Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

PAINÉIS DE PARTÍCULAS ELABORADOS COM CAULE DA MANDIOCA COMO ALTERNATIVA AO MDF UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL[1]

SANTOS, Éden Malveira (1); DAMASCENO FILHO, Francisco Estevão (2); MACHADO, Amanda Moreira Lima (3); SILVA, Wyoskynária Mihaly Maia (4); CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra (5)

(1) Universidade Federal do Ceará (UFC), eden_malveira@hotmail.com;
(2) Universidade Federal do Ceará (UFC), damascenoestevao@alu.ufc.br;
(3) Universidade Federal do Ceará (UFC), amandamlmachado@alu.ufc.br;
(4) Universidade Federal do Ceará (UFC), wyoskynaria@gmail.com;
(5) Universidade Federal do Ceará (UFC), eduardo.cabral@ufc.br.

RESUMO

Devido à ação do homem em extrair os recursos naturais, surge a necessidade de buscar novas soluções dentro do campo da sustentabilidade. Assim, o presente trabalho buscou verificar o potencial do caule da mandioca na elaboração de painéis de madeira em substituição ao MDF (medium density fiberboard), convencionalmente utilizado no setor da construção civil. A metodologia consistiu na realização de ensaios de caracterização física e mecânica dos painéis (densidade, resistência à flexão e módulo de elasticidade). Para a fabricação dos painéis foi utilizado 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de resina ureia-formaldeído em substituição à massa de fibras. A conformação dos painéis foi feita em uma prensa termo-hidráulica a uma temperatura de 220 °C e pressões de 17,5 e 26,25 kgf/cm², durante 15 minutos. Os traços de 15% e 20% apresentaram melhores módulos de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE), respectivamente. Entretanto, o traço sem resina pode significar um possível potencial para produção de placas como um material alternativo, pois estaria dentro dos limites de resistência à flexão estática mínima exigido pela normatização vigente. Além disso, é um material menos prejudicial à saúde, pois os painéis mais comuns utilizados na construção civil utilizam aglutinantes como ureia-formaldeído no processo de fabricação.

Palavras-chave: *Material alternativo. Sustentabilidade. Inovação.*

ABSTRACT

Due to man's action in extracting natural resources, there is a need to search for new sustainable solutions. Thus, the present work aimed to verify the potential of the cassava stem for the preparation of wooden panels to replace MDF (medium density fiberboard), customarily used in the civil construction sector. The methodology consisted of physical and mechanical characterization tests (density, flexural strength and modulus of elasticity). For the manufacture of the panels, 0%, 5%, 10%, 15% and 20% urea-formaldehyde resin were used in replacement to fiber mass. The panels were formed in a thermo-hydraulic press at a temperature of 220 °C and pressures of 17.5 and 26.25 kgf / cm², for 15 minutes. The 15% and

[1] SANTOS, É. M.; DAMASCENO FILHO, F. E.; MACHADO, A. L.; SILVA, W. M. M.; CABRAL, A. E. B. PAINÉIS DE PARTÍCULAS ELABORADOS COM CAULE DA MANDIOCA COMO ALTERNATIVA AO MDF UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

20% ratios showed better rupture (MOR) and elasticity (MOE) modules, respectively. However, the panels without resin may represent a potential path for the production of panels with an alternative material, as it would be within the limits of the minimal flexural strength required by current regulations. In addition, it is a less harmful material, since the most common panels used in civil construction use binders such as urea-formaldehyde in the manufacturing process.

***Keywords**: Alternative material. Sustainability. Innovation.*

1 INTRODUÇÃO

O setor madeireiro possui grandes investimentos, geração de emprego e renda e apresenta representatividade no PIB industrial do país. O Brasil tem uma grande produção madeireira, sendo exemplo a venda doméstica de painéis de madeira, que, no ano de 2019, foram produzidos 6.698 m³ de material (IBÁ, 2020).

Entretanto, o desmatamento no país é alarmante. O Brasil é um dos países que mais perde árvores no mundo. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2018) aponta o resultado de 7.536 km² de corte raso no período de agosto de 2017 a julho de 2018. Assim, a relação comercial do homem com a floresta no Brasil data a época do descobrimento, quando a exploração madeireira já começa de forma intensiva e predatória, o que passou a ser um padrão de comportamento que prevalece há décadas (BRAGA; SCALCO; PIGATTO, 2018).

Por conseguinte, uma possibilidade de reduzir os impactos gerados pela indústria da construção civil consiste na utilização de resíduos de outras indústrias para o desenvolvimento de materiais de construção. Tal fato fez com que o setor fomentasse 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 (FERNANDES *et al*., 2019).

Fiorelli *et al*. (2011) afirmam que o setor agroindustrial precisa de matéria-prima do meio ambiente para o seu desenvolvimento, bem como da utilização de alguns locais para "área de despejo" de seus subprodutos e resíduos gerados durante os ciclos produtivos. Observando este fenômeno, surge a necessidade, a partir dos rejeitos da cadeia produtiva das atividades da agroindústria, em criar mecanismos que possibilitem a incorporação destes resíduos na fabricação de novos materiais.

O benefício industrial da mandioca gera uma série de resíduos cujo impacto no meio ambiente pode ser extremamente danoso (MARTINEZ; FEIDEN, 2017). Os resíduos gerados no processamento da mandioca para produção da farinha são: folhas, maniva, raspas e manipueira (SILVA, 2015).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020), por meio da última atualização de dados referente ao mês de fevereiro, mostra que a estimativa de produção brasileira de raiz de mandioca para o ano corrente é superior a 19 milhões de toneladas. Ainda de acordo com este órgão, em 2019, o rendimento médio dos produtos nas lavouras foi de aproximadamente 15 mil quilogramas por hectare.

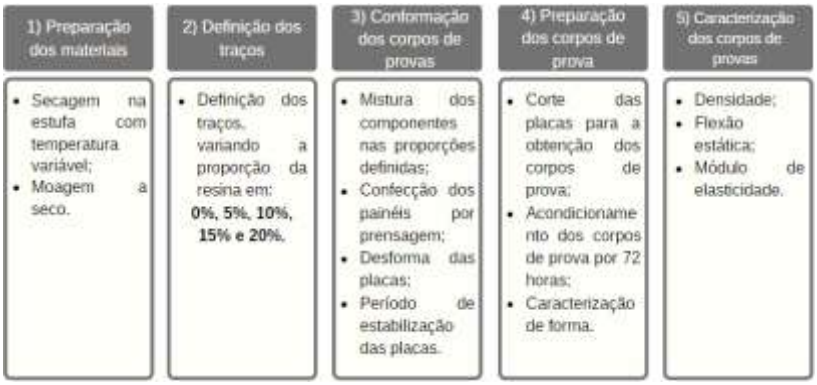
Isso reflete na geração abundante de resíduos, que por sua vez podem ser reaproveitados. Em virtude desse elevado volume de resíduo que pode ser obtido, este trabalho tem uma lacuna a preencher no campo da ciência, buscando viabilizar outra forma de reaproveitamento para o caule da mandioca.

Portanto, este estudo tem como objetivos apresentar resultados relativos à caracterização de painéis de partículas elaborados a partir da prensagem do caule da mandioca com adições da resina ureia-formaldeído e avaliar suas propriedades físicas e mecânicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo preliminar seguiu o procedimento experimental que envolve cinco etapas apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma geral da metodologia adotada no estudo



Fonte: Os autores

O caule da mandioca utilizado foi cedido por uma fazenda localizada na cidade de Aracati, no interior do Estado do Ceará. Devido a isso, precisou-se reduzir a umidade do material, que inicialmente foi processado em um triturador forrageiro. Em seguida foi colocado para secar em uma estufa por 24 horas com temperatura média de 75°C. Após essa secagem, o material foi triturado por um moinho de martelo com malha de 1 cm de abertura, afim de padronizar o tamanho das partículas. Em seguida, o material ficou 48 horas na estufa com temperatura de 90°C e mais 24 horas em temperatura semelhante a ambiente (40°C). Após esses procedimentos, as fibras apresentaram uma umidade de 3%.

Para o desenvolvimento dos painéis escolheu-se estabelecer a aderência entre o material por meio de resinas líquidas produzidas a partir de formol e ureia, pois elas proporcionam alta qualidade de colagem à quente, aliado a um baixo custo comparado a outras resinas utilizadas no mercado.

Para este estudo, definiu-se os traços baseados nas especificações do fabricante da resina. A empresa sugere que, além do catalisador, pode-se misturar à cola, extensor e água, para controlar a sua viscosidade e qualidade de colagem. No Quadro 1, alguns traços (partes por peso) são indicados pelo fabricante. O traço escolhido foi o A, pois apresenta a menor quantidade de água. No traço da pesquisa não foi utilizado extensor e a quantidade de catalisador foi de 3 partes. Vale destacar que, para o cálculo do teor de cola, considerou-se apenas o seu teor de sólidos, 64%.

Quadro 1 – Traços para a produção da resina

Componentes	**Traço**			
	A	B	C	D
Cola	100	100	100	100
Extensor	20	50	75	100
Água	20	50	75	100
Catalisador	1 a 4	1 a 4	1 a 4	1 a 4

Fonte: Redelease (2019)

Sales (2017), nas formulações de seus painéis de papel *kraft*, utiliza um traço de 15% e 30% desta resina, em relação à massa. Já um estudo feito por Aisien,

Amenaghawon e Bienose (2014), que se utiliza o caule da mandioca, utilizou três traços, sendo um deles 3 (três) partes de resina para 1 (uma) parte de resíduo.

Todavia, o presente estudo pretende minimizar a quantidade de resina na produção de painéis. Assim, os teores de resina empregados para o processamento das placas se deram em valores de 5%, 10%, 15% e 20% em relação à massa do caule da mandioca, submetidos a uma pressão de 17,50 kgf/cm^2. Já o traço de referência com 0% de aglutinante foi submetido a pressão de 26,25 kgf/cm^2.

No desenvolvimento dos painéis, alguns critérios foram pré-definidos, como a espessura de 9 mm da placa a ser gerada e a densidade da mesma de 0,750 g/cm³, pois, de acordo com a ABNT NBR 15316-2 (2019), para classificar os painéis em MDF, a densidade deles deve variar entre 0,651 a 0,800 g/cm³.

Os ensaios os quais os painéis foram submetidos e a quantidades mínimas de corpos de prova necessários seguiram recomendações da NBR 14810 (2018) – parte 2. Para cada traço, foram produzidas vinte placas com dimensões de 11 x 11cm, para o ensaio de flexão e módulo de elasticidade foram cortados, respectivamente, 10 (dez) painéis de 3 x 11 cm, que tiveram suas dimensões limitadas devido a disponibilidade do tamanho do molde no laboratório de realização da pesquisa.

Para a produção dos corpos de prova, os materiais após pesados foram misturados em um misturador planetário da marca Skymsen. Após a mistura, o material foi distribuído uniformemente sobre um molde de aço inoxidável com dimensões de 11 x 11 cm (Figura 2 a). Fez-se a prensagem à quente em prensa termo-hidráulica (Figura 2 b), sendo os painéis produzidos a 220 °C com tempo de prensagem correspondente a 15 minutos e pressão de 17,5 kgf/cm², para os painéis com resina, e 26,25 kgf/cm² para os pinéis sem resina.

Vale ressaltar que o tempo e a temperatura estabelecidos para prensagem seguiram o estudo de Nadhari *et al.* (2013), pois com esse tempo há um aumento na resistência de adesão interna. Além disso, eles afirmam que a lignina se funde entre 180-220°C, proporcionando a colmatação dos poros das partículas e reduzindo o inchamento em espessura. Em relação à pressão, percebeu-se, durante os testes experimentais, que para alcançar a espessura aproximada de 9mm, 17,5 kgf/cm² seria suficiente.

Figura 2 – Processo de moldagem das placas: a) molde, b) prensa termo-hidráulica



Fonte: Os autores

De acordo com a norma NBR 14810 (2018), a caracterização física dos corpos de prova se dá por meio da medição da espessura, comprimento, largura, e do cálculo de densidade. Para a caracterização mecânica, determinou-se a resistência à flexão estática ou módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE). O MOR é medido pela relação entre a tensão aplicada e a deformação resultante, dentro do limite elástico, enquanto o MOE, é expresso pela tensão máxima dos painéis

desenvolvida em um corpo de prova logo antes que ele sofra rachaduras ou fraturas em um teste de flexão.

Para a realização da caracterização mecânica foi utilizada uma prensa universal da marca EMIC modelo DL – 30 000 com capacidade de célula de carga de 30 kN. Para o ensaio de flexão de três pontos, a velocidade utilizada foi de 6 mm/min, com uma distância entre os apoios de 80 mm.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Densidade

Os valores médios das densidades são apresentados na Tabela 1. Os traços que foram elaborados com resina apresentaram densidade que os classificaram como MDF, já que estava dentro do intervalo 0,65 - 0,8 g/cm³. O fato que pode ter feito com que os painéis sem resina apresentassem uma densidade maior está relacionado à pressão aplicada ser superior aos 17,5 kgf/cm^2, classificando-os como HDF. Como os painéis não possuíam resina, a pressão aplicada foi maior para provocar uma maior aglutinação dos resíduos.

Tabela 1 – Densidade média dos painéis com a variação do teor de resina

Traço	Máximo (g/cm³)	Mínimo (g/cm³)	Média (g/cm³)	Desvio Padrão (g/cm³)	Coef. de Variação
0%	0,941	0,851	0,904	0,029	3,2%
5%	0,815	0,705	0,768	0,027	3,5%
10%	0,773	0,723	0,752	0,013	1,7%
15%	0,792	0,741	0,765	0,018	2,4%
20%	0,799	0,742	0,767	0,014	1,8%

Fonte: Os autores

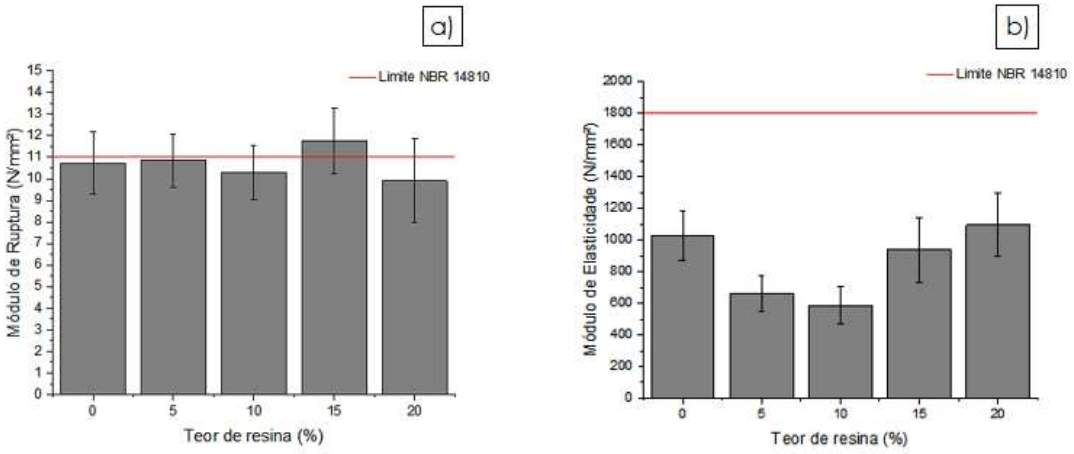
De acordo com a pesquisa de Fernandes *et al*. (2019), na qual houve a produção de painéis de partículas elaborados do mesocarpo do dendê como alternativa ao MDF, os resultados das densidades dos painéis ultrapassaram a densidade do MDF, sendo 30,5% para painéis fabricados a temperatura de 220°C e 31,6% para 230°C. Para os autores, a densidade e o acabamento do material estão correlacionados, sendo o HDF geralmente utilizado na fabricação de componentes que necessitam de melhor acabamento.

Pode-se observar que não houve grandes variações nos valores da densidade obtidas, além de se ter obtido um coeficiente de variação da densidade baixo, evidenciando que o processo de mistura e de produção das placas foi bem realizado.

3.2 Caracterização mecânica

A Figura 3 (a) apresenta os resultados do módulo de resistência à flexão estática (MOR). Por meio do ensaio, constatou-se que o traço com 15 % do teor com resina foi o que obteve o maior resultado (11,75 N/mm^2) entre os teores ensaiados e o único a superar o valor mínimo exigido pela norma NBR 14.810 (11 N/mm^2). Entretanto, os demais valores obtidos foram bem próximos ao valor limite. Ou seja, levando em consideração a variação do desvio padrão para mais, os demais traços também estariam conforme o mínimo exigido pela normalização vigente.

Figura 3 – Comportamento dos painéis: a) MOR, b) MOE, variando o teor de resina



Fonte: Os autores

Vale destacar que as placas sem resina apresentaram resultados superiores aos dos painéis com teores de 10% e 20%. Dessa forma, estas placas apresentam uma tendência para o uso de produtos originados de insumos renováveis com propriedades semelhantes aos que são ofertados no mercado, o que pode representar um avanço na minimização de recursos naturais. Além disso, o formaldeído usado na composição das resinas é obtido a partir do petróleo, que é um recurso finito, o que incentiva mais a utilização de outros materiais alternativos (LI *et al.*, 2009).

Visando todo o ciclo de vida do material, a placa sem resina é um diferencial. Conforme Chen *et al*. (2016), quanto ao descarte, apenas uma pequena parcela do MDF é enviada para os aterros acarretando um custo para os fabricantes. Ou seja, na maioria dos casos o mesmo é enviado para a queima, sendo que na maioria dos países a queima desse material é proibida, devido ao teor de formaldeído livre presente em sua composição, que é cancerígeno.

O motivo para os painéis com 20% apresentarem a menor resistência está relacionado ao fato de as placas terem apresentado rachaduras (Figura 4), o que prejudicou o desempenho dos painéis nos ensaios, indicando possivelmente um excesso de umidade nas placas. Nakamura (2018) afirma que uma das causas para o dano no painel pode ter sido o efeito "*blow*", onde o vapor de água que deveria ser liberado pelas laterais do painel acaba ficando retido no interior em bolhas de ar com altas pressões, que são liberadas durante a prensagem, o que pode gerar danos ao painel, como fissuras.

Figura 4 – Corpo de prova com 20% de resina apresentando rachadura



Fonte: Os autores

Os resultados da Figura 3 (b), mostram que todos valores para o módulo de elasticidade (MOE) obtidos foram abaixo dos valores mínimos recomendados pela

norma NBR 14810-2 (ABNT, 2018), que deve ser maior ou igual a 1800 N/mm². Entre os painéis, o traço que mostrou maior módulo foi o teor com 20% de resina, atingindo 60,73% do valor mínimo exigido pela norma. Já o painel sem resina alcançou 57,11%.

Em paralelo ao traço sem resina, Fernandes et al. (2019) confeccionou painéis sem o uso de aglutinante, prensando-os a uma temperatura de 220 °C, obtendo MOE médio de 1439,5 N/mm², enquanto nesta pesquisa obteve-se 1027,90 N/mm² de MOE médio máximo, no traço com 20% de resina. Os autores justificam que o comportamento inferior está diretamente relacionado com pressões e temperaturas elevadas, o que acaba por prejudicar o comportamento mecânico.

4 CONCLUSÃO

O caule da mandioca mostrou viabilidade em ser reaproveitado para o desenvolvimento de um novo material, em razão de seu grande potencial na produção de placas para substituição ao MDF utilizado na indústria da construção civil, uma vez que os resultados do módulo de ruptura foram satisfatórios, embora os resultados de módulo de elasticidade não tenham sido. Quanto à densidade, todos os traços com exceção ao de 0% de resina apresentam média inferior a 0,80 g/cm³, sendo classificados como MDF e o de 0%, como é superior a este valor, classificado como HDF.

Constatou-se que o traço com 15% de resina obteve a maior resistência a flexão (11,75N/mm²) entre os teores ensaiados. Considerando a variação do desvio padrão para cima, os demais traços também estariam conforme o mínimo exigido pela normatização vigente. Referente ao módulo de elasticidade (MOE) todas as placas apresentaram módulo abaixo dos valores mínimos recomendados pela norma. O traço que mostrou maior módulo foi o teor com 20% de resina, atingindo 60,73% do valor mínimo exigido pela norma. Já o painel sem resina alcançou 57,11%.

Apesar de não ter apresentado os maiores valores de resistência quanto à flexão e ao módulo de elasticidade, o traço sem resina pode significar um possível potencial, pois é um material que não necessita de aglutinante. Sabe-se que a resina ureia formaldeido por ser prejudicial à saúde humana e pode ter potencialidades cancerígenas. Os produtos que contém esses compostos quando descartados podem liberar substâncias danosas à saúde e ao meio ambiente.

Por fim, esta pesquisa contribuiu no sentido de observar o comportamento de painéis com resíduos vegetais, no caso, o caule da mandioca, e embora não tenha atendido às exigências normativas, quanto algumas propriedades mecânicas, o estudo preliminar permitiu vislumbrar avançar no estudo de uma solução inovadora para proporcionar o desenvolvimento de um novo material com propriedades semelhantes aos existentes.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro aos autores durante a pesquisa. Ao proprietário da fazenda por disponibilizar os caules da mandioca. À EMBRAPA, pelo apoio na produção dos painéis.

REFERÊNCIAS

AISIEN F. A.; AMENAGHAWON A. N.; BIENOSE K. C. Particle boards produced from cassava stalks: Evaluation of physical and mechanical properties. **S Afr J Sci**. 2015, 111 (5/6).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810**: Painéis de partículas de média densidade Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 83 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316**: Painéis de fibras de média densidade Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 80 p.

BRAGA, W. R. de O.; SCALCO, A. R.; PIGATTO, G. CERTIFICAÇÃO FLORESTAL: ACESSO A MERCADO OU MERCADO DE ACESSO? **Desenvolvimento Regional em Debate**, v. 8, n. 1, p.182-197, jan./jun. 2018.

Chen, N.; Ren, J.; Ye, Z.; Xu, Q.; Liu, J.; Sun, S.; 2016. Kinetics of coffee industrial residue pyrolysis using distributed activation energy model and components separation of bio-oil by sequencing temperature-raising pyrolysis. **Bioresour. Technol.** 221, 534–540.

DAIAN, G.; OZARSKA, B. **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. 2009. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.07.008.

FERNANDES, C. do N.; PINTO, I. C. M. de S.; SARAIVA, R. L. De P.; ARAÚJO JÚNIOR, C. P.; CABRAL, A. E. B.; ROSA, M. De F. Painéis de partículas elaborados do mesocarpo do dendê como alternativa ao MDF utilizado na construção civil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.169-176, 1 abr. 2019. FapUNIFESP (SciELO).

FIORELLI, J.; LAHAR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F. do; SAVASTANO JÚNIOR, H.; ROSSIGNOLO, J. A. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades. **Acta Scientiarum. Technology**, [s.l.], v. 33, n. 4, p.401-406, 20 set. 2011. Universidade Estadual de Maringa. http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.9615.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **Cenários Ibá.** Disponível em: <https://iba.org/datafiles/e-mail-marketing/cenarios/60-cenarios_2.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588>. Acesso em: 08 abr. 2020.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **INPE consolida 7.536 km² de desmatamento na Amazônia em 2018.** Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5138>. Acesso em: 08 abr. 2020.

LI, X., LI, Y., ZHONG, Z., WANG, D., RATTO, J. A., SHENG, K., & SUN, X. S. Mechanical and water soaking properties of medium density fiberboard with wood fiber and soybean protein adhesive. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 14, p.3556-3562, jul. 2009. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.048.

MARTINEZ, D. G.; FEIDEN, A. POTENCIAL DO RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, p.141-148, mar. 2017.

NADHARI, W. N. A. W.; HASHIM, R.; SULAIMAN, O.; SATO, M.; SUGIMOTO, T.; SELAMAT, M. E. Utilization of Oil Palm Trunk Waste for Manufacturing of Binderless Particleboard: Optimization Study. **Bioresources**, v.8, n. 2, p. 1675-1696, 2013.

NAKAMURA, A. P. D. **PROPRIEDADES DE PAINEL BIOCOMPÓSITO PRODUZIDO COM FIBRAS DE COCO-DA-BAÍA E ÁCIDO CÍTRICO COMO ADESIVO.** 2018. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SALES, D. de C. **Desenvolvimento de painéis aglomerados de papel kraft proveniente de embalagens descartadas de cimento.** 2017. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, A. C. M. S. ESTUDO PROSPECTIVO DOS RESIDUOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 2, p.265-271, 30 jun. 2015. Universidade Federal da Bahia. http://dx.doi.org/10.9771/s.cprosp.2015.008.030.