

Universidade Camilo Castelo Branco

Campus de Fernandópolis

ED WILSON PERUSSINI VIANA

PAINÉIS DE MADEIRA DESENVOLVIDOS A PARTIR DO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR

PANELS WOOD DEVELOPED A BAGASSE FROM THE SUGARCANE

Fernandópolis-SP

2016

ED WILSON PERUSSINI VIANA

PAINÉIS DE MADEIRA DESENVOLVIDOS A PARTIR DO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, como complemento dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis-SP

2016

Ficha Catalográfica

V667P VIANA, Ed Wilson Perussini
Painéis de Madeira Desenvolvidos a Partir do Bagaço de Cana-de-Açúcar /
Adilson Lucimar Simões - São José dos Campos: SP / UNICASTELO, 2016.

59f. il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, para
complementação dos créditos para obtenção do título de Mestre em Ciências
Ambientais.

1. Resíduos Sólidos. 2. Alternativa Sustentável. 3. Madeira. 4. Setor
Sucroenergético.

I. Título

CDD: 574

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da UNICASTELO e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a UNICASTELO a disponibilizar através do site <http://www.unicastelo.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

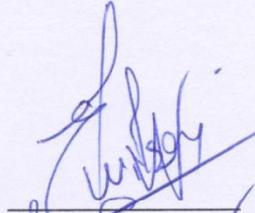
A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

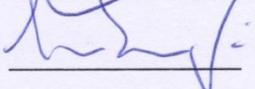
Título do Trabalho: **“PAINÉIS DE MADEIRA DESENVOLVIDOS A PARTIR DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR”**

Autor(es):

Discente: Ed Wilson Perussini Viana

Orientador: Luiz Sérgio Vanzela

Assinatura: 

Assinatura: 

Data: 29/abril/2016

TERMO DE APROVAÇÃO

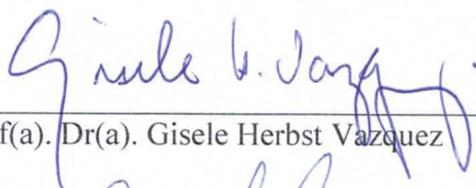
ED WILSON PERUSSINI VIANA

**PAINÉIS DE MADEIRA DESENVOLVIDOS A PARTIR DO BAGAÇO DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Luiz Sérgio Vanzela (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Gisele Herbst Vazquez



Prof(a). Dr(a). Osmar Caôn Filho

Fernandópolis, 29 de abril de 2016.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Luiz Sérgio Vanzela

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a toda minha família, em especial: minha esposa Alessandra Cristiane de Almeida Viana pelo amor, compreensão, apoio e incentivo estando sempre de meu lado; meu filho, Gabriel Almeida Viana que por muitas vezes ficou privado de atenção, lazer e passeios devido ao trabalho; minha mãe Edite Perussini Vianna e meu pai Wilson de Paula Vianna por sempre me incentivar aos estudos desde a mais tenra idade e por me educar na aceitação de desafios sempre e a qualquer idade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, depois a minha família e todos que de certa forma me incentivaram e apoiaram na execução deste trabalho. Minha esposa Alessandra que sempre esteve de meu lado; meu filho Gabriel pela compreensão e razão por tudo que faço; meus pais Wilson e Edite que sempre me incentivaram e me deram o norte.

Aos meus amigos e colegas que sempre me apoiaram de uma forma ou de outra na execução dos trabalhos.

Aos meus amigos e colegas de trabalho José Luís de Souza Lima, Claudeci Damando e Leonardo Vicentin que me ajudaram na execução dos experimentos que com certeza sem eles seria impossível à realização.

Ao Prof. Dr. Gabriel Peruca de Melo que me ajudou na análise do bagaço de cana de açúcar e disponibilizou o laboratório da Unicastelo Campus Descalvado para essa análise.

Aos Srs. Florindo Miguel Cajuela Rodrigues e José Antônio Cajuela Rodrigues, proprietários da empresa Truck Galego que me permitiu a utilização da empresa para a execução dos experimentos.

Ao Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela, meu orientador de pesquisa, pela disponibilidade, atenção e incentivo.

PAINÉIS DE MADEIRA DESENVOLVIDOS A PARTIR DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

A utilização de bagaço de cana-de-açúcar misturado a adesivos a base de ureia formaldeído para a produção de painéis aglomerados consiste numa alternativa sustentável para o aproveitamento desse resíduo pelas usinas de açúcar e etanol. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo, desenvolver a tecnologia de produção de painéis prensados provenientes de bagaço de cana-de-açúcar. As placas foram desenvolvidas por meio de processo de produção de aglomerado com 100% de bagaço de cana-de-açúcar misturado a adesivos e aditivos adequados. Para avaliar a qualidade do material produzido, foram determinadas as propriedades físicas e mecânicas desse painel com a realização dos seguintes ensaios: densidade, umidade, inchamento durante 24 h e 2h de imersão em água, flexão estática para obtenção do MOR e MOE e tração perpendicular. Todos esses ensaios foram realizados conforme a norma ABNT NBR 14810-2 (2013). O processo permitiu desenvolver painéis de aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar, que atendeu a NBR 14810-2 nos quesitos de densidade, umidade e inchamento, com qualidade promissora para uma indústria sustentável.

PALAVRAS CHAVES: Resíduos sólidos. Alternativa sustentável. Madeira. Setor sucroenergético.

PANELS WOOD DEVELOPED A BAGASSE FROM THE SUGARCANE

ABSTRACT

The use of bagasse sugarcane mixed with adhesives and urea-based formaldehyde for the production of chipboard panels, consists of a sustainable alternative to the use of this residue by industries sugar and ethanol. In this context, this paper aims to develop the pressed panel production technology from sugarcane bagasse. The plates were developed by chipboard production process with 100% sugarcane bagasse mixed with adhesives and suitable additives. To assess the quality of the material produced, it was determined the physical and mechanical properties of the panel with the achievement of the following tests: density, moisture, swelling for 24 h and 2 h of immersion in water, bending to obtain the MOR and MOE and perpendicular traction . All these tests were carried out according to ABNT NBR 14810-2 (2013). The process allowed the development of sugarcane bagasse chipboard, who attended NBR 14810-2 (2013) in density questions, moisture and swell, with promising quality for a sustainable industry.

KEYWORDS: Solid waste. Sustainable alternative. Wood. Sugarcane industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Detalhe da localização da Alcoeste Destilaria Fernandópolis S.A.....	28
Figura 2: Local de coleta do bagaço de cana na Destilaria.	29
Figura 3: Bagaço de cana espalhado pela lona plástica.	29
Figura 4: Bagaço de cana-de-açúcar espalhado pela lona plástica.	30
Figura 5: Detalhe da sequência do processo de produção.....	31
Figura 6: Detalhe das fibras do bagaço utilizado na confecção dos painéis.	32
Figura 7: Detalhe do molde de aço utilizado na prensagem a quente.....	32
Figura 8: Detalhe do carrinho de mão utilizado para misturar bagaço.....	33
Figura 9: Detalhe do processo de mistura e homogeneização do bagaço com o adesivo e aditivo.	33
Figura 10: Detalhe da prensagem da mistura para a formação do colchão.....	35
Figura 11: Colchão já formado sobre a chapa de alumínio e com a tampa embola em cima. .	35
Figura 12. Colchão desformado e pronto para ser levado a prensa quente.....	36
Figura 13: Detalhe do colchão pronto para a prensagem a quente, com os laminados superior e inferior revestidos de papel alumínio.....	37
Figura 14: Colchão sendo prensado a quente.	37
Figura 15: Detalhe do aglomerado finalizado.	38
Figura 16: Detalhes da balança (a), estufa (b) e dessecador (c) utilizados na determinação da umidade.	40
Figura 17: Detalhe do recipiente confeccionado para a determinação do inchamento (a) e dos corpos de prova submersos no recipiente (b).	41
Figura 18: Detalhe do teste de flexão nos corpos de prova.....	42
Figura 19: Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 30000 com dispositivo para tração.	44
Figura 20: Detalhes dos blocos metálicos para fixação dos corpos de prova (a) e blocos metálicos para fixação dos corpos de prova com o dispositivo de tração (b)	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição média da cana-de-açúcar.....	18
Tabela 2: Principais constituintes da cana-de-açúcar.	18
Tabela 3: Comparação química do bagaço de cana-de-açúcar com madeiras folhosas.....	20
Tabela 4: Especificações da resina ureia formaldeído Casacamite PL 2030.	30
Tabela 5: Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar.....	31
Tabela 6: Proporção final de materiais utilizados na produção das chapas aglomeradas.....	34
Tabela 7: Dimensões dos corpos de prova e repetições utilizadas em cada ensaio.....	38
Tabela 8: Dimensões, volume, massa e densidade dos corpos de prova.	46
Tabela 9: Determinação do teor de umidade.....	47
Tabela 10: Determinação do inchamento 24h.....	47
Tabela 11: Determinação do inchamento 2h.....	48
Tabela 12: Resultados da resistência a flexão estática e o módulo de elasticidade.....	49
Tabela 13: Determinação da resistência a tração perpendicular.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

%	Porcentagem
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEL	Celulose
CP	Corpo de Prova
cm	Centímetro (unidade de medida)
CTC	Centro de Tecnologia Canavieira
D	Densidade
FF	Fenol Formaldeído
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
g	Grama (unidade de peso)
HEM	Hemicelulose
I	Inchamento
kg	Quilograma (unidade de peso)
LIG	Lignina
m	Metro (unidade de medida)
M	Massa
MDF	Medium Density Fiberboard
MDP	Medium Density Particle Board
mm	Milímetro (unidade de medida)
MM	Matéria Mineral
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Resistência a Flexão
MS	Massa ou Matéria Seca
MU	Massa Úmida
N	Newton (unidade de força)
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OSB	Oriented Strand Board
PH	Pontes de Hidrogênio
P	Força
S	Área

TP	Resistência à Tração Perpendicular
UF	Ureia Formaldeído
U	Umidade
V	Volume (unidade de medida)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Objetivo Geral.....	17
1.2. Objetivos Específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Cana-de-açúcar	18
2.2. Bagaço de cana-de-açúcar	19
2.3. Aglomerados de material lignocelulósico.....	21
2.4. Adesivos e aditivos	23
2.4.1. Adesivos	23
2.4.2. Aditivos	24
2.4.3. Catalizador	24
2.4.4. Emulsão de parafina	25
2.4.5. Retardantes de fogo.....	25
2.4.6. Preservantes contra fungos e insetos.....	25
2.5. Estudos anteriores	25
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1. Local da pesquisa	28
3.2. Materiais utilizados	28
3.2.1. Bagaço de cana-de-açúcar	28
3.2.2. Adesivos e aditivos.....	30
3.3. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar	30
3.4. Produção dos painéis.....	31
3.4.1. Separação das fibras	31
3.4.2. Confeção dos moldes.....	32
3.4.3. Mistura do bagaço de cana com o adesivo e aditivo	32
3.4.4 - Preparação do colchão para a prensagem a quente.....	34
3.4.5. Prensagem a quente.....	36
3.4.6. Aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar	37
3.5 - Ensaio físicos e mecânicos nos painéis	38
3.5.1. Corpos de provas.....	38
3.5.2. Ensaio para a determinação da densidade	39

3.5.3. Ensaio para a determinação do teor de umidade.....	39
3.5.4. Ensaio para a determinação do inchamento durante 24 h	40
3.5.5. Ensaio para a determinação do inchamento durante 2 h	41
3.5.6. Ensaio para determinação da flexão estática e módulo de elasticidade	42
3.5.7. Ensaio para determinação da resistência a tração perpendicular	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1. Densidade	46
4.2. Umidade	46
4.3. Inchamento 24 h.....	47
4.4. Inchamento 2 h.....	48
4.5. Resistência a flexão estática e o módulo de elasticidade	49
4.6. Resistência a tração perpendicular	50
5. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

Os setores de construção civil e de mobiliário são os principais responsáveis pela evolução tecnológica das indústrias que utilizam madeira como matéria prima básica. A matéria prima utilizada nessas indústrias é oriunda de madeiras de reflorestamento ou processos de fabricação de painéis de madeiras provenientes de resíduos de qualquer material lignocelulósico. Isso lhes confere alta resistência mecânica e peso específico pré-estabelecido (ROWELL; KEANY, 2000), os quais, depois de terem as partículas aglutinadas com adesivo, se consolidam sob a ação de temperatura e pressão (MENDES, et al., 2010).

Para a fabricação desses painéis aglomerados, preferencialmente são utilizados, cavacos e madeira de florestas plantadas, o que determina inclusive uma melhor qualidade dos produtos, visando-se melhor resultado das propriedades das chapas por meio do controle de homogeneidade da matéria-prima, desta forma promovendo seu melhor aproveitamento (PEDRESCHI, 2009).

No Brasil, as indústrias têm consumido um volume significativo de madeiras provenientes de florestas plantadas, principalmente do gênero pinus e eucalipto. Para atender à demanda cada vez mais crescente pela madeira, há necessidade de não somente aumentar a área de plantio com essas espécies, mas também, buscar opções de matéria-prima de rápida disponibilidade em quantidade e qualidade. O aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria brasileira mostra-se como alternativa para atender tal demanda do setor de painéis aglomerados, apresentando-se com vários tipos de resíduos lignocelulósicos com potencialidades para aproveitamento (MENDES et al., 2010).

Outro resíduo que possui grande geração no Brasil e que vem sendo pouco explorado é o bagaço da cana-de-açúcar (BASTTINELLI; MARCILIO; LAHR, 2008). Um estudo realizado por Purohit e Michaelowa (2007) apontou que o Brasil obteve o primeiro lugar em geração de bagaço de cana-de-açúcar seguido por Índia, China e outros países. Grande parte deste resíduo é queimado pelas próprias usinas sucroenergéticas para geração de energia, mas 28% não são aproveitados (SILVA; GARCIA; SILVA, 2010).

O bagaço de cana, que é um conjunto de fibras emaranhadas de celulose, tem sido produzido cada vez em maior quantidade, devido ao aumento da área plantada e da industrialização da cana-de-açúcar, decorrentes principalmente de investimentos públicos e privados na produção sucroenergética (MENDES et al., 2010).

Diante da problemática gerada pelo acúmulo do bagaço de cana, surge a necessidade de buscar alternativas para reaproveitá-lo. O reaproveitamento do bagaço de cana é muito

importante para a adequada gestão dos resíduos sólidos, representando um ganho não só ambiental, mas econômico com a potencial exploração comercial desses resíduos para a produção de painéis de madeira (SILVA, 2013).

1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver a tecnologia de produção de painéis prensados provenientes de bagaço de cana-de-açúcar.

1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar as propriedades físico-químicas do bagaço de cana utilizado.
- Desenvolver método de prensagem viável para obter painéis de madeira.
- Avaliar as propriedades físicas e mecânicas de acordo com a norma ABNT NBR 14810-2 (2013).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é considerada umas das culturas agrícolas mais importantes da humanidade, considerando que sua exploração provocou significativas alterações nos planos econômicos, ecológicos e comerciais de muitos países e regiões do mundo. No início de sua exploração, tal produção gerou grandes exigências em mão-de-obra, sendo responsável pela migração de milhões de negros africanos para as colônias. Originária da Nova Guiné, a cana foi introduzida inicialmente na China antes do início da era Cristã. Na Europa, foi introduzida pelos árabes e, com insuficiência de produção aliada ao descobrimento da América, a expansão das áreas cultivadas de cana-de-açúcar foi direcionada para a América. As primeiras mudas plantadas na América foram trazidas da Ilha da Madeira, em 1502. E já em 1550, os numerosos engenhos espalhados pelo litoral brasileiro produziam um açúcar equivalente ao da Índia (BATTISTELLE; FERREIRA; VECCHIA, 2004).

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas, respectivamente, a composição média da cana-de-açúcar e de seus constituintes.

Tabela 1: Composição média da cana-de-açúcar.

COMPOSIÇÃO	TEOR (%)
Água	65 - 75
Açúcares	11 - 18
Fibras	8 - 14
Sólidos Solúveis	12 - 23

Fonte: COPERSUCAR (2009).

Tabela 2: Principais constituintes da cana-de-açúcar.

CONSTITUINTES	SÓLIDOS SOLÚVEIS (%)
Sacarose	70 a 91
Glicose	2 a 4
Frutose	2 a 4
Sais	3,0 a 5,0
Ácidos Orgânicos	1,0 a 3,0
Ácidos Inorgânicos	1,5 a 4,5
Proteínas	0,5 a 0,6
Amido	0,001 a 0,05
Gomas	0,3 a 0,6
Ceras e Graxas	0,005 a 0,15
Corantes	3 a 5

Fonte: COPERSUCAR (2009).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e o único país que domina toda tecnologia de produção e apresenta uma cadeia produtiva organizada (VIDAL; SANTOS, 2006).

Quanto à distribuição da produção da cana-de-açúcar dentro do Brasil, pode-se dizer que a região Sudeste participa com 70,3% do total, seguida da região Nordeste, com 12,3% e região Centro-oeste com 9,6%. O Estado de São Paulo responde por 60% da produção de cana-de-açúcar de todo o país (GOLDEMBERG; NIGRO; COELHO, 2008).

A importância da cana-de-açúcar pode ser atribuída à sua múltipla utilização. Dela, é produzido o açúcar, o etanol e a eletricidade (a partir da queima do bagaço), além de ser matéria prima para outros produtos, tais como: alimento animal, insumos para a indústria química e farmacêutica, leveduras, polietileno, papéis, plásticos biodegradáveis entre outros (CARVALHO, 2012).

Segundo a CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2010), no Brasil a cana continua em processo de expansão da cultura, conforme observada na safra de 2013/2014, com acréscimo de área plantada superior em 4,8% em relação à safra de 2012/2013. Esse crescimento se explica pela importância da cana-de-açúcar, seu incremento e sua múltipla utilização. Somente na safra 2013/2014 da região Centro-Sul do Brasil, colheu-se um total de 597.061.000 toneladas de cana (UNICA, 2015) em um total de 9.479.470 ha (INPE, 2015), resultando em produtividade média de 63,0 t ha⁻¹.

2.2. Bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço de cana é um resíduo fibroso resultante da moagem dos colmos de cana-de-açúcar, com 48-52% de umidade, 2-3% de sólidos solúveis e 46-48% de sólidos insolúveis (fibras e demais elementos anatômicos). De uma tonelada de cana processada são produzidos, em média, 280 kg de bagaço (CTC, 2011).

A composição química do bagaço depende de diversos fatores, entre eles, a espécie plantada, o tipo de solo e as técnicas empregadas do manejo a colheita (SILVA; GOMES; ALSINA, 2007).

Para a obtenção do bagaço de cana, os colmos da planta em um primeiro estágio de processamento industrial, é cortado, e transportado para o desfibrador. Na sequência, os colmos passam por um rotor que é um conjunto de martelos oscilantes que giram em sentido contrário à esteira, forçando a passagem dos segmentos de colmos por uma abertura de 1 cm. Pela

extração do caldo, obtém-se o bagaço (46% fibras), água (50%) e sólidos dissolvidos (4%) (COOPERSUCAR, 2009).

O bagaço de cana se apresenta como o mais promissor resíduo gerado pelas atividades agroindustriais. O clima quente brasileiro, com chuva no verão e inverno seco, propicia ótimas condições para o plantio de cana-de-açúcar, permitindo que a estrutura de fibras se fortaleça durante a fase do crescimento. Apesar de ser o maior produtor mundial de cana, o Brasil ainda não utiliza o bagaço para a produção de painéis aglomerados em escala industrial (CARVALHO, 2012).

A Associação de Produtores de Álcool e Açúcar do Estado do Paraná (Alcopar) divulgou que 43 milhões de toneladas de cana geraram 11,5 milhões de toneladas de bagaço, sendo que 2 milhões de toneladas desse bagaço, apresentam potencial para a confecção de painéis aglomerados (SANCHOTENE, 2007).

De acordo com o BELINI (2012) apud CTC (2011), o bagaço de cana-de-açúcar apresenta teor de celulose entre 26%-46%, hemiceluloses entre 19%-33%, lignina entre 14%-23% e cinzas entre 1%-5% (Tabela 3). A amplitude dos teores indicados de celulose é ligeiramente inferior ao verificado em literatura para a madeira de eucalipto enquanto a amplitude das hemiceluloses, está dentro dos padrões indicados para madeira (BRITO, 1983). Para a lignina, a amplitude indicada no bagaço de cana é ligeiramente inferior aos valores verificados em literatura para o Eucalipto (BRITO; BARRIHELO,1977), que variaram entre 21-31% para 10 diferentes espécies avaliadas.

A composição química do bagaço integral indica similaridade com a de madeiras folhosas, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação química do bagaço de cana-de-açúcar com madeiras folhosas.

Componente	Bagaço de cana-de-açúcar	Madeiras Convencionais
Celulose (%)	26-46	43-47
Hemiceluloses (%)	19-33	25-35
Lignina (%)	14-23	16-24

Fonte: Adaptado de CTC (2011) e Klock et al. (2005).

Observa-se uma expansão significativa na quantidade de bagaço de cana produzido nos últimos anos. Somente no Estado de São Paulo anualmente são gerados aproximadamente 90 milhões de toneladas desse subproduto. Desse montante, 60% são destinados para fornecimento de calor em forma de energia para operações das usinas e 40% não são utilizados (CONAB, 2010), o que se faz necessário o desenvolvimento de novas pesquisas e técnicas que

proporcionem destino sustentável ao montante dos subprodutos oriundos dessa cultura (FIORELLI et al., 2011).

A queima para a produção de energia, a partir do bagaço, ocorre no processo de produção da usina. O subproduto é levado por uma esteira até a caldeira, que realiza a queima. Depois de passar pelas turbinas e geradores, o vapor produzido na queima gera energia elétrica (DANTAS, FILHO, 2009).

2.3. Aglomerados de material lignocelulósico

Segundo VITAL et al. (2008) aglomerado é um painel manufaturado com partículas de madeira ou de outro material lignocelulósico unidas com um adesivo. Enquanto para Mattos; Gonçalves & Chagas (2008), o aglomerado é uma chapa fabricada com partículas de madeira aglutinadas por meio de resina, com ação de calor e pressão. Ainda de acordo com os mesmos autores, como matéria-prima, são empregados em sua fabricação, resíduos industriais de madeira, resíduos da exploração florestal, madeiras de qualidade inferiores, não industrializáveis, madeiras provenientes de florestas plantadas e reciclagem de madeira sem serventia. No Brasil, a madeira de florestas plantadas, em especial de pinus e de eucalipto, constitui a principal fonte de matéria-prima.

Os painéis de madeira aglomerada surgiram na Alemanha, no início da década de 40, visando à utilização de resíduos madeireiros devido à dificuldade do país em obter madeira de boa qualidade em decorrência da 2ª Guerra mundial (BELINI, 2012, apud IWAKIRI, 2005).

No Brasil, o início da produção de aglomerado foi verificado em 1966 na cidade de Curitiba - PR e, possivelmente em virtude de uso em locais não apropriados e na condição de um produto novo no mercado brasileiro, foi alvo de questionamentos quanto a limitações de qualidade. No decorrer de seu desenvolvimento foram incorporadas novas tecnologias que, aliado a uma estratégia para aproximação do painel MDF (Medium Density Fiberboard), culminaram com a nova denominação de painel MDP (Medium Density Particle Board), marca registrada da empresa Eucatex S.A., e sendo uma das principais matérias-primas para o setor moveleiro brasileiro (BELINI, 2012).

O painel aglomerado (ou MDP) é produzido a partir de pequenas partículas de madeira impregnadas com resina ureia-formaldeído (em sua maioria) e consolidado pela aplicação de calor e pressão. É um produto amplamente empregado na fabricação de móveis, em função de suas características tecnológicas, custo competitivo e escala de produção que o tornam o painel constituído de madeira mais utilizado no mundo (BELINI, 2012, apud IWAKIRI, 2005).

Segundo MENDES (2008) a agroindústria brasileira apresenta vários tipos de resíduos lignocelulósicos com potencialidades de aproveitamento para a fabricação de painéis aglomerados, tais como: sabugo de milho, casca de arroz, casca de café, casca de amendoim, bambu, caule de bananeira, casca de coco, caule de mandioca, casca de mamona, bagaço de cana-de-açúcar, dentre outros. O que além de contribuir para a reciclagem dos resíduos, ainda promove a agregação de valor aos mesmos.

Em função da crescente escassez de madeira e do aumento de consumo de produtos compostos de madeira é inevitável que se considerem alternativas a serem aplicadas nas indústrias que utilizam madeira, como as de aglomerados de MDF, MDP e de compensado (YANG, KIM; KIM, 2003).

Segundo Maloney (1993) painéis aglomerados convencionais apresentam as seguintes vantagens, em relação à madeira maciça: minimização dos efeitos de anisotropia, possibilidade de eliminação de fatores que diminuam a resistência mecânica da madeira, menores exigências no que se refere à matéria-prima, por meio de controle de variáveis de produção pode-se adequar às propriedades físico-mecânicas do painel. As desvantagens desses elementos são: superfícies e bordas grosseiras, baixa qualidade na usinagem, não se adequam à introdução de pregos pode-se esfacelar com uso inadequado de dobradiças e parafusos, e apresenta baixa resistência a umidade. Apesar dos problemas mencionados, com o decorrer do tempo, foram incorporadas novas tecnologias, como o uso de parafinas, controle do gradiente de densidade e sistemas de aparafusamento mais eficientes.

Os painéis de madeira aglomerada são os mais produzidos e consumidos no mundo. Como maiores fabricantes mundiais, destacam-se China (32%) e Estados Unidos (21%), sendo o Brasil o quinto, com pouco mais de 5% do volume fabricado. Como países exportadores responsáveis por 65% das exportações globais, destacam-se China (23%), Malásia (18%), Indonésia (14%) e Brasil (11%) (BIAZUS; HORA; LEITE, 2010).

A produção de painéis aglomerados de resíduos de bagaço de cana, além de sofrer uma agregação de valor, poderá atender à crescente demanda da indústria de painéis de madeira, além de possibilitar sua expansão, diminuir a utilização de madeira e conseqüentemente a pressão sobre as florestas, e ainda reduzir custos de produção dos painéis, tornando-os ainda mais competitivos no cenário econômico (MENDES et al., 2010).

No ano de 2002 foi criada a primeira norma técnica brasileira para chapas de madeira aglomerada, a NBR 14.810. Esta norma definiu as chapas de aglomerado como produtos em forma de painel, conhecido como MDP (Medium Density Particle Board), variando de 3 a 50 mm de espessura, constituído por partículas de madeira aglomeradas com resinas naturais ou

sintéticas, termofixas, sob pressão e calor. A geometria das partículas e sua homogeneidade, os tipos de adesivos, a densidade e os processos de fabricação podem ser modificados para produzir produtos adequados aos usos finais específicos. Durante o processo de fabricação, podem ser ainda incorporados aditivos para prover painéis com características especiais conforme ABNT NBR 14810-2 (2013).

2.4. Adesivos e aditivos

2.4.1. Adesivos

De acordo com SKEIST (1990), adesivos: são substâncias que unem materiais criando um todo, o qual é maior que a soma de suas partes. Para a ABNT NBR 14810-2 (2013), adesivo ou resina é a substância utilizada com o objetivo de aderir partículas de madeira em uma chapa aglomerada. Pode ser orgânico ou inorgânico.

As resinas ou adesivos utilizados no processo de produção de painéis reconstituídos de madeiras são formados a partir da reação entre compostos que possuem grupos reativos entre si (grupos carbonílicos + grupos amino, imino ou amida) formando estruturas tridimensionais altamente complexas, de pesos moleculares praticamente infinitos, com características de infusibilidade e insolubilidade, pertencendo ao grupo dos polímeros termofixos (BELINI, 2012).

O termo resina sintética é genérico de uma classe de produtos que, quando seco (ou após cura) têm composição química complexa e alto peso molecular, insolúvel em água, dureza, infusibilidade, boas práticas térmicas e fácil adaptação às condições de cura, baixo custo, rápida reação de cura em prensagem a quente, claras ou transparentes. No entanto, painéis não apresentam resistência à umidade, mesmo com utilização dessas resinas (BELINI, 2012).

Os principais adesivos comercialmente empregados na indústria de madeira aglomerada são aqueles de origem sintética e que apresentam a propriedade de se tornarem termorrígidos pela ação do calor ou de catalizadores específicos. Assim, são amplamente empregados com este propósito os adesivos de fenol-formaldeído, ureia-formaldeído e isocianatos sem extensores ou cargas (MALONEY, 1993; KOLMAN, KUENZI & STAMM, 1975).

As resinas próprias da madeira não são suficientes para aderir às fibras do painel aglomerado (BERNARDI, 2006). Desta forma, a aplicação do adesivo é uma das variáveis mais importantes no processo de industrialização de painéis.

Segundo Iwakari (2005) deve-se aperfeiçoar a quantidade de adesivo a ser aplicado pois é a matéria-prima de maior custo na produção de chapas aglomeradas. O autor destaca os três principais adesivos utilizados para a produção de painéis:

. Ureia Formaldeído (UF) – Possui baixo custo, facilidade de manuseio, cura rápida, é incolor não ocasionado tingimento à superfície do painel. É o adesivo mais utilizado no processo e produção de aglomerados que se destinam a usos internos.

. Fenol Formaldeído (FF) – Usado na produção de aglomerados estruturais como o painel de estrutura orientada (em inglês: Oriented Strand Board) “OSB” e “waferboard”, pois necessitam de alta resistência. É utilizado com menor frequência.

. Melanina Formaldeído – Devido ao custo elevado, o adesivo pode ser utilizado em conjunto com a ureia formaldeído nas porcentagens entre 10 e 40%. Esta mistura confere às chapas maior resistência à água.

Existem adesivos alternativos para aplicações em aglomerados como, por exemplo, a resina poliuretana à base de óleo de mamona que se constitui como alternativa eficiente para a produção de painéis particulados, inclusive com a utilização de bagaço de cana na composição (FIORELLI et al., 2011). Já a aplicação da resina de ureia formaldeído tem bom desempenho em diferentes temperaturas (160 a 200°C), quantidades de catalizador, tempo de prensagem, e capacidade de tamponamento da madeira (BERNARDI, 2006).

A ureia formaldeído é uma cola de tempo de vida muito limitada, em torno de 4 horas apenas. Dessa forma deve ser formulada momentos antes da aplicação, misturando o adesivo ao catalizador endurecedor (VIGNOTE & JIMENEZ, 2003).

2.4.2. Aditivos

Os aditivos são substâncias que são adicionadas à mistura que formará os painéis durante a aplicação do adesivo. Tem por finalidade melhorar as propriedades específicas do painel depois de finalizado.

2.4.3. Catalizador

São produtos aplicados na resina ou adesivo com o objetivo de acelerar a polimerização e reduzir o tempo de cura das mesmas. Para a resina ureia formaldeído, os catalizadores utilizados são à base de cloreto de amônia e sulfato de amônia. Agem reativando a pré-condensação, com

redução do pH da resina, acidificação do meio, promovendo o endurecimento por combinação com o formaldeído livre (IWAKARI, 2005).

2.4.4.Emulsão de parafina

É utilizado na proporção de até 1% baseado no peso de sólidos resinosos. Tem a propriedade de reduzir a absorção de água e melhorar a estabilidade dimensional dos painéis (SILVA, 2013).

2.4.5.Retardantes de fogo

São compostos incorporados nos painéis durante o processo de produção, sendo aplicados por impregnação dos painéis após a prensagem. Normalmente são produzidas à base de fosfato de amônia, ácido bórico, sulfato de amônia e bromato de amônia. Estes compostos químicos tem a propriedade de retardar a propagação de chamas (BARROS FILHO, 2009).

2.4.6.Preservantescontra fungos e insetos

São substâncias adicionadas aos painéis durante o processo de produção que tem a função de minimizar a proliferação de fungos e danos por insetos. Estes produtos são de composição variável e podem ser utilizadas de maneira satisfatória na prevenção de ataques na proporção de 0,25 a 2,5% com base do peso das partículas secas (SILVA, 2013).

2.5. Estudos anteriores

Em experimento conduzido por Pedreschi (2009), que avaliou o aproveitamento do bagaço de cana da indústria sucroenergética na produção de painéis aglomerados, testou com sucesso treze tratamentos visando obter a constituição dos painéis em camadas, os tipos e teores de adesivos e suas associações nas camadas dos painéis, a comparação das propriedades físicas mecânicas, com a produção de painéis produzidos em escala industrial com bagaço de cana, provenientes da China e, também, com os produzidos em escala industrial com madeira de eucalipto no Brasil.

Já Belini (2012), ao estudar a caracterização tecnológica de painéis de fibras de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) e de partículas do bagaço de cana, conseguiu estabelecer as etapas de confecção dos painéis com as devidas variações nas porcentagens de matérias primas.

No experimento de Dacosta (2004), cujo objetivo foi avaliar a qualidade dos painéis aglomerados confeccionados com resíduos de *Pinus elliotti* resultantes do processamento da madeira, conseguiu produzir chapas com dois tipos de resíduos, serragem e maravalha, utilizadas puras e misturadas.

Silva (2013), com o objetivo estudar o aproveitamento de resíduos de madeira (maravalha) de pinus e bagaço de cana-de-açúcar para a produção de chapas de madeira aglomerado, estudou diferentes proporções de incorporação das fibras do bagaço de cana e maravalhas de pinus na produção de chapas aglomeradas. Os resultados dos ensaios de densidade, teor de umidade e flexão estática não se enquadraram na faixa estabelecida pela norma ABNT NBR 14810-2.

Em pesquisa realizada por Silva (2006), que estudou a aplicação de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel particulado similar ao OSB (Oriented Strand Board), o trabalho consistiu na avaliação da viabilidade técnica do emprego dessas partículas longas e orientadas do bagaço de cana-de-açúcar e o adesivo utilizado foi à resina poliuretana à base de óleo de mamona e a resina Cascomel M 08 a base de ureia formaldeído.

Já Carvalho (2012), ao estudar as propriedades térmicas do painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), determinou o fluxo de transferência de calor por convecção livre para os painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar provenientes da China e comparou-os com os painéis aglomerados de pinus e de eucalipto. Os resultados da pesquisa demonstraram que o fluxo de transferência de calor dos painéis de bagaço de cana foi estatisticamente diferente dos painéis aglomerados de pinus e eucaliptos.

No experimento conduzido por Fiorelli et al. (2011), que estudaram painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona, teve como finalidade verificar a qualidade dos painéis com a prescrição normativa NBR 14810 (ABNT, 2006). Após a análise dos resultados, os painéis avaliados foram classificados segundo a norma ANSI A208. 1 (1993), como material de alta densidade, portanto recomendado para uso industrial. A resina à base de óleo de mamona mostrou-se eficiente como matriz polimérica para a fabricação de compósito à base de bagaço de cana de açúcar.

Sanchez et al. (2010), ao avaliarem o compósito de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar, verificaram uma melhora nas propriedades de impacto e módulo de elasticidade em flexão e nenhuma alteração significativa no módulo de elasticidade em tração dos compósitos em relação às resinas sem esforços. Já “Mendes et al., (2010), em experimento que objetivou avaliar painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com

madeira de eucalipto, concluíram que o adesivo de UF (ureia formaldeído) mostrou-se estatisticamente igual ou superior ao FF (Fenol formaldeído) em quase todas as propriedades avaliadas.

O painel portante estrutural com chapa de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina de mamona para centro de manejo bovino foi o tema da pesquisa conduzida por Sartori (2012). O trabalho consistiu em ajustar um processo para a fabricação de chapas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana bi componente à base de óleo de mamona, avaliar tecnicamente as propriedades físico-mecânicas, micro estrutural e de durabilidade desse material e validar seu uso como componente de painel portante para uso como fechamento lateral de instalações zootécnicas para bovino. Os resultados indicaram que as chapas com partículas de dimensão até 8 mm apresentaram valores de propriedades físico-mecânicas que atendem as recomendações mínimas dos documentos normativos para uso estrutural. O painel portante apresentou desempenho estrutural adequado para resistir às cargas de impacto nas condições de uso, sendo possível indicá-lo como alternativa para o fechamento lateral em centros de manejo bovino.

Barros Filho (2009) estudou painéis aglomerados à base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas ureia formaldeído e melamina formaldeído, cujo objetivo foi desenvolver caracterizar e comparar painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e misturas de partículas com pinus e eucalipto. O autor concluiu que, para os testes físicos, os painéis atenderam a norma americana CS 236-66 de comercialização de painéis aglomerados de média densidade, enquanto no que se referem aos testes mecânicos, os resultados não atenderam a mesma norma.

Em pesquisa conduzida por Battistelle, Ferreira & Vecchia (2004), onde foi estudado o emprego do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas, verificaram-se que o bagaço de cana-de-açúcar apresenta bom potencial para a produção de chapas aglomeradas, agregando valor em sua aplicabilidade.

Já em pesquisa conduzida por Freire et al. (2011), onde foram estudadas as propriedades físicas de painéis aglomerados comerciais confeccionados com bagaço de cana e madeira, concluíram-se que o aglomerado de bagaço de cana apresentou maiores valores de absorção de água lateral e o de madeira os valores foram maiores para absorção total após 2 horas, porém igualou-se à absorção superficial após 24 horas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Camilo Castelo Branco/Campus de Fernandópolis- SP, em conjunto com a Indústria Truck Galego/Divisão Cargo Van de Votuporanga - SP e o Instituto Federal São Paulo/Campus de Votuporanga- SP. O período de execução do trabalho compreendeu entre julho de 2015 a fevereiro de 2016.

3.2. Materiais utilizados

3.2.1. Bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar foi adquirido por doação da Alcoeste Destilaria Fernandópolis S.A. situada no município de Fernandópolis – SP (Figura 1).



Figura 1: Detalhe da localização da Alcoeste Destilaria Fernandópolis S.A.

Foram coletados ao todo 57 kg de bagaço de cana (Figura 2) e acondicionados em um big-bag. O material foi transportado até a empresa Truck Galego Divisão Cargo Van no município de Votuporanga - SP, local onde foram confeccionados os painéis.



Figura 2: Local de coleta do bagaço de cana na Destilaria.

Na empresa Truck Galego em Votuporanga, o bagaço de cana-de-açúcar foi espalhado sobre uma lona plástica em local onde a temperatura ambiente variou de 24°C durante a noite a 43°C durante o dia, por um período de seis dias, procedimento este que visou diminuir o teor de umidade. Nesse período, o bagaço foi revirado duas vezes ao dia de modo a garantir homogeneidade na redução da umidade (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Bagaço de cana espalhado pela lona plástica.



Figura 4: Bagaço de cana-de-açúcar espalhado pela lona plástica.

3.2.2. Adesivos e aditivos

O adesivo utilizado no experimento para a confecção do aglomerado foi o Cascamite PL-2030 CASCO para prensa quente. O Cascamite PL-2030 é uma resina líquida à base de ureia formaldeído com baixa emissão de formol, cuja especificação encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4: Especificações da resina ureia formaldeído Casacamite PL 2030.

Propriedade	Unidade	LIE – LSE
Aspecto do produto	-	Líquido, branco leitoso
Teor de sólidos 0,5g/3h/105°C	%	64 – 66
Viscosidade Brookfield 3/60	cP	600 -1000
pH	-	7,6 – 8,2
Densidade	g cm ⁻³	1,2801 -1,2904
Formol Livre	%	0,0 – 1,0

Fonte: HEXION (2014)

O catalizador utilizado foi o Endurecedor para Cascamite K6 o qual consiste num sal à base de cloreto de amônia. Como aditivo higroscópico, utilizou-se a emulsão de parafina. Ambos os produtos foram adquiridos no mercado.

3.3. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar

O ensaio para a caracterização do bagaço de cana utilizado na pesquisa foi realizado no Laboratório de Bioensaios da Universidade Camilo Castelo Branco/Campus de Descalvado - SP, onde foram determinadas as porcentagens de MS (matéria Seca), MM (matéria mineral), FDN (fibra em detergente neutro - celulose + hemiceluloses + lignina), FDA (fibra em

detergente ácido – celulose + lignina), LIG (lignina), HEM (hemicelulose) e CEL (celulose) e os resultados se encontram na Tabela 5.

Tabela 5: Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar.

Componente	Unidade	Valores Encontrados
MS	%	93,42
MM	%MS	1,52
FDN	%MS	92,01
FDA	%MS	59,09
LIG	%MS	11,07
HEM	%MS	32,92
CEL	%MS	48,02

3.4. Produção dos painéis

Na Figura 5 está apresentado o fluxograma das etapas para a confecção dos painéis de aglomerados de bagaço de cana.

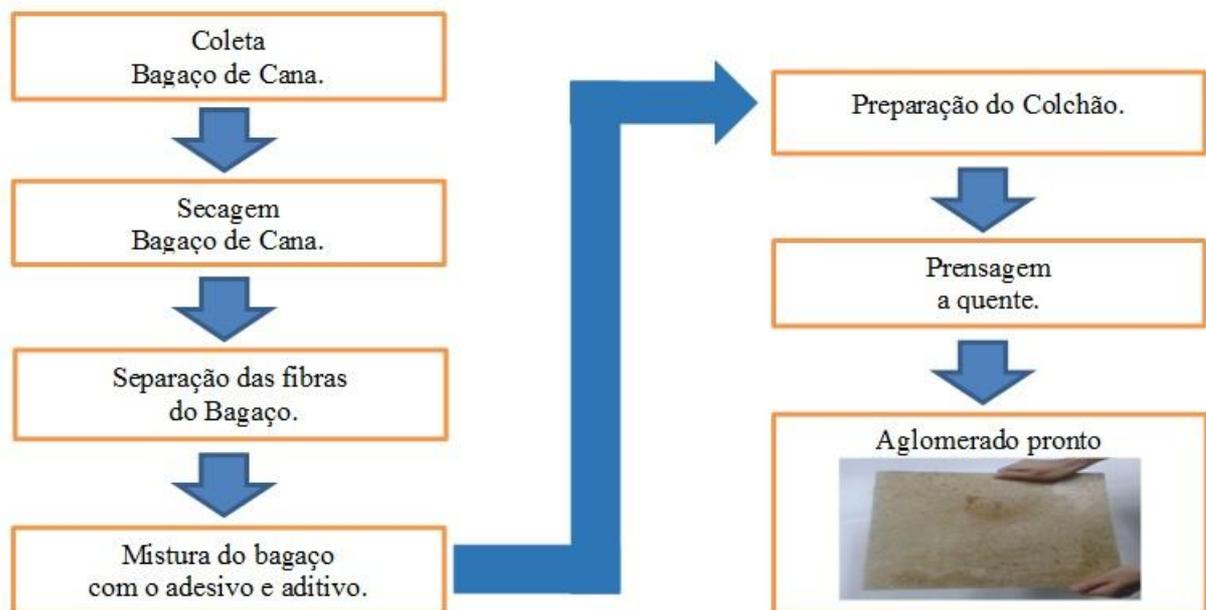


Figura 5: Detalhe da sequência do processo de produção.

3.4.1. Separação das fibras

O bagaço de cana-de-açúcar, depois de seco por um período de seis dias, foi peneirado em uma peneira de malha de 2,0mm. Somente o material fibroso retido nessa peneira foi utilizado no experimento para a confecção dos painéis, conforme pode ser visualizado na Figura 6.



Figura 6: Detalhe das fibras do bagaço utilizado na confecção dos painéis.

3.4.2. Confecção dos moldes

Para o processo de produção dos painéis, foi confeccionado um molde em chapa de aço vazado na medida de 45 x50 cm, de modo a servir de forma para a pré-prensagem do bagaço já misturado, formando o colchão a ser prensado a quente (Figura 7).



Figura 7: Detalhe do molde de aço utilizado na prensagem a quente.

3.4.3. Mistura do bagaço de cana com o adesivo e aditivo

As partículas secas ao ar de bagaço de cana peneirado foram acondicionadas em uma caixa de aço com rodas em formato de carrinho de mão (Figura 8), onde foi adicionado o adesivo à base de ureia formaldeído, a emulsão de parafina e aproximadamente 1,5 litros de água, aspergida à medida que se misturava o material.



Figura 8: Detalhe do carrinho de mão utilizado para misturar bagaço.

O material foi misturado até conseguir a maior homogeneização possível e o processo foi realizado de forma manual. Todo o processo de mistura manual, para cada prensagem, durou aproximadamente 15 minutos (Figura 9).



Figura 9: Detalhe do processo de mistura e homogeneização do bagaço com o adesivo e aditivo.

A quantidade de material que foi preparado para cada prensagem foi calculada levando-se em conta o tamanho dos pratos confeccionados para a prensa quente e a dimensão final do aglomerado o qual deveria ser suficiente para retirar os corpos de provas necessários para os ensaios.

Após o teste de diferentes proporções entre: bagaço, adesivos e aditivos para a obtenção da consistência necessária, chegou-se na proporção final apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Proporção final de materiais utilizados na produção das chapas aglomeradas.

Material	Quantidade (g)	Proporção (%)
Bagaço de Cana	1290	81,4
Adesivo ureia formaldeído	272	17,2
Catalizador/Endurecedor	8,4	0,5
Emulsão de Parafina	13,6	0,9
Total	1584	100

Para os valores constantes na Tabela 6, foi levado em consideração, o peso da parte sólida do adesivo ureia formaldeído e da emulsão de parafina. O adesivo ureia formaldeído utilizado no experimento têm 65% de teor sólido na composição segundo o boletim técnico do Cascamite PL 2030 Hexion. A Emulsão de parafina, para os cálculos, foi considerada 60% de teor de sólidos segundo valor informado pelo fornecedor do material e também valor utilizado em outros trabalhos pesquisados.

3.4.4 -Preparação do colchão para a prensagem a quente

A mistura do bagaço de cana, uma vez homogeneizada com o adesivo e a emulsão de parafina, foi levada ao local da prensagem e espalhada manualmente no molde de aço para a prensagem do colchão.

Toda a quantidade preparada na mistura foi acondicionada no molde de maneira a ficar bem homogênea no espalhamento no molde. O molde de aço foi colocado sobre uma chapa de madeira compensada, para facilitar o transporte do colchão até a mesa de preparo para a prensa a quente. Foi também colocada uma chapa laminada de alumínio de espessura 0,7mm que ainda foi revestida com papel alumínio para evitar o contato da madeira com a mistura.

Na parte superior do molde foi confeccionada uma chapa de madeira compensada nas medidas de 55 x55 cm que também foi revestida em papel alumínio para servir de êmbolo de pressão. Todo esse processo de prensagem do colchão foi realizado no chão, e por sobre a tampa

ênbolo foram colocados pesos que somaram um total 280 kg. O tempo da prensagem do colchão foi de 20 minutos (Figuras 10, 11e 12).



Figura 10: Detalhe da prensagem da mistura para a formação do colchão.



Figura 11: Colchão já formado sobre a chapa de alumínio e com a tampa embola em cima.



Figura 12. Colchão desformado e pronto para ser levado a prensa quente.

3.4.5. Prensagem a quente

A prensa utilizada no experimento foi uma adaptação de uma prensa hidráulica utilizada para estampo de peças de aço de utilização na divisão Cargo Van na empresa Truck Galego. A adaptação da prensa consistiu em construir dois pratos de aço, um superior e outro inferior, de modo que fosse possível adaptar resistências elétricas para o aquecimento deles a uma temperatura de até 200°C, garantindo assim, a prensagem a quente.

Foi colocado um termostato controlador de forma a ajustar a temperatura desejada à prensagem do experimento a qual foi de 160°C. A pressão de trabalho máxima utilizada no experimento foi de 100 bar. Antes de cada prensagem, os pratos da prensa foram deixados aquecendo por um tempo não inferior a 1 hora de maneira a garantir homogeneidade da temperatura dos pratos antes da prensagem.

Sobree abaixo do colchão também foi colocada uma chapa de alumínio de espessura 0,7mm revestida de papel alumínio com o objetivo de evitar a aderência de fibras nos pratos da prensa a quente (Figura 13). Em seguida todo esse conjunto foi levado à prensa quente por um período de 30 minutos após a pressão da prensa se estabilizar em 95 bar de pressão (Figura 14).



Figura 13: Detalhe do colchão pronto para a prensagem a quente, com os laminados superior e inferior revestidos de papel alumínio.



Figura 14: Colchão sendo prensado a quente.

3.4.6. Aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar

Todo o processo de preparação e prensagem foi repetido 8 vezes. Portanto foram produzidas 8 placas aglomeradas as quais foram esquadrejadas nas medidas de 45 x 50 cm em uma serra circular de modo a ficar todas com as arestas aparadas. Os aglomerados finalizados podem ser visualizados na Figura 15.



Figura 15: Detalhe do aglomerado finalizado.

3.5 - Ensaios físicos e mecânicos nos painéis

Todos os testes e ensaios realizados nos painéis foram de acordo com norma brasileira ABNT NBR 14810-2 (2013). Foram realizados os seguintes testes e ensaios: (1) determinação da densidade, (2) determinação do teor de umidade, (3) determinação do inchamento durante 24 horas, (4) determinação do inchamento após 2 horas, (5) ensaio de flexão e (6) ensaio de determinação da resistência à tração perpendicular.

3.5.1. Corpos de provas

As dimensões dos corpos de provas utilizados nos testes e ensaios foram padronizadas conforme a Tabela 7.

Tabela 7: Dimensões dos corpos de prova e repetições utilizadas em cada ensaio.

Ensaio	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Quantidade
Densidade	50	50	12,5 – 15,0	10
Teor de Umidade	50	50	12,5 – 15,0	10
Inchamento 24 h	50	50	12,5 – 15,0	10
Inchamento 2 h	50	50	12,5 – 15,0	10
Flexão	350	50	12,5 – 15,0	11
Tração Perpendicular	50	50	12,5 – 15,0	10

3.5.2. Ensaio para a determinação da densidade

Para a determinação da densidade média foram utilizados 10 corpos de provas, sendo a densidade determinada pela seguinte expressão:

$$D = \frac{M}{V} \cdot 10^6, \text{ sendo:}$$

D - Densidade do corpo de prova (kg m^{-3});

M - Massa do corpo de prova (g);

V - Volume do corpo de prova (mm^3).

A massa dos corpos de prova foi obtida com o auxílio de uma balança de resolução 0,1 g e o volume foi determinado a partir da seguinte expressão:

$$V = b1 \cdot b2 \cdot e, \text{ sendo:}$$

b1 – comprimento do corpo de prova (mm);

b2 – largura do corpo de prova (mm);

e – espessura (mm).

3.5.3. Ensaio para a determinação da umidade.

O ensaio para a determinação do teor de umidade foi realizado no laboratório de bioensaios da Universidade Camilo Castelo Branco/Campus de Fernandópolis. Foram utilizados 10 corpos de provas com dimensões já apresentadas (Tabela 6), balança com resolução 0,001g marca Adventurer Ohaus (Figura 16a), estufa com termostato regulador marca Fanem Modelo 320-SE (Figura 16b) e dessecador (Figura 16c).

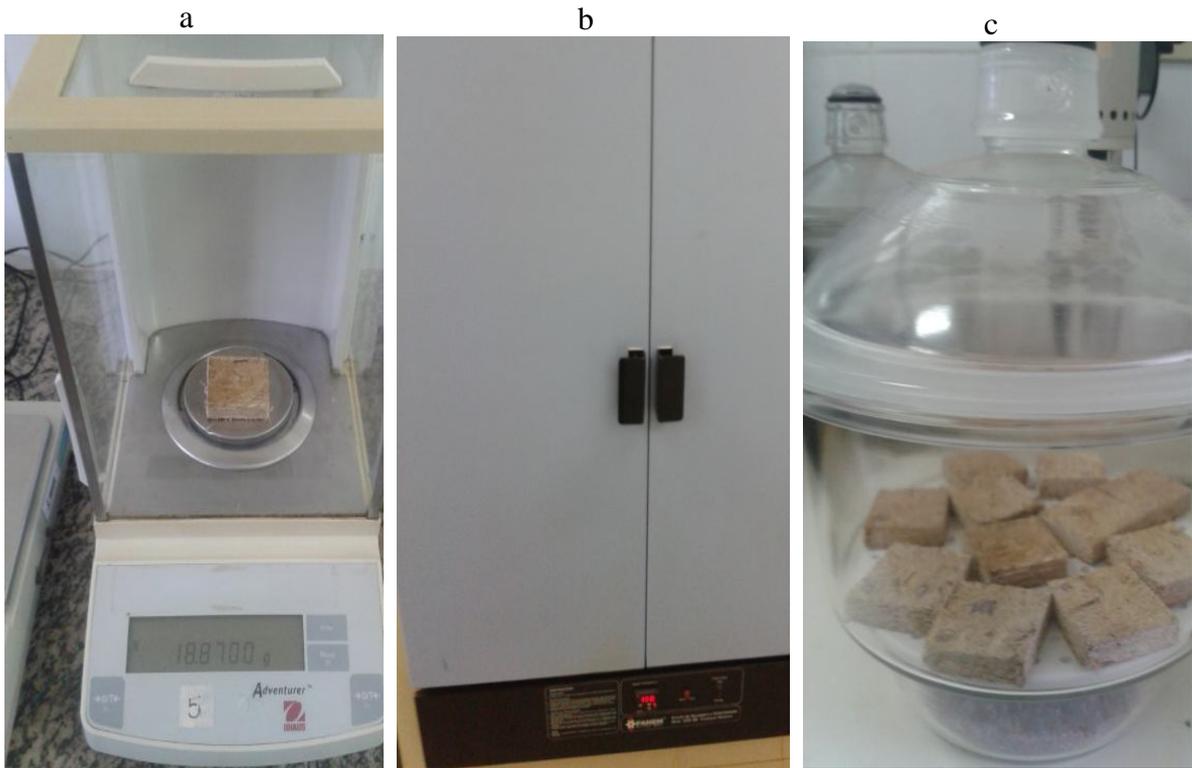


Figura 16: Detalhes da balança (a), estufa (b) e dessecador (c) utilizados na determinação da umidade.

A umidade dos corpos de prova foi determinada de acordo com a seguinte expressão:

$$U = \frac{(MU - MS)}{MS} \cdot 100, \text{ sendo:}$$

U - Umidade (%);

MU - Massa Úmida (g);

MS - Massa Seca (g).

As massas úmidas foram consideradas as massas dos corpos de prova na umidade ambiente. Em seguida, os corpos de provas foram levados para a estufa a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ por um período de 6 h. Após o período de 6 h na estufa, os corpos de prova foram resfriados no dessecador e pesados novamente para a obtenção da massa seca.

3.5.4. Ensaio para a determinação do inchamento durante 24 h

O ensaio de determinação do inchamento durante o período de 24 h foi realizado na Truck Galego divisão Cargo Van. Para isso, foi confeccionado um recipiente com um dispositivo para

manter os corpos de provas submersos (Figura 17). Para este ensaio também foi utilizado um paquímetro como instrumento de medição da deformação dos corpos de prova.

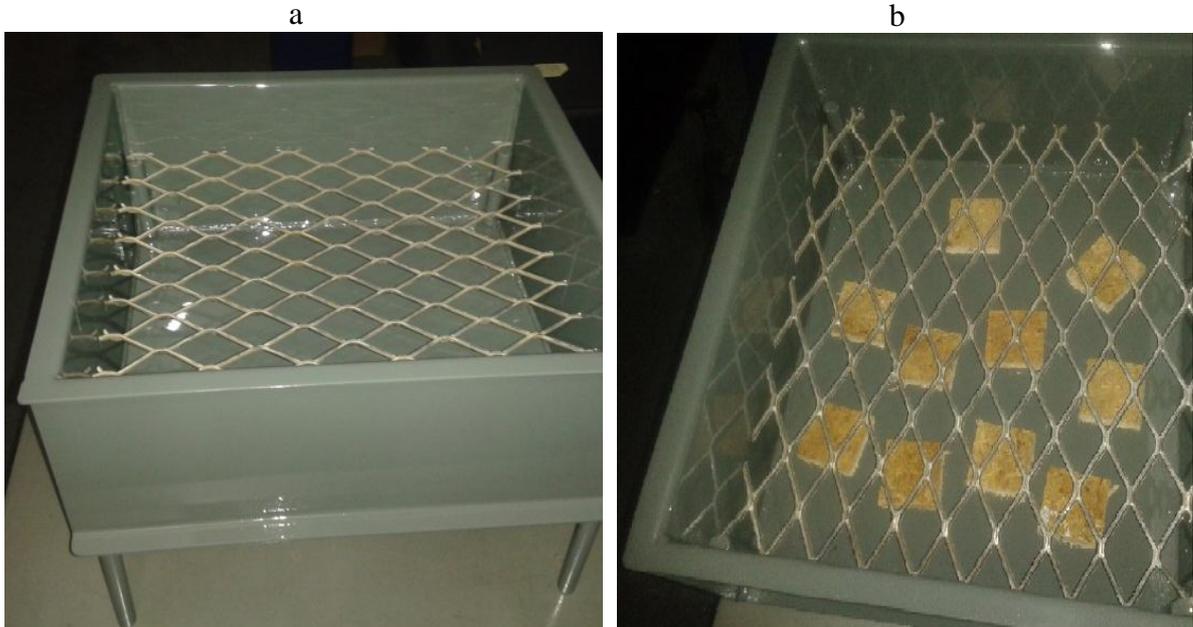


Figura 17: Detalhe do recipiente confeccionado para a determinação do inchamento (a) e dos corpos de prova submersos no recipiente (b).

Inicialmente foi realizada a medição da espessura dos corpos de prova individualmente antes da imersão no recipiente. Em seguida, os mesmos foram imersos na água com o dispositivo de imersão (que mantém os mesmos submersos), por um período de 24 h \pm 30 min. Após este período, as espessuras dos corpos de prova foram medidas novamente. A expressão para a determinação do inchamento é:

$$I = \frac{(E1 - E0)}{E0} \cdot 100, \text{ sendo:}$$

I – Inchamento (%);

E0 – Espessura antes da imersão (mm);

E1 – Espessura após a imersão de 24 horas (mm).

3.5.5. Ensaio para a determinação do inchamento durante 2 h

Esse ensaio foi semelhante ao ensaio de inchamento de 24 h, exceto pelo tempo de imersão que foi de 2 h. A expressão dos resultados também foi dada pela equação:

$$I = \frac{(E1 - E0)}{E0} \cdot 100, \text{ sendo:}$$

I – Inchamento (%);

E0 – Espessura antes da imersão (mm);

E1 – Espessura após a imersão de 2 horas (mm).

3.5.6. Ensaio para determinação da flexão estática e módulo de elasticidade

O ensaio para a determinação da flexão estática e o módulo de elasticidade foi realizado no laboratório de mecânica do Instituto Federal São Paulo/Campus Votuporanga. Para isso, foi utilizada a máquina universal de ensaio EMIC DL30000, com o dispositivo para ensaio de flexão (Figura 18). Para este teste foram utilizados 11 corpos de prova de 350 x 50 mm (Tabela 6) e um paquímetro como instrumento de medição.



Figura 18: Detalhe do teste de flexão nos corpos de prova.

A resistência à flexão estática é obtida a partir da seguinte expressão:

$$\text{MOR} = \frac{1,5 \cdot P \cdot D}{B \cdot E^2}, \text{ sendo:}$$

MOR – Módulo de resistência a flexão estática (Nmm²)

P – Carga de ruptura (N);

D – Distância entre apoios (mm);

B – Largura do corpo de prova (mm);

E – Espessura do corpo de prova (mm).

Já o módulo da elasticidade foi determinado pela seguinte expressão:

$$\text{MOE} = \frac{P1 \cdot D^3}{d1 \cdot 4 \cdot B \cdot E^3}, \text{ sendo:}$$

MOE – Módulo de elasticidade (N mm²);

P1 – Carga no limite de proporcionalidade (N);

D – Distância entre apoios (mm);

d1 – Deflexão correspondente a Carga P (mm);

B – Largura do corpo de prova (mm);

E – Espessura do corpo de prova (mm).

Todas as informações necessárias para o cálculo da resistência a flexão estática e do módulo de elasticidade foram obtidas a partir do ensaio de flexão, onde é aplicada uma carga máxima P antes do rompimento de cada corpo de prova.

3.5.7. Ensaio para determinação da resistência a tração perpendicular

O ensaio para a determinação da resistência a tração perpendicular também foi realizado no laboratório de mecânica do Instituto Federal São Paulo/Campus Votuporanga. Foi utilizada a máquina de ensaio universal EMIC DL 30000 com o dispositivo para ensaio de tração confeccionado especialmente para o ensaio em madeira (Figura 19). Também foi utilizado um paquímetro como instrumento de medição e 10 corpos de provas 50 x 50 (mm) e 10 pares de blocos metálicos para fixação dos corpos de prova também confeccionados especialmente para esse ensaio (Figura 20).



Figura 19: Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 30000 com dispositivo para tração.



Figura 20: Detalhes dos blocos metálicos para fixação dos corpos de prova (a) e blocos metálicos para fixação dos corpos de prova com o dispositivo de tração (b)

A resistência à tração perpendicular é determinada a partir da seguinte expressão:

$$TP = \frac{P}{S}, \text{ sendo:}$$

TP – Resistência à tração perpendicular (Nmm⁻²);

P – Carga (N);

S – Área da superfície (mm²).

A área da superfície foi determinada pela seguinte expressão:

$$S = b1 \cdot b2, \text{ sendo:}$$

b1 – Comprimento do corpo de prova (mm);

b2 – Largura do corpo de prova (mm).

O ensaio consistiu em colar previamente os 10 corpos de provas nos 10 pares de blocos metálicos (Figura 20a), sendo que o adesivo utilizado foi uma cola apropriada para madeira e aço e indicada para esse tipo de ensaio de tração com madeira. Na sequência, foi ensaiado individualmente cada corpo até seu rompimento para obter a força de rompimento e os dados necessários para a determinação da resistência a tração perpendicular.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Densidade

A densidade média encontrada foi de $717,79 \pm 35,49 \text{ kg m}^{-3}$, ou seja, ao nível de 5% de significância estatística, a densidade variou de 682 a 753 kg m^{-3} (Tabela 8).

Tabela 8: Dimensões, volume, massa e densidade dos corpos de prova.

CP	b1 (mm)	b2 (mm)	e (mm)	V (mm ³)	M (g)	D (kgm ⁻³)
1	49,45	50,05	11,73	29031	21,81	751,25
2	50,50	49,40	13,80	34427	22,32	648,33
3	49,18	50,30	12,63	31244	22,90	732,95
4	49,65	48,95	13,40	32567	21,41	657,42
5	48,98	50,60	13,49	33433	21,80	652,04
6	49,30	50,55	13,95	34765	25,44	731,77
7	50,13	49,13	11,89	29284	22,68	774,49
8	50,43	49,55	11,91	29761	23,14	777,53
9	49,13	50,38	11,83	29281	23,14	790,27
10	49,35	50,33	12,89	32016	21,19	661,86
m±ic	49,61±0,34	49,92±0,38	12,75±0,54	31581±1360	22,58±0,76	717,79±35,49

OBS: CP (corpos de prova); b1 e b2 (dimensões laterais); e (espessura); V (volume); M (massa); D (densidade); m (média); ic (intervalo de confiança a 5% de significância).

Esses resultados enquadram esses painéis de madeira aglomerada como de média densidade cuja faixa pré-estabelecida pela norma ABNT NBR 14810-2 (2013) é de 551 kg m^{-3} até 750 kg m^{-3} . Essa variação encontrada pode ser considerada normal, mas pode ser reduzida se o processo de mistura para a confecção dos colchões for realizado por meio de misturador mecânico.

4.2. Umidade

A umidade média obtida foi de $8,49 \pm 0,09\%$ (Tabela 9), com variação de 8,41 a 8,58% ao nível de significância de 5% em torno do intervalo de confiança. Estes resultados estão dentro da faixa pré-estabelecida pela norma ABNT NBR 14810-2 (2013), a qual estabelece uma faixa de 5 a 13% de umidade para painéis aglomerados.

Dentre alguns fatores que influenciam o teor de umidade dos aglomerados pode-se destacar: produtos aplicados (ureia-formaldeído, parafina e água) que são perdidos por ficarem aderidos aos instrumentos (pistola, mangueira e carrinho misturador), destacando-se

principalmente a parafina; quantidade de partículas finas presentes ou geradas durante o processo de mistura, as quais consomem boa parte dos produtos citados; umidade das partículas que sofre rápida influência da umidade relativa do ambiente mesmo se secas em estufa, antes de iniciar a elaboração das chapas (DACOSTA, 2004).

Tabela 9: Determinação do teor de umidade.

CP	MU (g)	MS (g)	U (%)
1	23,5629	21,7583	8,29
2	21,6718	19,9741	8,50
3	22,7487	20,9711	8,48
4	20,4731	18,8691	8,50
5	20,7212	19,1087	8,44
6	21,3722	19,7040	8,47
7	21,7241	20,0017	8,61
8	24,4660	22,5479	8,51
9	22,0287	20,3339	8,33
10	22,0339	20,2540	8,79
m±ic	22,08±0,76	20,35±0,7	8,49±0,09

OBS: CP (corpos de prova); MU (massa úmida); MS (massa seca); U (umidade); m (média); ic (intervalo de confiança a 5% de significância).

4.3. Inchamento 24 h

O inchamento 24h médio foi de 22,17±1,79 mm (Tabela 10), com intervalo de confiança de 20,38 a 23,95 mm ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10: Determinação do inchamento 24h.

CP	E0 (mm)	E1 (mm)	I ₂₄ (%)
1	11,70	14,70	25,64
2	13,85	17,10	23,47
3	12,90	15,30	18,60
4	12,00	15,00	25,00
5	12,10	15,10	24,79
6	12,00	14,75	22,92
7	12,85	15,20	18,29
8	13,30	15,90	19,55
9	14,60	17,43	19,38
10	12,70	15,75	24,02
m±ic	12,8±0,57	15,62±0,59	22,17±1,79

OBS: CP (corpos de prova); E0 (espessura inicial); E1 (espessura final); I₂₄ (inchamento); m (média); ic (intervalo de confiança a 5% de significância).

Segundo a norma ABNT NBR 14810-2 (2013), o valor para inchamento 24 h deveria ser de no máximo 18%. Logo, verifica-se que os resultados do ensaio estão, em média, 23,1% acima do preconizado pela norma. Em contrapartida, a norma CS 236-66 (1968) estipula valores máximos de inchamento, em espessura a 2 h e 24h de imersão de 35 % (PEDRESCHI, 2009). Considerando essa norma, os resultados apresentados pelo ensaio se enquadram.

Segundo Brito (1995) este parâmetro pode ser afetado por muitas variáveis, destacando a espécie de madeira, granulometria das partículas, quantidade de resina aplicada, eficiência da aplicação da resina e condições de prensagem.

Barros Filho (2009) avaliou painéis de madeira aglomerado feitos com bagaço de cana provenientes de usina de álcool e açúcar, utilizando 9% de resina formaldeído, 1% de parafina, temperatura de 180°C por um tempo de prensagem de 8 minutos. O valor médio encontrado no ensaio de inchamento de 24 h foi de 21,44%, portanto bem próximo do encontrado neste trabalho.

Segundo a maioria dos pesquisadores, o aumento no teor e adesivo reduz o inchamento em espessura e, embora a tendência não seja bem estabelecida, este é elevado com o aumento da densidade da chapa (DACOSTA, 2004).

4.4. Inchamento 2 h

O inchamento 2h médio foi de $7,02 \pm 1,39$ mm (Tabela 11), com intervalo de confiança de 5,63 a 8,41 mm ao nível de 5% de significância.

Tabela 11: Determinação do inchamento 2h.

CP	E0 (mm)	E1(mm)	I ₂ (%)
1	12,73	13,93	9,43
2	12,63	13,60	7,68
3	13,60	14,73	8,31
4	14,13	14,93	5,66
5	13,56	14,40	6,19
6	13,43	14,13	5,21
7	14,90	15,48	3,89
8	13,13	14,43	9,90
9	14,28	14,90	4,34
10	13,03	14,28	9,59
m±ic	13,54±0,45	14,48±0,34	7,02±1,39

OBS: CP (corpos de prova); E0 (espessura inicial); E1 (espessura final); I₂ (inchamento); m (média); ic (intervalo de confiança a 5% de significância).

A norma ABNT NBR 14810-2 (2013) não apresenta valores limites e parâmetros para o ensaio de inchamento de 2h, somente apresenta valores limites para o ensaio de inchamento de 24h. Contudo a versão da NBR ABNT 14810 – 2 versão 2006 estabelecia um limite máximo em 8% para o ensaio de inchamento de 2 h.

O resultado encontrado no ensaio mostrou uma variação de 3,89% a 9,90 % no inchamento de 2 h. Analisando os resultados encontrados e comparando com a versão de 2006 da referida norma, verificou-se que a maioria dos corpos de provas (60%) atendeu o limite máximo de 8%.

Barros Filho (2009) avaliou painéis de madeira aglomerado feitos com bagaço de cana provenientes de usina de álcool e açúcar, utilizando 9% de resina formaldeído, 1% de parafina, temperatura de 180°C por um tempo de prensagem de 8 minutos. Os valores médios encontrados pelo autor, para o ensaio de inchamento de 2 h foi de 7,03%, portanto bem próximo do encontrado nesse experimento.

Comparando a norma Comercial Standard CS 236-66 (1968) a qual estipula valores máximos de inchamento, em espessura a 2 h e 24 h de imersão de 35 % (PEDRESCHI, 2009), o resultado apresentado pelo ensaio é atendido.

4.5. Resistência à flexão estática e o módulo de elasticidade

A resistência a Flexão Estática (MOR) média foi de $3,45 \pm 0,54$ N mm⁻² com intervalo de confiança de 2,91 a 3,99 N mm⁻² (Tabela 12), enquanto o Módulo de Elasticidade (MOE) médio foi de $509,1 \pm 107,98$ N mm⁻² com intervalo de confiança de 401,12 a 617,08 N mm⁻² (Tabela 11), ambos ao nível de 5% de significância.

Tabela 12: Resultados da resistência à flexão estática e o módulo de elasticidade.

CP	P (N)	E (mm)	d (mm)	P1 (N)	d1 (mm)	MOR (N mm ⁻²)	MOE (N mm ⁻²)
1	107,01	14,50	7,5964	104,30	5,7210	3,97	525,53
2	86,01	14,50	5,7781	84,66	5,1093	3,19	477,64
3	68,40	14,50	10,1780	60,96	6,0524	2,54	290,31
4	69,76	14,50	8,9650	65,02	6,5711	2,59	285,23
5	91,43	14,50	10,7270	88,05	8,1354	3,39	311,98
6	69,08	13,10	5,5465	67,05	4,7198	3,14	555,34
7	109,72	13,10	8,2018	105,66	5,6776	4,97	727,48
8	58,92	12,80	4,7371	54,86	3,4699	2,81	662,52
9	102,90	13,67	6,4407	100,92	4,5919	4,30	756,08
10	94,82	12,61	8,9191	93,47	7,6699	4,65	534,03
11	58,25	12,50	7,6972	54,86	5,0332	2,91	490,42
m±ic	80,93±11,43	13,58±0,53	7,7191±1,2623	77,55±11,91	5,7031±0,8922	3,45±0,54	509,1±107,98

OBS: CP (corpos de prova); P (carga de ruptura); E (espessura do corpo de prova); d (deflexão); P1 (carga no limite de proporcionalidade); d1 (deflexão correspondente a carga P); MOR (módulo de resistência a flexão estática); MOE (módulo de elasticidade); m (média); ic (intervalo de confiança a 5% de significância).

Segundo a norma ABNT NBR 14810-2 (2013), os valores mínimos para aglomerados de madeira são 11 Nmm² para MOR e 1600 Nmm² para MOE. Portanto os valores encontrados na pesquisa não se enquadram dentro do esperado para a norma: Painéis Tipo P2 – Painéis não estruturais para uso interno em condições secas.

Muitas pesquisas relacionaram o resultado dos ensaios mecânicos à densidade encontrada nos painéis. O resultado encontrado para a densidade dos corpos de prova nessa pesquisa atendeu a norma ABNT NBR 14810-2 (2013), porém os resultados do MOR e do MOE ficaram abaixo. Isso se deve provavelmente às condições de homogeneização da mistura e qualidade da matéria prima. A pureza e a qualidade da matéria prima empregada na confecção das chapas estão diretamente ligadas à qualidade final do material, principalmente as relacionadas com as propriedades mecânicas (SARTORI, 2012).

4.6. Resistência à tração perpendicular

A resistência a Tração Perpendicular (TP) média foi de 0,056±0,015 N mm² com intervalo de confiança de 0,041 a 0,071 N mm² (Tabela 13), ao nível de 5% de significância.

Tabela13: Determinação da resistência a tração perpendicular.

CP	b1 (mm)	b2 (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (N mm ⁻²)
1	49,80	49,10	2445,20	146,28	0,060
2	49,15	50,45	2479,62	175,54	0,071
3	49,90	49,05	2447,60	156,03	0,064
4	51,60	49,10	2533,56	107,27	0,042
5	50,45	51,55	2600,70	146,28	0,056
6	49,95	50,25	2509,99	148,92	0,059
7	49,15	49,70	2442,76	107,27	0,044
8	49,40	49,10	2425,94	126,78	0,052
9	50,45	49,45	2494,60	165,78	0,066
10	49,50	48,90	2420,55	107,27	0,044
m±ic	49,94±0,46	49,67±0,53	2480,05±34,97	138,74±15,62	0,056±0,015

OBS: CP (corpos de prova); b1 (dimensão 1 do corpo de prova); b2 (dimensão 2 do corpo de prova); S (área do corpo de prova); P (força aplicada); TP (tração perpendicular); m (média); ic (intervalo de confiança a 5% de significância).

De acordo com a norma ABNT NBR 14810-2 (2013), os valores mínimos deveriam ser de 0,350 Nmm². Portanto os valores encontrados na pesquisa não se enquadram dentro do esperado para a norma Painéis Tipo P2 – Painéis não estruturais para uso interno em condições secas.

Portanto, os resultados encontrados nesse experimento, demonstraram que algumas variáveis apresentaram resultados inferiores aos mínimos preconizados pela norma, o que se deve provavelmente a baixa aderência do adesivo com as fibras devido à deficiência na homogeneização da mistura.

5.CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- Foi possível desenvolver painéis de aglomerado a partir do bagaço de cana-de-açúcar.
- Os painéis desenvolvidos atenderam, em média, as normas para a variável densidade, umidade e inchamento de 2 h, mas não se enquadraram dentro dos mínimos necessários para inchamento de 24 h, resistência à flexão elástica, módulo de elasticidade e resistência a tração perpendicular.
- O painel resultante desse processo apresentou um aspecto semelhante ao aglomerado tradicional de restos e fibras de madeiras já produzidos em escala comercial.
- É possível que com o ajuste nos parâmetros de confecção dos painéis como a homogeneização da mistura do bagaço de cana-de-açúcar com o adesivo e os aditivos por meio de um misturador adequado; a prensagem da mistura em uma prensa térmica adequada e apropriada para prensar madeira e a melhora da qualidade da matéria prima do bagaço de cana-de-açúcar no que se refere ao tamanho da fibra, o resultado final do painel teria sido de melhor qualidade.
- Embora discordando em parte do preconizado pela norma, a pesquisa conclui que o bagaço de cana-de-açúcar, o qual é o subproduto da produção de cana-de-açúcar, apresenta grande potencial para uso na produção de painéis aglomerados de particulados, dando um caráter sustentável e que agrega valor em sua aplicabilidade.

Como sugestão de continuidade da pesquisa, poderia-se melhorar os parâmetros de pressão da prensa, a temperatura e o tempo de prensagem e utilizar outros adesivos; empregar impermeabilizantes de proteção superficial dos painéis aglomerados; avaliar a relação custo-benefício da produção dos painéis em comparação com os aglomerados comerciais já existentes no mercado, numa ótica de sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma técnica NBR 14810-2, Painéis de Média Densidade Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio, Rio de Janeiro R.J., 2006. 4p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma técnica NBR 14810-2, Painéis de Média Densidade Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio, Rio de Janeiro R.J., 2013.52p.

ANSI - AMERICAN NATIONAL STANDARDS ISNTITUTE. A 208.1: mat-formed wood particleboard: specification Gaithersburg, 1993.4p.

BARROS FILHO, R. M. de. Painéis aglomerado a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas ureia formaldeído e melamina formaldeído. 2009. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais. -REDEMAT (UFOP – CETEC – UEMG). Ouro Preto, 2009.

BASTINELLI, R.A.G.; MARCILIO, C.; LAHR, F.A.R. Emprego do bagaço da cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas. **Pesquisa e Tecnologia**. v.5, p.297-305, 2008.

BATTISTELLE, R. A. G.; FERREIRA, O. P.; VECCHIA, F. Placas para forro habitacional: compósitos de resíduo de celulose e papel com embalagens Tetra Pak. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 4, 2004, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: PUC-RS, 2004.

BELINI, U.L. Caracterização Tecnológica de Painéis de Fibras de Madeira de Eucalipto, *Eucalyptus grandis*, e de Partículas do Bagaço do Colmo de Cana-de-açúcar, *Saccharum sp.*, 169p, Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERNARDI, R. Reconstituição de chapas aglomerado. Centro Tecnológico do mobiliário. **Dossiê Técnico**. Senai Porto Alegre – RS, 2006. 24p.

BIAZUS, A; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. Panorama de mercado: painéis de madeira BNDES Setorial 32, BNDES, Rio de Janeiro, p. 49-90, 2010.

BRITO, E. O. Produção de Chapas de partículas de madeira a partir de Maravalhas de *Pinus elliotti* plantados no sul do Brasil, 1995. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BRITO, J. O.; Química da madeira: apontamento da disciplina LSV – Química da madeira 3. Ed. Piracicaba: ESALQ, 1983. 126p.

BRITO, J.O.; BARRICHELO. L.E.G. Correlação entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto ed. IPEF, Piracicaba, n.14, p.9-20, 1977.

CARVALHO, S. T. M. Propriedades Térmicas do Painel Aglomerado de Bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), 66p. Dissertação de Mestrado na área de Ciência e Tecnologia da Madeira, UFLA (Universidade Federal de Lavras) Lavras M.G. – 2012.

COMMERCIAL STANDARD. Mat formed wood particleboard, [S.1.].(CS 236-66), Geneva, 1968.18p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2011-2012, segundo levantamento CONAB 2010. Brasília D.F.

COPERSUCAR. Cana-de-açúcar. Disponível em:

http://www.copersucar.com.br/institucional/por/academia/cana_açucar.asp, Acesso em 12 de fev. 2009.

CTC - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Sugar cane bagasse and trash. Biomass power generation 2005 (Série Caminhos para a Sustentabilidade), Disponível em: <<http://www.radarbit.com/site/ctcanavieira.com.br>>. São Paulo S. P., 2011.

DACOSTA, L. P. E. Utilização de Resíduos do Processamento Mecânico da Madeira para a Fabricação de Chapas de Partículas Aglomeradas, 102p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) Santa Maria R.S. – 2004.

DANTAS FILHO, P. L. “Análise de Custos na Geração de Energia com Bagaço de Cana-de-Açúcar: um estudo de caso em quatro usinas de São Paulo, 175p. Dissertação de Mestrado em energia – Universidade de São Paulo S.P. 2009.

FIORELLI, J.; LAHAR, F. A.; NASCIMENTO, M. F.; SAVASTANO, H. J.; ROSSIGNOLO, J. A., Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades. Acta Scientiarum. Technology, v. 33, p. 401-406, 2011.

FREIRE, C. S.; SILVA, D. W.; SCATOLINO, M. V.; CESAR, A. A. S.; BUFALINO, L.; MENDES, L. M., Propriedades Físicas de Painéis Aglomerados Comerciais Confeccionados com Bagaço de Cana e Madeira, Departamento de Ciências Florestais – DCF, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras M.G.2011. p.178-185.

GOLDEMBERG, J; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. 152p.

HEXION, Boletim Técnico Cascamite PL-2030 para prensa a quente, parte da marca CASCO® pertencente à Hexion, revisão 11, 2014. 4p

INPE- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CANASAT: Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite. São José dos Campos: INPE. 2015.

IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

KLOCK, U.; MUNIZ, G. I. B.; HERNADEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 86p.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. Principles of wood Science and technology. V2: Wood based materials, 703p. Berlin: Springer – Verlag, 1975.

MALONEY, T.M. Modern Particleboard & Dry-process fiberboard manufacturing. 2 ed São Francisco: M. Freeman, 1993. 689p.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F.B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. Rio de Janeiro R.J., BNDES, 2008.

MENDES, R.F. Utilização do bagaço de cana de alambique na produção de painéis aglomerados. 2008. 104p. Monografia (Graduação em engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MENDES, R. F.; MENDES, L.M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES, J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. Sci. For., Piracicaba, v.38, n.86, p.285 -295, 2010.

PEDESCHI, R. Aproveitamento do bagaço de cana da indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados, 49p. Tese (Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira área de Concentração Madeira, como Matéria-prima) Universidade Federal de Lavras Lavras M.G. 2009.

PUROHIT, P.; MICHAELOWA, A. CDM potential of bagasse cogeneration in India. **Energy Policy**, Surrey, v. 35, p. 4779-4798, May 2007.

ROWELL, R. M.; KEANY, F. M. Characterization and factors affecting fiber properties. In: NATURAL POLYMERS AND AGROFIBERS BASED COMPOSITES, 1., 200, São Carlos. Anais... São Carlos: Emprapa Instrumentação Agropecuária, 2000. P. 115-134.

SANCHEZ, E. M. S.; CAVANI, C. S.; LEAL, C. V.; SANCHEZ, C. G. Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades, Polímeros, vol. 20, nº 3, p. 194-200, Faculdade de Engenharia Mecânica – Unicamp (Universidade de Campinas) Campinas. S.P., 2010.

SANCHOTENE, M. É bagasso, mas tem energia. Publicação no Jornal Gazeta do Povo Curitiba P.R. publicado em 06 nov. 2007. Disponível em:

<http://www.gazetadopovo.com.br/caminhosdocampo/conteudo.phtml/tl=1&id=710526&tit=-bagaco-mas-tem-energia>. Acesso em: 03ago2015.

SARTORI, D. L. Painel portante estrutural com chapa de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina de mamona para centro de manejo bovino, 129p. Dissertação de Mestrado em Zootecnia Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos USP (Universidade de São Paulo) Pirassununga S.P. – 2012.

SILVA, A. A., Aproveitamento de Resíduos de Madeira (Maravalha) de Pinus e Bagaço de Cana-de-açúcar para a Produção de Chapas de Madeira Aglomerado. 75p. Monografia de Conclusão de Curso – Curso Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica do Paraná Campus Londrina, 2013.

SILVA, V. S.; GARCIA, C. de A.; SILVA, C. M. O destino do bagaço da cana-de-açúcar: um estudo a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná. **Revistas em Agronegócios e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 59-76, jan./abr. 2010.

SILVA, A. J. P. Aplicação de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel particulado similar ao OSB, 167p. Tese de Doutorado – USP (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), São Carlos S.P. 2006.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. Utilização de bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos - REMAP*. Campina Grande, v.2, p. 27-32, 2007.

SKEIST, I., Handbook of Adhesives – Introduction to Adhesives, Skeist ed. 4p., New Jersey USA, 1990

UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Relatório final da safra 2013/2014: Região Centro-Sul. São Paulo: ÚNICA. 2015. 24p.

VIDAL, M de F; SANTOS, J. A. N.; SANTOS, M.A. Setor sucroalcooleiro no nordeste brasileiro: estruturação da cadeia produtiva, produção e mercado. Fortaleza: Sociedade Brasileira de economia/Sociedade Rural, 2006.18p.

VIGNOTE, P. S.; JIMENEZ P.F. J. Tecnologia de la Madera. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion. 2003.602 p.

VITAL, B. R.; NEUMANN, R. B.; CARNEIRO, A. C. O.; DELLA LUCIA, R. M.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. L.; COLLI, A., Propriedades de Chapas Fabricadas com Partículas de Madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake E De *Schizolobium amozonicum* Herb. Revista *Árvore*, Viçosa – M.G., v32, n.6, p.1143-1150, 2008.

YANG, H; KIM, D; KIM, H. Rice straw-wood article composite for sound absorbing wooden construction materials. *Bioresourcse Technology*, Essex, c. 86, p. 117-121, 2003.