prensagem do mesocarpo do dendê sem adição de resinas sintéticas, avaliando suas propriedades e comparando-as com as do MDF (*medium density fiberboard*) utilizado comercialmente na construção civil.

Assim, procura-se apresentar a possibilidade de agregar valor ao mesocarpo de dendê e motivar o reaproveitamento desse subproduto — fonte de matéria-prima fibrosa — no desenvolvimento de um novo material, em razão de seu grande potencial para inserção na cadeia produtiva da construção. Isso se justifica em virtude de as fibras do dendê serem constituídas principalmente pela lignina — componente responsável por conferir maior rigidez e capacidade ligante ao material —, o que dispensa, no processo produtivo, a utilização de quaisquer resinas sintéticas, conhecidas por seu potencial cancerígeno.

METODOLOGIA

O procedimento experimental, apresentado na Figura 1, foi realizado, em sua maior parte, na Embrapa — Agroindústria Tropical, localizada em Fortaleza, Ceará, e, parcialmente, no Laboratório Multiusuários da Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), que foi responsável pela caracterização morfológica dos painéis produzidos.

O mesocarpo de dendê utilizado foi cedido pela Embrapa, Amazônia Oriental, e tinha teor de umidade de 10%. Este foi colocado para secar ao sol durante cinco dias, sendo esta uma forma de baratear o processo de secagem. Convém ressaltar que o estudo foi realizado na cidade de

Fortaleza, a qual possui temperaturas médias de 28°C e máximas de 32°C. Contudo, para a reprodutibilidade do processo, convém que industrialmente se faça a secagem por meio de estufas. Após seco, com umidade final em torno de zero, proseguiu-se com a moagem do mesocarpo em moinho *FRITSCH Pulverisette 19*, transformando as fibras em um pó uniforme.

Foi realizada análise termogravimétrica (ATG) da matéria-prima (pó de dendê), ilustrada na Figura 2, a qual apresenta perda de massa em intervalos próximos a 100°C (temperatura relativa à evaporação da água) e entre 147 e 390°C (em razão da degradação dos principais constituintes: hemicelulose, celulose e lignina).

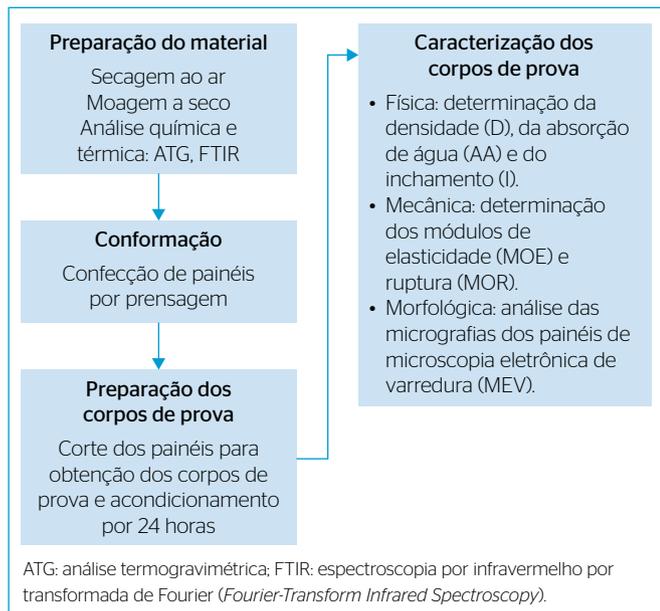


Figura 1 - Fluxograma geral da metodologia empregada.

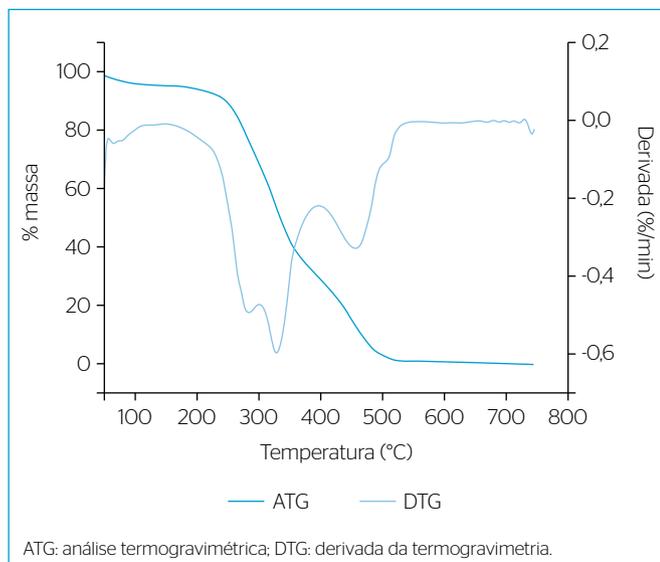


Figura 2 - Curvas termogravimétricas e derivada, DTG (10°C/min, ar sintético).

Conforme a Figura 2, em torno de 150°C, tem-se a degradação da hemicelulose, seguida da celulose (270°C) e da lignina (340°C). A ATG serviu para determinar a faixa de temperatura de prensagem. A temperatura de prensagem foi determinada de modo a reduzir o teor de hemiceluloses sem, no entanto, degradar a celulose que atua como elemento de reforço nos painéis. Um grande teor de lignina favorece as reações de *crosslinking*, responsáveis por aglutinar a matéria-prima no painel, por meio da formação de ligações covalentes na molécula de lignina e entre lignina e furanos (BACK, 1987; CHAN *et al.*, 1985).

Araújo Junior *et al.* (2018) relatam que na faixa de temperatura entre 140 e 210°C ocorre as reações de cura da lignina, responsáveis pela aglutinação dos painéis. Isso dispensa o uso de resinas sintéticas na produção dos painéis. Assim, após 210°C essas reações estão completas, o que justifica o uso de uma temperatura entre 220 e 230°C, em que se inicia o processo de degradação da celulose.

Realizou-se ainda o ensaio de espectroscopia por infravermelho por transformada de Fourier ou *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) no pó de dendê com o intuito de caracterizá-lo, conforme apresentado na Figura 3.

De acordo com a Figura 3, as bandas nas frequências vibracionais de 1.030 e 1.108 cm^{-1} são referentes à celulose. A presença de lignina é caracterizada pela banda em 1.630 cm^{-1} . As hemiceluloses correspondem à banda C=O em 1.730 cm^{-1} .

A seguir, realizou-se a conformação, por prensagem, para que fossem obtidos os painéis. Nessa etapa, o pó foi distribuído uniformemente (Figura 4A) sobre um molde de aço inoxidável com dimensões 11 x 11 cm (Figura 4B). Fez-se a prensagem a quente (Figura 4C) em prensa hidráulica, sendo os painéis produzidos a 220 e 230°C, com tempo de prensagem correspondente a 4 minutos e pressão de 320 kgf/cm^2 . No que tange à faixa de temperatura utilizada, ela foi

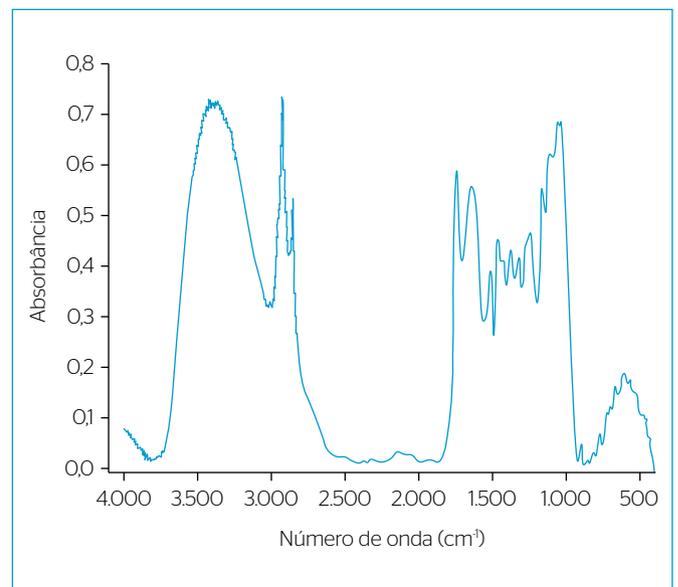


Figura 3 - Espectro de infravermelho da matéria-prima.

determinada conforme Nadhari *et al.* (2013), tendo em vista a fusão da lignina, que ocorre entre 180 e 220°C, uma vez que esta é preponderante na impermeabilização dos painéis.

Posteriormente, realizou-se o corte dos painéis para a obtenção dos corpos de prova, conforme a NBR 15316-2 (ABNT, 2015), seguida pelo acondicionamento destes por 24 horas, com umidade relativa do ar controlada $65\pm 5\%$ e temperatura $20\pm 3^\circ\text{C}$.

Foram cortados 10 corpos de prova 5×5 cm, para cada tipo de painel, para os ensaios de inchamento e de absorção de água, bem como mais 10 corpos de prova de $11 \times 2,7$ cm, também para cada tipo de painel, para que mais adiante pudesse ser realizada a caracterização mecânica destes.

Por conseguinte, realizou-se a caracterização física dos corpos de prova. A densidade foi obtida também conforme a norma NBR 15316-2 (ABNT, 2015), consistindo na relação entre a massa do material e o volume ocupado efetivamente por suas partículas, sem levar em consideração sua porosidade. Foram realizados também os ensaios de absorção de água e o inchamento das amostras, levando-se em consideração a norma supracitada. Para esse ensaio, os corpos de prova tiveram suas espessuras e massas iniciais determinadas, sendo posteriormente submersos em água a 20°C , por 24 horas, e, seguidamente, realizada a nova aferição de seus valores de massa e espessura.

Na caracterização mecânica, foram determinados o módulo de elasticidade (MOE), medido pela razão entre a tensão aplicada e a deformação resultante, dentro do limite elástico, em que a deformação é totalmente reversível e proporcional à tensão; e o módulo de ruptura (MOR), tensão máxima dos painéis desenvolvida em um corpo de prova logo antes que ele sofra rachaduras ou fraturas em um teste de flexão.

Tal caracterização foi realizada utilizando-se uma máquina universal de ensaios da marca EMIC, com célula de carga de 5 kN. A velocidade do ensaio utilizada foi de 1 mm/min, e a distância entre os apoios foi de 80 mm. Os corpos de provas foram acondicionados conforme as prescrições descritas anteriormente. Foram tomadas medidas de largura,

espessura e comprimento, usando um paquímetro digital, com cinco repetições para cada amostra.

Para investigar a estabilidade térmica da amostra foi realizada uma ATG, em que 10 mg de amostra foram aquecidos de 50 até 700°C , a uma taxa de $10^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ e um fluxo de ar sintético de $60 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. O FTIR foi obtido em um espectrofotômetro Agilent, modelo Cary 660, na faixa de 4.000 a 400 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 25 varreduras.

Por fim, fez-se a micrografia eletrônica de varredura (MEV), utilizada para obter a microscopia das amostras, no Laboratório Multiusuários da Geologia da UFC, por meio do equipamento TM3000 Tabletop Microscope Hitachi, utilizando diferentes proximidades, a fim de se determinar as microestruturas dos painéis, bem como a existência de vazios neles.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos por meio dos ensaios de absorção de água e inchamento dos painéis em diferentes condições de processo. É possível observar que os painéis, tanto prensados a 220°C quanto a 230°C , apresentaram valores de absorção de água e inchamento em espessura superiores aos obtidos com painéis comerciais de MDF. Diante desse comportamento, acredita-se que seja necessário realizar um pré-tratamento do material, assim como o realizado por Laesak e Okuma (2000), para eliminar ou reduzir a intensa quantidade de

Tabela 1 – Comparativo dos valores médios de absorção de água e inchamento das amostras.

| Tipo de painel | Absorção de água (%) | Espessura de inchamento (%) |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| Painel de MDF | $18,33\pm 3,70$ | $8,88\pm 1,13$ |
| Painel prensado a 220°C | $38,97\pm 16,47$ | $31,97\pm 13,87$ |
| Painel prensado a 230°C | $27,72\pm 11,54$ | $23,05\pm 15,02$ |

MDF: *medium density fiberboard*.



Figura 4 – Prensagem a quente. (A) Distribuição do pó no molde; (B) molde de aço inoxidável; (C) painel prensado.

óleo, cujo desprendimento é nítido durante o processo de prensagem a quente, uma vez que esse constituinte não agiu de forma a atuar na impermeabilização dos painéis.

Diagnosticou-se também, mediante análise da tabela supracitada, que o aumento da temperatura de prensagem acarreta em uma redução, tanto do inchamento em espessura quanto da absorção de água dos corpos de prova.

Comparando os resultados da Tabela 1 com os dos pesquisadores Lamaming *et al.* (2013) e Hashim *et al.* (2012), tem-se que os valores obtidos no presente trabalho são significativamente menores. Além disso, os painéis atenderam aos requisitos exigidos pela NBR 15316-2 (ABNT, 2015), que prescreve inchamento máximo de 30% em 24 horas, para painéis de alta densidade (HDF – *high density fiberboard*).

Os valores médios das densidades foram 1.240, 1.250 e 950 kg/m³ para os painéis prensados a 220, 230°C e para o MDF, respectivamente. As densidades dos painéis prensados a 220 e 230°C são 30,5 e 31,6% superiores à densidade do MDF, respectivamente. Convém destacar que, segundo Halvarsson (2010), painéis HDF caracterizam-se por sua densidade ser igual ou superior a 800 kg/m³. Ou seja, em realidade, os painéis produzidos possuem densidade 55% superior que a mínima exigida para um HDF.

Acredita-se que a densidade e o acabamento do material estejam extremamente interligados, sendo o HDF geralmente utilizado na fabricação de componentes que necessitam de melhor acabamento. Segundo Sumanthi, Chai e Mohamed (2008), baixa densidade específica não é adequada para esse tipo de material construtivo.

Na Tabela 2, encontram-se os valores obtidos nos ensaios mecânicos dos painéis. As propriedades mecânicas dos painéis revelam um desempenho inferior tanto para os painéis prensados a 220°C quanto a 230°C, quando comparado ao MDF, embora os prensados a 230°C apresentem um MOE superior.

Pode-se observar que o MDF comercial apresentou 38,9 e 2.288,2 MPa para os valores de MOR e MOE, respectivamente. A NBR 15316-2 sugere que placas de uso geral para uso em condições secas (tipo MDF), com espessura entre 4 e 6 mm, devem possuir MOE mínimo de 2.700 MPa e MOR mínimo de 23 MPa. Desse modo, o MDF avaliado atendeu aos requisitos estabelecidos pela norma para os parâmetros mecânicos testados.

Contudo, as amostras com pó de dendê tiveram resultado bem inferior. O painel prensado a 220°C atingiu apenas 51,5% da exigência do MOR e 53,3% da exigência do MOE. Já o painel prensado a 230°C atingiu 43,9 e 98,8% das respectivas propriedades.

Uma possível causa para o desempenho sofrível dos painéis com o pó do dendê é que embora o aumento da temperatura favoreça a diminuição da permeabilidade dos painéis, isso acaba comprometendo o desempenho mecânico. Kollmann, Kuenzi e Stam (1975) explicam que, quando se aplicam elevadas pressões e temperaturas, elas favorecem uma grande densidade de ligações cruzadas, contudo comprometem as propriedades mecânicas do material. Dessa forma, algumas fissuras presentes nos painéis prensados a 230°C podem estar relacionadas ao baixo desempenho mecânico quando comparados aos demais.

A MEV do painel de MDF está ilustrada na Figura 5. Apesar de o ensaio não ser capaz de fornecer boa informação sobre profundidade,

Tabela 2 – Comparativo de desempenho mecânico dos painéis prensados a diferentes temperaturas com o *medium density fiberboard* (MDF) comercial.

| Tipo de painel | MOR em MPa | MOE em MPa |
|----------------------------|------------|------------|
| Painel de MDF | 38,9±4,2 | 2.288,2 |
| Painel prensado a 220°C | 13,9±1,0 | 1.439,5 |
| Painel prensado a 230°C | 10,1±1,3 | 2.668,7 |
| Valor limite (NBR 15316-2) | ≥23,0 | ≥2.700,0 |

MOR: módulo de ruptura; MOE: módulo de elasticidade; NBR: norma brasileira.

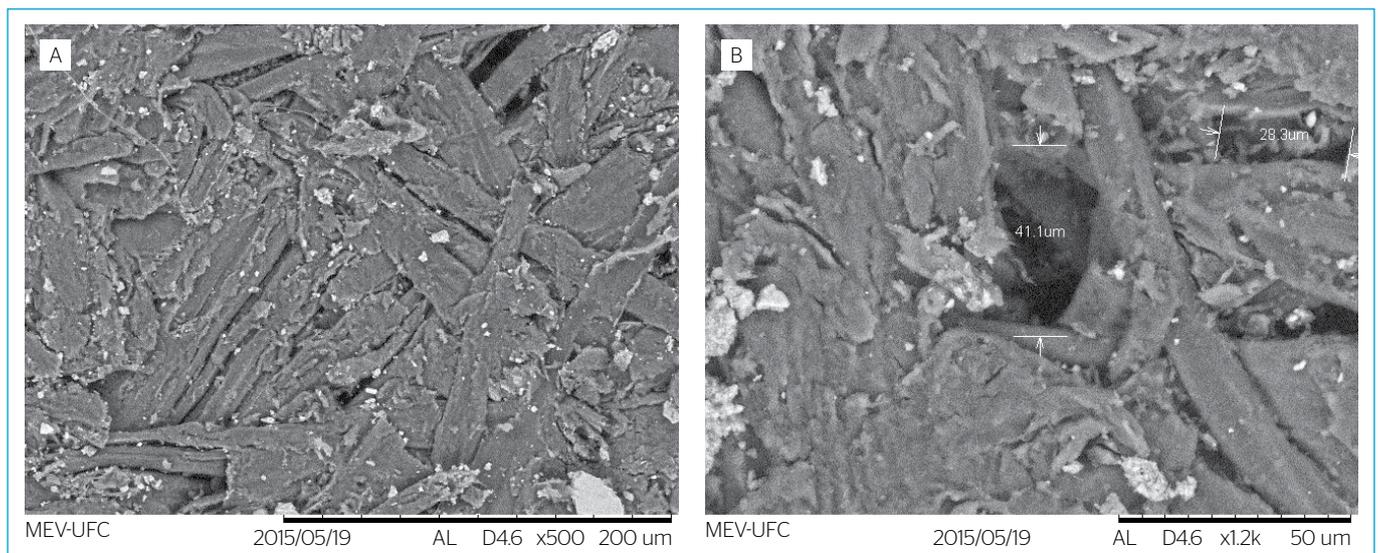


Figura 5 – Micrografia da superfície de painel de *medium density fiberboard* (MDF).

ele permitiu observar diversas fibras entrelaçadas em sua superfície, caracterizando-se como material fibroso. Isso justifica a presença de muitos interstícios, uma vez que as fibras são mais difíceis de se acomodarem, bem como a maior resistência mecânica, conforme apresentado na Tabela 2.

Os painéis prensados a 220°C (Figura 6) apresentaram superfície rugosa e regiões de degradação superficial que expuseram componentes químicos que podem estar relacionados à aglutinação das partículas dos painéis. Acredita-se que tais componentes sejam amidos, uma vez que Hashim *et al.* (2011) afirmam que a presença destes na estrutura geralmente atuam de forma a manter a integridade estrutural dos painéis.

Em razão da maior temperatura de prensagem, os painéis prensados a 230°C (Figura 7) apresentaram mais espaços vazios, por causa da degradação térmica e do processo de degasagem, que compreende a saída brusca de componentes voláteis durante a prensagem.

Embora os painéis apresentem aplicações semelhantes, diferem na sua composição, pois painéis do tipo MDF utilizam uma resina sintética para aglutinar as fibras (ureia-formaldeído, melanina-formaldeído etc.), parafina e sulfato de amônia.

Müller *et al.* (2009) relatam que a principal diferença no FTIR entre a matéria-prima e os MDF que produziram em seu estudo foi a redução das bandas em 1.738 e 1.032 cm^{-1} , relativas à holocelulose. A região

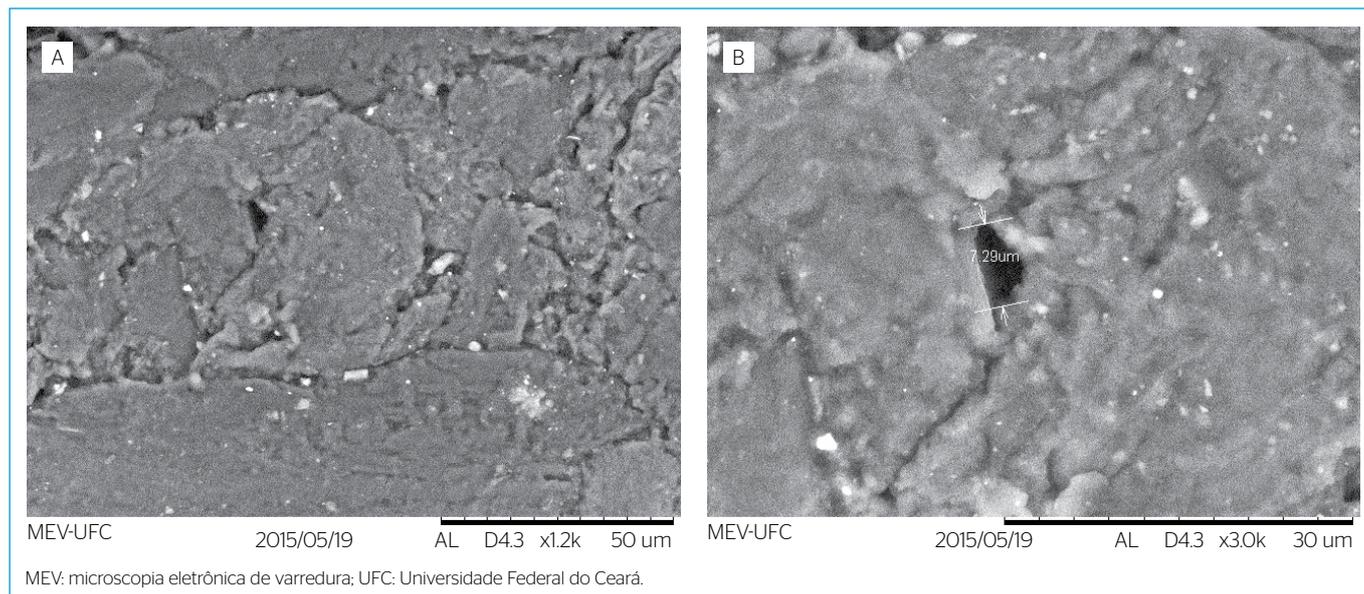


Figura 6 - Micrografia da superfície dos painéis prensados a 220°C.

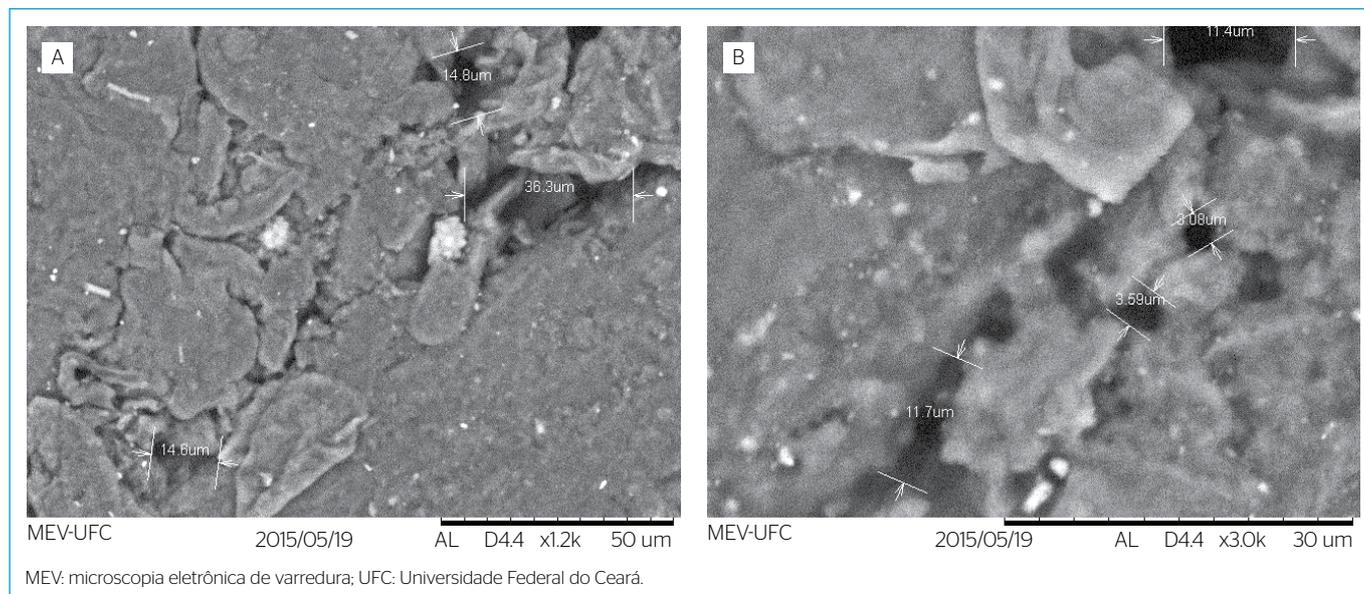


Figura 7 - Micrografia da superfície dos painéis prensados a 230°C.

entre 4.000 e 1.800 cm^{-1} apresentou grandes similaridades, enquanto as diferenças se concentraram entre 1.800 e 850 cm^{-1} . As bandas referentes à resina de ureia-formaldeído aparecem em 3.363 cm^{-1} (relativas à vibração das ligações O-H e N-H); já em 1.704 cm^{-1} , aparece a banda referente ao formaldeído.

Segundo Araújo Júnior *et al.* (2018), que estudaram a produção de painéis de fibra e pó de coco, à medida que a temperatura aumenta na faixa de 200 a 240°C, ocorre redução do teor de hemiceluloses, com o decréscimo da banda em 1.736 cm^{-1} . Os grupos hidroxila presentes nas hemiceluloses estão intimamente ligados à afinidade à água, logo o aumento de temperatura favorece a redução da afinidade por água, conforme relatado na Tabela 1. Condições mais severas de processamento degradam o núcleo aromático da lignina, o que reduz o desempenho mecânico dos painéis (QUINTANA *et al.*, 2009).

CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, pôde-se concluir que é necessário realizar um pré-tratamento do material no processo de fabricação, haja vista que os painéis que utilizaram o pó de dendê, independentemente da temperatura, apresentaram valores superiores de absorção de água e espessura de inchamento, em relação ao painel de MDF comercial (painel de referência). Ainda assim, os painéis lignocelulósicos atenderam aos requisitos de inchamento exigidos pela NBR 15316-2 (ABNT, 2015) para painéis de alta densidade (HDF).

Além disso, ao avaliar a propriedade de densidade dos painéis, aqueles em que se utilizou o pó de dendê apresentaram valores

maiores, possibilitando a obtenção de produtos construtivos com maior acabamento utilizando este material, quando comparados ao painel de referência. Quanto às propriedades mecânicas, os painéis prensados a 230°C apresentaram valores de MOE superiores ao do MDF, porém o MOR obtido foi inferior. Em relação aos prensados a 220°C, por sua vez, verificaram-se valores inferiores a ambas as propriedades mecânicas, em comparação aos outros tipos de painel.

Analisando a microestrutura de todos os painéis, observou-se que os de 230°C apresentaram alguns interstícios e fissuras, enquanto os de 220°C mostraram exposições de componentes químicos, apresentando também uma boa integridade estrutural.

Por fim, verificou-se que foi possível produzir painéis de densidade típicos de HDF apenas com o resíduo do mesocarpo do dendê, sem a necessidade de utilizar resinas sintéticas, embora esses painéis não tenham atendido às exigências normativas das propriedades mecânicas dos painéis tipo MDF. Mais pesquisas devem ser feitas sobre a fabricação desse tipo de painel, tendo em vista que a produção destes agrega valor à cadeia produtiva do dendê, pois além de surgir como alternativa aos desafios inerentes à produção tradicional dos painéis de madeira, desponta como opção de elemento construtivo a ser integrado à construção civil.

FONTE DE FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO JUNIOR, C.P.; COAQUIRA, C.A.C.; MATTOS, A.L.A.; SOUZA FILHO, M.D.S.M.; ANDRADE FEITOSA, J.P.; MORAIS, J.P.S.; FREITAS ROSA, M. (2018) Binderless Fiberboards Made from Unripe Coconut Husks. *Waste and Biomass Valorization*, v. 9, n. 11, p. 2245-2254. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9979-9>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (2015) *NBR 15316-2: Painéis de fibras de média densidade - Requisitos e métodos de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT. 78 p.
- BACK, E.L. (1987) The bonding mechanism in hardboard manufacture review report. *Holzforschung*, v. 41, n. 4, p. 247-258. <https://doi.org/10.1515/hfsg.1987.41.4.247>
- CHAN, W.C.R.; KELBON, M.; KRIEGER, B.B.; OVEREND, R.P.; MILNE, T.A.; MUDGE, L.K. (1985) *Fundamentals of thermochemical biomass conversion*. Londres: Elsevier. p. 219-236.
- COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO PARA A LAVOURA CACAUEIRA (CEPLAC). (2006) Ilhéus: CEPLAC.
- DAIAN, G.; OZARSKA, B. (2009) Wood waste management practices and strategies to increase sustainability in the Australian wooden furniture manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, n. 17, p. 1594-1602. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.07.008>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Amazônia Oriental*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- HALVARSSON, S. (2010) *Manufacture of straw MDF and fibreboards*. Dissertação (Doutorado) - Department of Natural Sciences, Engineering and Mathematics, Mid Sweden University, Suíça.

- HASHIM, R.; NADHARI, W.N.A.W.; SULAIMAN, O.; SATO, M.; HIZIROGLU, S.; KAWAMURA, F.; SUGIMOTO, T.; SENG, T.G.; TANAKAD, R. (2012) Properties of binderless particleboard panels manufactured from oil palm biomass. *BioResources*, v. 7, n. 1, p. 1352-1365.
- HASHIM, R.; SAID, N.; LAMAMING, J.; BASKARAN, M.; SULAIMAN, O.; SATO, M.; HIZIROGLU, S.; SUGIMOTO, T. (2011) Influence of press temperature on the properties of binderless particleboard made from oil palm trunk. *Materials and Design*, v. 32, n. 5, p. 2520-2525. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2011.01.053>
- HOMMA, A.K.O.; FURLAN JUNIOR, J. (2002) Desenvolvimento da dendecultura na Amazônia: cronologia. In: MÜLLER, A.A. *Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p. 193-207.
- KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAM, A.J. (1975) *Principles of wood science and technology*. Nova York: Springer Verlag. v. 2. 728 p.
- LAEMSAK, N.; OKUMA, M. (2000) Development of boards made from oil palm frond II: properties of binderless boards from steam-exploded fibers of oil palm frond. *Journal of Wood Science*, v. 46, n. 4, p. 322-326. <https://doi.org/10.1007/BF00766224>
- LAMAMING, J.; SULAIMAN, O.; SUGIMOTO, T.; HASHIM, R.; SAID, N.; SATO, M. (2013) Influence of chemical components of oil palm on properties of binderless particleboard. *BioResources*, v. 8, n. 3, p. 3358-3371.
- LENGEN, J.V. (2002) *Manual do Arquiteto Descalço*. Rio de Janeiro: Casa do Sonho.
- MÜLLER, G.; SCHÖPPER, C.; VOS, H.; KHARAZIPOUR, A.; POLLE, A. (2009) FTIR-ATR spectroscopic analyses of changes in wood properties during particle and fibreboard production of hard and softwood trees. *BioResources*, v. 4, n. 1, p. 49-71.
- NADHARI, W.N.A.W.; HASHIM, R.; SULAIMAN, O.; SATO, M.; SUGIMOTO, T.; SELAMAT, M.E. (2013) Utilization of Oil Palm Trunk Waste for Manufacturing of Binderless Particleboard: Optimization Study. *Bioresources*, v. 8, n. 2, p. 1675-1696.
- PANYAKAEW, S.; FOTIOS, S. (2011) New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*, v. 34, n. 7, p. 1732-1739. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.015>
- PASSOS, P.R.A. (2008) *Destinação sustentável de cascas de coco (cocos nucifera) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas*. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- QUINTANA, G.; VELÁSQUEZ, J.; BETANCOURT, S.; GAÑÁN, P. (2009) Binderless fiberboard from steam exploded banana bunch. *Industrial Crops and Products*, v. 29, n. 1, p. 60-66. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.007>
- SUMANTHI, S.; CHAI, S.P.; MOHAMED, A.R. (2008) Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 9, p. 2404-2421. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2007.06.006>
- TORQUATO, L.P. (2008) *Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.