

PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS PRODUZIDOS PARA NÚCLEO DE PAINEL SANDUÍCHE

https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081150

PEREIRA; ALEXANDRE ROSIM[1]; ROSSIGNOLO; JOÃO ADRIANO[1]
[1]UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSSISTEMAS- PIRASSUNUNGA – SÃO PAULO
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: ALROPE1973@GMAIL.COM

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar painéis de partículas de subprodutos da agroindústria, para compor núcleos de painéis sanduíche. O uso de painéis na construção civil se refere ao atendimento de requisitos normativos de desempenho. Para uma correta especificação dos painéis deve-se avaliar a durabilidade em relação à água. A discussão proposta neste estudo se deu pela revisão bibliográfica de trabalhos que versam sobre o tema. Este trabalho se dedicou ao estudo das propriedades físicas inchamento da espessura em 24 horas (I) e teor de umidade (UM). Os resultados indicaram o uso comercial geral interno não estrutural em condições secas.

PALAVRAS-CHAVES: Sistema construtivo; componentes; duráveis; sustentáveis; lignocelulósicos.

ABSTRACT: The objective of the study was to develop particleboards made of agroindustry by-products, to compose the sandwich panel cores. The use of panels in civil construction refers to the accomplishment of performance normative requirements. For a correct specification of the panels, the durability in relation to water should be evaluated. The proposed discussion of the study was based on the review of papers over the subject. This paper goal was study of the physical properties thickness swelling in 24 hours (I) and moisture content (UM). The results indicated the general non-structural internal commercial use in dry conditions.

KEYWORDS: Construction system; components; durable; sustainable; lignocellulosics.

1 | INTRODUÇÃO

Alguns dos requisitos para o uso de painéis na construção civil se refere as propriedades resistentes à umidade. Produtos derivados da madeira expostos à fatores degradantes sem tratamento adequado, podem sofrer negativamente alterações em suas propriedades físicas, mecânicas e térmicas. Dessa forma os testes de caracterização de desempenho destes componentes podem conduzir diretrizes de uso adequados de um produto mais durável, consequentemente sustentável e competitivo[(1)].

Segundo a ABNT 15.575-1[(2)] durabilidade é a capacidade de desempenho da edificação ou de seus sistemas, seu comportamento durante ao longo do tempo sob condições de manutenção especificadas por norma. A durabilidade é utilizada como termo qualitativo, para representar o estado em que se encontra a edificação ou seus

sistemas durante sua vida útil[2].

Por ser uma propriedade física caracterizada pela capacidade da madeira absorver a umidade do ar ou do meio ambiente adjacente, a higroscopicidade pode causar variação dimensional nos painéis[3].

Segundo a NBR 14810-2:2013[4], inchamento da espessura é o aumento percentual da espessura que um corpo de prova de um painel apresenta após o ensaio de imersão. Teor de umidade é a porcentagem de água liberada por um corpo de prova de um painel após o ensaio de secagem[4].

A utilização de produtos derivados de madeira tem crescido como uma alternativa para substituir o uso da madeira serrada na construção civil. Entre estes produtos estão os painéis de partículas de média densidade (MDP), o OSB (Oriented Strand Board) e os painéis de fibras de média densidade (MDF)[3].

Estudos demonstram que estes painéis podem ser produzidos com madeiras de reflorestamento, com os resíduos da indústria madeireira e ainda com a associação da madeira a outras fibras naturais como os resíduos da agroindústria. Denominados painéis híbridos, podem ser uma forma de superar algumas limitações em termos de propriedades físicas, mecânicas e térmicas, além de serem uma alternativa sustentável[5].

A norma ANSI A208.1[6] apresenta os requisitos e possíveis aplicações para os painéis de partículas que incluem o uso comercial e industrial geral externo e interno não estrutural em condições secas[6].

Os painéis de partículas podem ser utilizados como componentes de alguns sistemas construtivos da construção civil, um exemplo é a utilização para compor o núcleo de painéis sanduiche. Um tipo de painel sanduiche com núcleo de painel de partículas de madeira balsa foi utilizado como base de rolagem em um sistema alternativo para a construção de uma ponte[7].

Assim a proposta do trabalho é um estudo descritivo, utilizando como método a pesquisa de artigos publicados sobre as propriedades inchamento da espessura em 24 horas (I) e teor de umidade (UM), com o objetivo de comparar resultados com os valores encontrados no estudo experimental de painéis de subprodutos da agroindústria desenvolvidos com partículas de madeira pinus e fibras da casca de coco verde.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil está em uma posição proeminente no setor mundial de produção de painéis de madeira por causa da variedade de produtos que fabrica. Segundo a IBÁ[8], o Brasil ocupava a oitava posição do ranking mundial. Normalmente, a matéria prima dos painéis é proveniente de florestas plantadas, especialmente as espécies de pinus e eucalipto. Porém com o grande crescimento do mercado de painéis, surge o interesse por outros materiais mais sustentáveis como os subprodutos da agroindústria[9].

2.1 Painéis de partículas de subprodutos da agroindústria: pesquisa de estudos recentes

A revisão proposta buscou artigos científicos que objetivaram a análise de painéis de partículas produzidos por qualquer tipo de material lignocelulósico, aplicado

como componente em *núcleo de painéis sanduíche* com potencial de uso na construção civil. A estrutura mais simples de um painel sanduíche é formada por duas faces e um núcleo[10]. Como estratégia de busca utilizou-se em duas bases de dados as seguintes palavras-chave combinadas e inseridas consecutivamente como seguem: *sandwich* and particleboard* and core**.

As buscas ocorreram a partir do ano de 1960 (somente selecionados trabalhos com revisão paritária), os termos deveriam estar no título, no resumo e nas palavras-chave dos artigos. A procura resultou um total de 64 artigos (38 na *Web of Science* e 36 na Scopus), até o ano de 1999 apenas 3 artigos foram publicados, no período entre os anos de 2000 até 2021 notou-se um aumento no número de publicações, porém representam apenas aproximadamente uma e meia publicação por ano. Foi realizada a leitura dos resumos de cada artigo para verificar a conformidade com o tema em questão.

Apenas nove dos artigos pesquisados estudaram painéis tipo sanduíche com faces e/ou núcleos compostos *exclusivamente* de painéis de partículas e fibras de subprodutos da agroindústria. Dez publicações avaliaram o potencial de aplicação dos painéis sanduíche produzidos com painéis de partículas em sistemas de vedação não estrutural.

Constatou-se na revisão que os artigos avaliaram principalmente as propriedades físicas, mecânicas, térmicas e acústicas de painéis tipo sanduíche. No entanto, a utilização dos subprodutos da agroindústria em painéis de partículas como núcleo dos painéis sanduíche e sua aplicação como componente ou elemento construtivo se apresenta incipiente.

O item 2.2, apresenta estudos recentes que trataram do desenvolvimento e avaliação de painéis produzidos com materiais alternativos em substituição à madeira. Os resultados demonstram a pontecialidade de aplicação dos subprodutos na produção dos painéis.

2.2 Estudos recentes sobre as propriedades inchamento da espessura em 24 horas(I) e teor de umidade (UM)

A seguir apresentam-se alguns trabalhos que incluiram tratamentos químicos e térmicos com o objetivo de diminuir a higroscopicidade dos painéis avaliando as propriedades inchamento da espessura (I) e teor de umidade (UM). Os resultados dos estudos e requisitos normativo estão resumidos na Tabela 1.

No estudo de Veloso[9], a medida que se insere o resíduo de Japuti na produção dos painéis de partículas (em substituição ao eucalipto nas proporções 10%, 20% e 30% em relação a massa total) aumenta-se a higroscopicidade, porém conclui-se que utilizando uma porcentagem do resíduo próximo de 10% em substituição ao eucalipto e mesmo com a absorção de água em aproximadamente 65%, o painel atende ao requisito (I) com resultado próximo aos 18%. Ribeiro[11], avaliou o efeito dos diferentes níveis de temperatura no tratamento térmico das fibras da cana-de-açúcar em substituição a madeira para a produção de painéis de partículas. As temperaturas utilizadas foram 170°C, 200°C e 230°C. O estudo demonstrou diminuição da higroscopicidade em 22,67%, redução associada a uma menor acessibilidade da água pela degradação da hemicelulose das fibras. Os resultados para (I) e (UM) atenderam aos requisitos

normativos.

Lee[12], produziu painéis de partículas do tronco da árvore Óleo de Palma associada a madeira da Seringueira na proporção 100%:0%, 70%:30%, 50%:50%, 30%:70% e 0%:100%. Combinou as propriedades repelente do óleo de palma com a aplicação do tratamento térmico para avaliar a redução da higroscopicidade. O estudo apresentou redução significativa da higroscopicidade comparada as amostras sem tratamentos.

Poleto[3], avaliou um protótipo em escala laboratorial produzido com painéis de partículas de média densidade (MDP) de resíduos de Pinus, *Pinus sp*., tratados com CCB (Cromo Cobre Boro) e painéis com resina poliuretana à base de óleo de mamona (PU) e Osmocolor (OC). As propriedades físico-mecânicas foram avaliadas antes e depois dos testes de envelhecimento natural. Os maiores resultados para a absorção de água depois do envelhecimento natural foram 17,29% para (PU) e 18,20% para (OC). Os resultados indicaram a possibilidade de uso dos painéis em sistemas de vedação.

Mirski[13], estudou o aproveitamento dos subprodutos da indústria madeireira. Os painéis produzidos utilizaram partículas de Pinus e pó da madeira sem nenhum processamento nas proporções 70%:30% e 60%:40%. Os resultados indicaram que os painéis podem ser utilizados em sistemas construtivos internos não-estrutural e como núcleos de portas, tampos de balcões e peitoris. Iswanto[14], desenvolveu e testou as propriedades físico-mecânicas e acústica de painéis produzidos com partículas de bambu em três camadas com fibras da palmeira-do-açúcar, do bagaço de cana e partículas de espiga de milho. Os resultados de algumas composições atenderam aos requisitos normativos para as propriedades físicas (I) e (UM).

Barbu[15], avaliou o potencial de painéis de partículas produzidos com os resíduos da indústria cervejeira em substituição à madeira nas proporções 10%:90%, 30%:70% e 50%:50%. Os resultados dos painéis produzidos com 10% de resíduos atenderam aos requisitos de uso em condições secas internas não estruturais.

Diante dos exemplos apresentados, o desenvolvimento de novos trabalhos pode impulsionar as pesquisas sobre o tema e ainda propor componentes construtivos mais sustentáveis e inovadores. A revisão demonstrou o potencial das fibras vegetais pelo bom comportamento das composições dos subprodutos da agroindústria em atendimento aos requisitos normativos. Em alguns estudos, a utilização da fibra da casca de coco verde e os tratamentos térmico e químico se mostraram eficientes para a redução da higroscopicidade.

Dessa forma o estudo dos painéis experimentais deste trabalho se justifica para o bom desempenho, durabilidade e atendimento aos requisitos normativos de componentes construtivos industrializados mais sustentáveis.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os painéis de fibras e partículas homogêneas (Figura 1c) de um dos estudos apresentados (estudo experimental), foram produzidos com dois subprodutos da agroindústria, a fibra da casca de coco verde (Figura 1a), *Cocos nucifera*, e partículas de madeira pinus (Figura 1b), *Pinus* sp.,[16] conforme (Figura 1).

O adesivo usado para a produção dos painéis de subprodutos agroindustriais foi uma resina orgânica bicomponente poliuretana à base de óleo de mamona[16].

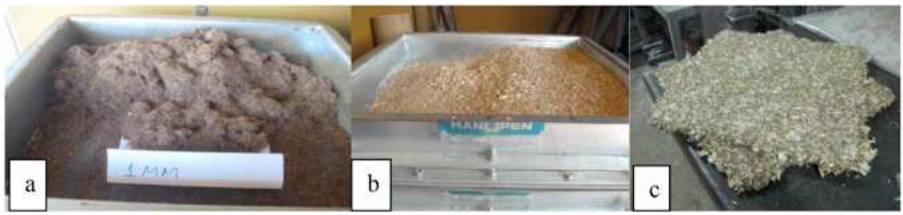

Figura 1 - Conjunto de peneiras e classificação das matérias primas

(a) Fibras retidas na peneira de 1mm. (b) Partículas retidas na peneira de 2mm. (c) Painel de partículas e fibras de subprodutos agroindustriais.

Fonte: Próprio autor

A matéria prima foi seca a uma temperatura de 60°C por 36 horas, reduzindo sua umidade abaixo de 13%. A redução da umidade impregnada evita a expansão dos painéis durante o processo de produção[16]. As partículas com dimensões entre 2,0 mm e 8,0 mm e as fibras com dimensões entre 1,0 e 4,0 mm, foram pesadas na proporção em massa de 70% e 30% respectivamente e misturadas com a resina PU-mamona em uma proporção de 15% sobre a massa total seca[16]. Para determinar a quantidade de matéria-prima a ser utilizada, consideraram-se as dimensões dos painéis, medidas laterais da forma pela espessura do painel. Com os volumes dos painéis e as densidades de cada tratamento previamente estabelecidas em 350 kg/m³, 600 kg/m³ e 850 kg/m³, dimensionaram-se as quantidades de massa seca (fibra da casca de coco verde e partícula de madeira) de cada painel[16].

Após o tempo de mistura de 10 minutos, o material foi transferido para uma prensa termohidráulica a uma temperatura de 100ºC, pressão de 5 MPa e tempo de aplicação de carga de 10 minutos. Produziram-se painéis com espessura média de 15 mm e dimensões aproximada de 400 mm x 400 mm[16].

Os painéis produzidos com os subprodutos da agroindústria para compor núcleo de painel sanduíche foram nomeados tratamentos T1-BD baixa densidade, T2-MD média densidade e T3-AD alta densidade. Suas propriedades foram comparadas com os resultados obtidos das amostras do painel comercial nomeado tratamento T4-MDP de média densidade[16]. A preparação das amostras e os testes físicos seguiram os critérios e requisitos da norma ABNT NBR 14810[4].

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os requisitos normativoo e os resultados dos trabalhos selecionados estão resumidos na Tabela 1. Os painéis estudados e produzidos com os subprodutos da agroindústria, tratamentos T1-BD, T2-MD, T3-AD resultaram em densidades médias entre 359 kg/m³, 571 kg/m³, 777 kg/m³ respectivamente e o tratamento T4-MDP em 640 kg/m³ (Tabela 1).

Para a propriedade (I) os tratamentos T1-BD, T2-MD, T3-AD e T4-MDP resultaram em 10,88%, 14,57%, 17,56% e 24,32% respectivamente. Os resultados mostram piora na higroscopicidade dos painéis de subprodutos da agroindústria em relação ao aumento

da densidade, porém com valores inferiores ao painel comercial e em atendimento ao requisito normativo de 18% (Tabela 1). Segundo Cravo[17], que avaliou painéis compostos por casca de amendoim e fibra da casca de coco verde, a variação da densidade pode causar alteração da proporção de vazios na estrutura dos painéis de partículas, porém expõe que a massa específica isoladamente não é um parâmetro adequado para prever a variação de (I).

Os valores do ensaio da propriedade (UM) para os tratamentos T1-BD, T2-MD, T3-AD e T4-MDP resultaram em 9,89%, 8,08%, 8,39% e 7,85% respectivamente. Os valores não apresentaram diferença estatística significativa e atenderam ao requisito normativo de 5% a 13% (Tabela 1).

No trabalho de Narciso[18], foi possível analisar os resultados pelas porcentagens de fibras da casca de coco verde em substituição à madeira nas proporções de 25%:75%, 50%:50%, 75%:25% e 100%:0%. Para a propriedade (I), acima de 50% de inserção de fibra o inchamento foi reduzido, mantendo este comportamento até 100% em massa. Todos os tratamentos atenderam ao requisito normativo. O estudo demonstrou a influência da inserção da fibra em substituição à madeira, a propriedade (UM) reduziu de 78% para 46% com a produção do painel em 100% de fibra da casca de coco verde (Tabela 1).

Tratamentos experimentais/Literatura	Densidade (kg/m³)	I (%)	UM (%)	Fontes pesquisadas
Painéis de partículas de madeira	551-750	18	5-13	(4)
T1-BD (madeira Pinus + fibra da casca de coco verde)	359	10,88	9,89	Estudo experimental
T2-MD (madeira Pinus + fibra da casca de coco verde)	571	14,57	8,08	Estudo experimental
T3-AD (madeira Pinus + fibra da casca de coco verde)	777	17,56	8,39	Estudo experimental
T4-MDP (madeira Pinus + fibra da casca de coco verde)	640	24,32	7,85	Estudo experimental
10% Japuti e 90% eucalipto	580	18,58	------	(9)
Cana-de-açúcar a 230°C	664-709	7,30	4,70	(11)
50% Arvore óleo de palma e 50% Seringueira a 220°C	440-620	13,35	4,26	(12)
Pinus sp. (MDP-PU e MDP-OC)	830-900	16,10-17,50	------	(3)
Pinus sp. (Partículas de madeira+ pó de madeira)	600	12,30-16,40	------	(13)
Tripla camada (Partículas bambu)	400-700	8,29-22,94	6,00-7,29	(14)
Resíduos Indústria Cervejeira	570-790	17-34	------	(15)
Madeira Pinus + fibra de coco verde	630-660	10,57-12,78	9-12	(18)

Tabela 1 – Comparação dos resultados de valores médios de (I) e (UM) entre os requisitos normativos, o estudo experimental desenvolvido e trabalhos recentes publicados

Segundo Narciso[18], a propriedade está diretamente relacionada a composição química do material. Seu trabalho encontrou resultados para lignina e hemicelulose na fibra da casca de coco verde em 32,89 % e 29,02% respectivamente, valores superiores ao *Pinus oocarpa* em 28,62% e 23,61% respectivamente. O aumento da lignina pode melhorar as conexões entre as fibras e consequentemente as propriedades físicas e mecânicas dos painéis. Em relação a celulose o *Pinus oocarpa* resultou em 51,86% e a fibra em 39,71%, vale ressaltar que a holocelulose (celulose+hemicelulose) pode proporcionar melhorias nas propriedades mecânicas, porém pode aumentar a higroscopicidade dos painéis em função da porcentagem da hemicelulose (Tabela 1).

5 | CONCLUSÃO

Os resultados demonstram o bom desempenho dos painéis experimentais de subprodutos da agroindústria em comparação ao painel comercial T4-MDP e aos trabalhos pesquisados. Os tratamentos experimentais T1-BD, T2-MD e T3-AD atenderam aos requisitos da NBR 14810-2[4]. Os resultados para a propriedade Inchamento da Espessura em 24 horas foram inferiores ao valor do tratamento T4-MDP (painel comercial). Para a propriedade Teor de Umidade os resultados foram similares entre os tratamentos. Considerando os requisitos da norma ANSI A208.1[6] uma possível aplicação para estes painéis seria o núcleo de portas revestidas (designação LD-1) e o uso comercial geral interno não estrutural em condições secas (designação M-S e M-1). Os resultados demostraram o potencial de aplicação dos subprodutos da agroindústria na produção de painéis homogêneos de partículas e fibras e indicaram a possibilidade de compor núcleos de painéis sanduíche. Dessa forma as pesquisas podem valorizar e propor uma destinação mais adequada aos subprodutos da agroindústria.

REFERÊNCIAS

1. NASCIMENTO, M. F. do; CHRISTOFORO, A. L.; CAMPOS, C. I. de; ALMEIDA, D. H. de; LAHR, F. A. R. Efeitos das intempéries na rugosidade de painéis de partículas de *Pinus* sp. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 227-238, jul./set. 2018.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1** Edificações Habitacionais Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

3. POLETO, S. F. S.; AQUINO, V. B. DE M.; CHAHUD, E.; PINHEIRO, R. V.; BRANCO, L. A. M. N.; SILVA, D. A. L.; CAMPOS, C. I. DE; MOLINA, J. C.; CARVALHO, C. M. DE; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Evaluation of CCB-preserved medium density particleboards under natural weathering. **BioResources**, v.15, n.2, p. 3678-3687, mar. 2020.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14810-2** Painéis de partículas de média densidade Parte 2: requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

5. FERRO, F. S.; ALMEIDA, T. H. de; SOUZA, A. M. de; ALMEIDA, D. H. de; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Painel híbrido OSB/MDP de madeira *Pinus taeda* e resina poliuretana à base de óleo de mamona. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 7-14, jul./set. 2019.

6. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE - **ANSI A208.1**. Matformed wood particleboard: Specification. National Particleboard Association Gaithersburg, United States, 1993.

7. MANOLO, A. **Fibre reinforced polymer composites sandwich structure:** Recent developments and applications in civil infrastructure. 2013. Centre of Excellence in Engineered Fibre Composites, Faculty of Health, Engeneering and Sciences, |University of Southern Queensland, Australia, 2013.

8. INDUSTRIA BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual 2020 ano base 2019.** Brasília: Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf.

9. VELOSO, M. C. R. DE A.; LOPES, F. M.; FURTINI, A. C. C.; SILVA, M. G. DA; MENDES, L. M.; JÚNIOR, J. B. G. Low-density particleboard properties produced with jupati particles and eucalyptus wood. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.15, n.4, p. 1-8, mar. 2020

10. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM C274.** Standard Terminology of Structural Sandwich Constructions. Philadelfia, United States, 1999.

11. RIBEIRO, D. P.; VILELA, A. P.; SILVA, D. W.; NAPOLI, A.; MENDES, R. F. Effect of Heat Treatment on the Properties of Sugarcane Bagasse Medium Density Particleboard (MDP) Panels. **Waste and Biomass Valorization,** v.11, p. 6429–6441, 2020.

12. LEE, S. H.; ASHAARFI, Z.; ANG, A. F.; HALIP, J. A. Dimensional stability of heat oil-cured particleboard made with oil palm trunk and rubberwood. **European Journal of Wood and Wood Products,** v.75, p. 285–288, 2017.

13. MIRSKI, R.; DUKARSKA, D.; DERKOWSKI, A.; CZARNECKI, R.; DZIURKA, D. By-product of sawmill industry as raw materials for manufacture of chip-sawdust boards. **Journal of Building Engineering,** v.32, p. 1–7, abr. 2020.

14. ISWANTO, A. H.; HAKIM, A. R.; AZHAR, I.; WIRJOSENTONO, B.; PRABUNINGRUM, D. S. The Physical, Mechanical, and Sound Absorption Properties of Sandwich Particleboard (SPb). **Journal of Korean Wood Science Technology,** v.48, n.1, p. 32–40, 2020.

15. BARBU, M.C.; MONTECUCCOLI, Z.; FÖRG, J.; BARBECK, U.; KLÍMEK, P.; PETUTSCHNIGG, A.; TUDOR, E. M. Potential of Brewer's Spent Grain as a Potential Replacement ofWood in pMDI, UF or MUF Bonded Particleboard. **Polymers,** v.13, n.319, p. 1–12, jan. 2021.

16. ROSIM PEREIRA. A. **Painéis sanduíche com faces de placas de fibrocimento e núcleo de painéis de partículas de subprodutos agroindustriais**. 181 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, São Paulo, 2019.

17. CRAVO, J. C. M. **Compósito particulado de baixa densidade com casca de amendoim, fibra de coco verde e resina poliuretana à base de óleo de mamona para aplicação como forro de galpões avícolas**. 166 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

18. NARCISO, C. R. P.; REIS, A. H. S.; MENDES, J. F.; NOGUEIRA, N. D.; MENDES, R. F. Potential for the Use of Coconut Husk in the Production of Medium Density Particleboard. **Waste and Biomass Valorization,** v.12, p. 1647–1658, 2021.