

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta será disponibilizado somente a partir de 19/02/2022.

JOÃO VÍTOR FELIPPE SILVA

**Desempenho físico-mecânico de painéis OSSB (*Oriented Structural Straw Board*)
produzidos com palha de soja e adesivo poliuretano à base de óleo de mamona**

João Vítor Felipe Silva

**Desempenho físico-mecânico de painéis OSSB (*Oriented Structural Straw Board*)
produzidos com palha de soja e adesivo poliuretano à base de óleo de mamona**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para fim de obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Materiais.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cristiane Inácio de Campos

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Santos Ferreira

S586d	<p>Silva, João Vitor Felipe</p> <p>Desempenho físico-mecânico de painéis OSSB (Oriented Structural Straw Board) produzidos com palha de soja e adesivo poliuretano à base de óleo de mamona / João Vitor Felipe Silva – Guaratinguetá, 2020.</p> <p>119 f : il</p> <p>Bibliografia: f. 89-100</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020.</p> <p>Orientadora: Pro^{fa}. Dr^a. Cristiane Inácio de Campos</p> <p>Co-Orientador: Prof. Dr. Bruno Santos Ferreira</p> <p>1. Materiais compostos. 2. Resíduos vegetais. 3. Adesivos. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 620.1(043)</p>
-------	--

JOÃO VITOR FELIPPE SILVA


ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA"


PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO: MESTRADO


APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Ivonete Avila
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. CRISTIANE INÁCIO DE CAMPOS
Orientadora, UNESP-ITAPEVA


Prof. Dr. ANDRÉ LUIS CHRISTOFORO
UFSCar


Prof. Dr. MARILIA DA SILVA BERTOLINI
UNESP-ITAPEVA

DADOS CURRICULARES

JOÃO VÍTOR FELIPPE SILVA

NASCIMENTO	01.06.1995 – LINS / SP
FILIAÇÃO	Orival Silva Junior Adriana Silvia Felipe Silva
2011/2012	Curso Técnico Industrial Madeireiro - Nível Técnico ETEC Dr. Demétrio de Azevedo Júnior do Centro Paula Souza
2013/2017	Curso de Graduação em Engenharia Industrial Madeireira - Nível de Bacharelado Universidade Estadual Paulista – Câmpus Experimental de Itapeva
2018/2020	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - Nível de Mestrado Faculdade de Engenharia do Câmpus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista

Dedico este trabalho aos meus pais Orival Silva Junior e Adriana Silvia Felipe Silva e a minha irmã Maria Fernanda Felipe Silva por me incentivarem a continuar os estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois Ele me guiou no caminho certo e me abençoou com saúde para a realização deste trabalho;

aos meus pais *Orival Silva Junior e Adriana Silvia Felipe Silva*, que me apoiaram em todas as dificuldades encontradas e sempre incentivaram meus estudos;

à minha irmã *Maria Fernanda Felipe Silva*, que, além de incentivar meus estudos, trouxe alegrias nos momentos mais difíceis;

à minha orientadora *Prof.^a Dr.^a Cristiane Inácio de Campos*, que me acompanhou desde o início da minha vida acadêmica, por ter me proporcionado a oportunidade de realizar meu mestrado em um tema desafiador;

ao meu coorientador *Prof. Dr. Bruno Santos Ferreira*, pelo suporte técnico-científico na realização deste trabalho;

ao Agrônomo *Erick Hertel Almeida*, pela doação da palha de soja. Sem o seu auxílio o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível;

aos técnicos de laboratório *Juliano Rodrigo de Brito*, pelo auxílio na confecção dos corpos de prova e na realização dos ensaios mecânicos, *Waldecir de Araújo*, pelo auxílio na realização da microscopia óptica das amostras, e *Anderson Machado dos Santos*, pelo auxílio nas análises químicas;

ao *Prof. Dr. José Cláudio Caraschi*, pelo suporte técnico-científico na realização do ensaio de determinação de teor de cinzas, a *Prof.^a Dr.^a Elen Aparecida Martines Morales*, pelo suporte técnico-científico na realização dos ensaios não-destrutivos e ao *Prof. Dr. Juliano Fiorelli*, pela colaboração com os ensaios de perfil de densidade e condutividade térmica;

à coordenação executiva do Câmpus Experimental de Itapeva, por permitir o uso dos laboratórios e equipamentos para o desenvolvimento deste trabalho;

à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), código de financiamento 001;

ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de mestrado pelo período de 01/03/2018 a 30/04/2018, referente ao processo número 131765/2018-3;

à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão de bolsa de mestrado, de 01/05/2018 a 29/02/2020, referente ao processo nº 2018/00801-7. Obs.: As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001; do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Processo nº 131765/2018-3, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) - Processo nº 2018/00801-7.

“Brasil acima de tudo, Deus acima de todos.”

Slogan utilizado pelos candidatos à presidência e vice-presidência da república Jair Messias Bolsonaro e General Antônio Hamilton Martins Mourão, respectivamente, nas eleições de 2018, ocasião na qual estes foram eleitos.

RESUMO

Painéis OSSB (*Oriented Structural Straw Board*) são compósitos produzidos com palha orientada em três camadas perpendiculares entre si que possuem aplicação na construção civil e na indústria do mobiliário. A produção deste material com matérias-primas nacionais traria aplicações que agreguem valor à palha de soja e beneficie a cadeia produtora da soja, gerando lucro com a venda e destinação de resíduos, e ao consumidor brasileiro, aliado ao uso do adesivo proveniente de fonte natural e renovável, visto que o adesivo utilizado neste estudo na composição do painel é livre de formaldeído. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a palha de soja e produzir a partir dela compósitos OSSB com adesivo poliuretano à base de óleo de mamona. A variável analisada foi o teor de adesivo utilizado na fabricação do material, sendo estas 6%, 9%, 12% e 15% com base na massa de palha seca. A caracterização da matéria-prima consistiu na determinação da geometria da palha, da densidade aparente, teor de umidade, teor de extrativos totais, teor de extrativos solúveis em água, pH e teor de cinzas. A caracterização dos compósitos foi baseada nas normas europeias de painéis à base de madeira, visto que não existe normativa específica para este tipo de material. As propriedades físico-mecânicas dos compósitos avaliadas foram: densidade; perfil de densidade; teor de umidade; inchamento e absorção de água por imersão durante 2 e 24 horas; condutividade térmica; módulo de elasticidade dinâmico; MOE e MOR na flexão estática; adesão interna; e arrancamento de parafuso, além da microscopia óptica das chapas. A partir dos resultados pode-se concluir que a palha de soja não apresenta dimensões homogêneas quanto a espessura e comprimento das partículas longas, possui densidade próxima a de outros resíduos lignocelulósicos e alto teor de umidade. O baixo teor de cinzas, a alta porcentagem de extrativos que são solúveis em água e o pH próximo ao neutro indicam que as propriedades químicas do material não devem ter afetado o processo de produção do compósito. Os painéis produzidos com 15% de teor de adesivo apresentaram média densidade, enquanto os outros tratamentos apresentaram baixa densidade. Os painéis apresentaram teor de umidade de equilíbrio entre 8,4% e 9,6% e valores de inchamento em espessura após 24 horas entre 51% e 63%, acima do máximo determinado pela EN 300 (2006) de 25%. O módulo de elasticidade dinâmico apresentou alta correlação (maiores de 0,79) com o MOE na flexão estática nos tratamentos com 9% e 15% de teor de adesivo. O MOE e MOR na flexão estática foram afetados pela orientação da palha da camada externa, sendo superiores no sentido paralelo às fibras, porém não apresentaram melhora significativa com o aumento de adesivo acima de 12%. O tratamento com 15% de teor de adesivo resultou em desempenho superior aos outros tratamentos nos testes de adesão interna e

arrancamento de parafuso na face. O desempenho térmico dos painéis OSSB os classificaram como material isolante, indicando esta possibilidade de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo agrícola. Pannel estrutural. Compósito lignocelulósico. Adesivo bi componente. *Glycine max* L.

ABSTRACT

OSSB (Oriented Structural Straw Board) are composites produced with straw (oriented in three perpendicular layers) that find applications in construction and furniture industry. The production of this composite with domestic raw materials would find increased values applications in the soy production chain, generating profit from the selling of the residues, and the Brazilian consumer due to formaldehyde free release. The aim of this work was to characterize soybean straw and to produce OSSB with castor oil. The variable parameter tested was the adhesive content used in the boards manufacturing, which were 6%, 9%, 12% and 15% based on the mass of dry straw. The raw material characterization consisted on determining straw geometry, apparent density, moisture content, total extractive content and extractive content soluble in water, pH and ash content. The composites characterization was based on the European standards of wood-based panels, since there is no specific standard for this type of material. The physical and mechanical properties of the composites evaluated were: density; density profile; moisture content; swelling in thickness and water absorption for 2 and 24 hours; thermal conductivity; dynamic modulus of elasticity; MOE and MOR in static bending; internal bonding; and screw withdraw, besides the optical microscopy of the boards. It can be concluded that soybean straw does not have homogeneous thickness and particle length; it has density near other lignocellulosic residues and high moisture content. Low ash, high percentage of extractives that are soluble in water and pH close to neutral indicate that the chemical properties of the material should not have affected the composite manufacturing process. The boards produced with 15% adhesive content showed medium density (631 kg m^{-3}), while the other treatments obtained low density ($<600 \text{ kg m}^{-3}$). The boards presented moisture content ranging between 8.4% and 9.6% and values of swelling in thickness after 24 hours between 51% and 63%, above the maximum value of 25%, as determined by EN 300 (2006). The dynamic elastic modulus presented a high correlation coefficient (greater than 0.79) with MOE results, especially in the treatments with 9% and 15% of adhesive content. The MOE and MOR in static bending were affected by the orientation of the outer layer straw, achieving higher values in the direction of the fibers, but did not showed significant improvement with the increase of adhesive above 12%. The treatment with 15% of adhesive content showed superior performance to the other treatments in the tests of internal bonding and surface screw withdraw. The thermal performance of the OSSB panels classified it as an insulating material, indicating this possibility of application.

KEYWORDS: Agricultural waste. Structural board. Lignocellulosic composite. Bi component adhesive. *Glycine max* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Total de publicações contendo o termo “ <i>soybean straw</i> ” nas bases de dados da SCOPUS e Web of Science ao longo do tempo.	23
Figura 2 - Total de publicações contendo os termos “ <i>castor oil</i> ” e “ <i>adhesive</i> ” nas bases de dados da SCOPUS e Web of Science ao longo do tempo.	24
Figura 3 - Total de publicações contendo os termos “ <i>straw</i> ” e “ <i>composite</i> ” nas bases de dados da SCOPUS e Web of Science ao longo do tempo.	25
Figura 4 - Distribuição dos municípios produtores de soja no Brasil.	29
Figura 5 - Morfologia da planta <i>Glycyne Max</i> : a) Caule; b) Vagens; c) Pecíolo; d) Folha.	30
Figura 6 - Quantidade de nitrogênio absorvido nos constituintes da planta de soja ao longo do tempo.	31
Figura 7 - Produção e consumo de painéis de madeira reconstituída em âmbito nacional.	32
Figura 8 - Comparação visual dos painéis compósitos OSSB e OSB.	33
Figura 9 - Processo industrial patenteado de produção dos painéis OSSB.	36
Figura 10 - Início do processamento da palha, onde o fardo é desmontado.	37
Figura 11 - Processamento da palha: (D_{out}) diâmetro externo da palha; (D_r) distância entre os cilindros.	37
Figura 12 - Orientador da palha para a fabricação dos painéis.	38
Figura 13 - Aplicações dos painéis OSSB na construção civil e em mobiliário.	39
Figura 14 - Representação da formação do poliuretano por reação de adição.	42
Figura 15 - Caracterização geométrica do material: (a) número de colmos; (b) diâmetro externo; (c) espessura da parede; (d) comprimento dos colmos.	47
Figura 16 - Representação da formação do poliuretano por reação de adição.	50
Figura 17 - Modelo cilíndrico da palha: (D_{out}) diâmetro externo; (D_{in}) diâmetro interno; (t) espessura da parede; (L_c) comprimento dos colmos.	51
Figura 18 - Estufa laboratorial de ar quente forçado.	53
Figura 19 - Equipamentos utilizados na preparação das amostras: (a) moinho martelo; (b) agitador eletromagnético.	54
Figura 20 – Bateria de extração utilizada para determinação do Teor de extrativos totais.	56
Figura 21 - Processamento inicial da palha para produção dos compósitos: (a) calandragem da palha; (b) separação manual para exposição do interior do material.	60
Figura 22 - Corpo de prova do teste de densidade aparente.	62
Figura 23 - Sistema de microscopia óptica com lupa com câmera acoplada e luz incidente.	65

Figura 24 - Equipamentos utilizados no ensaio não destrutivo de excitação por impulso.	66
Figura 25 - Ensaio de flexão estática em um corpo de prova de OSSB.	68
Figura 26 - Ensaio de tração perpendicular: (a) amostra colada nos blocos; (b) ensaio em andamento.	69
Figura 27 - Ensaio de arrancamento de parafuso na face em andamento.	71
Figura 28 - Palha de soja úmida após quinze dias de armazenamento.	75
Figura 29 – Perfis de densidade dos painéis OSSB com palha de soja e 15% de teor de adesivo.	79
Figura 30 – Perfil de densidade de: (a) painel MDF com perfil “M”; (b) painéis OSB e MDP com perfil “U”.	80
Figura 31 - Imagens das bordas dos painéis OSSB: a) T6; b) T9; c) T12; e d) T15.....	87
Figura 32 - Presença de açúcares: a) na palha de soja; e b) nos painéis OSSB.....	87
Figura 33 - Irregularidade da superfície do OSSB causada pela heterogeneidade da matéria-prima.	88
Figura 34 - Trinca na superfície do OSSB devido a prensagem do painel.	89
Figura 35 - Correlação entre o Módulo de Elasticidade Dinâmico e o Módulo de Elasticidade na Flexão Estática.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento dos tratamentos desenvolvidos.	58
Tabela 2 - Resultados da caracterização geométrica da palha de soja.	72
Tabela 3 - Propriedades físicas da palha de soja.	74
Tabela 4 - Propriedades químicas da palha de soja.	76
Tabela 5 - Resultados do ensaio de densidade dos painéis OSSB.	77
Tabela 6 - Resultados do ensaio de teor de umidade de equilíbrio dos painéis OSSB.	81
Tabela 7 - Resultados do ensaio de inchamento em espessura dos painéis OSSB.	82
Tabela 8 - Resultados do ensaio de absorção de água dos painéis OSSB.	84
Tabela 9 - Resultados do ensaio de condutividade térmica dos painéis OSSB com 15% de teor de adesivo.	85
Tabela 10 - Resultados do ensaio não destrutivo dos painéis OSSB.	89
Tabela 11 - Resultados de módulo de elasticidade na flexão estática dos painéis OSSB.	91
Tabela 12 - Resultados de módulo de ruptura na flexão estática dos painéis OSSB.	94
Tabela 13 - Resultados de adesão interna dos painéis OSSB.	95
Tabela 14 - Resultados de resistência ao arrancamento de parafuso dos painéis OSSB.	97
Tabela 15 - Resultados da Regressão Linear relacionando as propriedades dos painéis OSSB com o Teor de Adesivo.	98
Tabela 16 - Diâmetro externo caule [mm].	116
Tabela 17 - Diâmetros externos dos pecíolos [mm].	118
Tabela 18 - Comprimento dos colmos do caule [mm].	120
Tabela 19 - Comprimento dos colmos dos pecíolos [mm].	122
Tabela 20 - Espessura de parede do caule [mm].	124
Tabela 21 - Espessura de parede dos pecíolos [mm].	126
Tabela 22 - Número de colmos.	128
Tabela 23 - Comprimento total [cm].	128
Tabela 24 - Ensaio físicos.	129
Tabela 25 - Ensaio Químicos.	130
Tabela 26 - Densidade aparente [kg·m ⁻³].	131
Tabela 27 - Teor de Umidade de Equilíbrio [%].	131
Tabela 28 - Inchamento em Espessura 2h [%].	131
Tabela 29 - Inchamento em Espessura 24h [%].	131
Tabela 30 - Absorção de água 2h [%].	132

Tabela 31 - Absorção de água 24h [%].	132
Tabela 32 - Módulo de elasticidade dinâmico paralelo [MPa].	133
Tabela 33 - Módulo de elasticidade dinâmico perpendicular [MPa].	133
Tabela 34 - Módulo de elasticidade paralelo [MPa].	133
Tabela 35 - Módulo de elasticidade perpendicular [MPa].	133
Tabela 36 - Módulo de ruptura paralelo [MPa].	134
Tabela 37 - Módulo de ruptura perpendicular [MPa].	134
Tabela 38 – Adesão interna [MPa].	134
Tabela 39 - Arrancamento de parafuso na face [N].	134
Tabela 40 - Arrancamento de parafuso no topo [N].	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EGP	<i>Edge Glued Panel</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EN	<i>European Standard</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
HDF	<i>Hard Density Fiberboard</i>
LINACH	Lista Nacional de Agentes Cancerígenos
LSL	<i>Laminated Strand Lumber</i>
LVL	<i>Laminated Veneer Lumber</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
MLC	Madeira Laminada Colada
NCI	<i>National Cancer Institute</i>
NBR	Norma Brasileira Registrada
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
OSSB	<i>Oriented Structural Straw Board</i>
pMDI	diisocianato de difenilmetano polimérico
PSL	<i>Parallel Strand Lumber</i>
PU	Poliuretano
PVA	Acetato de polivinila
TAPPI	<i>Technical Association of the Pulp and Paper Industry</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

a	flecha no centro do vão
A_a	Absorção de água
AS	Absolutamente Seco
C_i	comprimento dos colmos
CT	comprimento total do caule
D_{in}	diâmetro interno do caule/pecíolo
D_{out}	diâmetro externo do caule/pecíolo
e	espessura da amostra
F	carga aplicada na amostra
f_f	frequência natural de oscilação da amostra
G_t	inchamento em espessura
l	distância entre apoios
l_1	comprimento da amostra
l_2	largura da amostra
L	comprimento total do corpo de prova
L_c	comprimento dos colmos
m	massa da amostra
m_1	massa inicial do painel
m_2	massa final do painel
m_c	massa de cinzas
M_{CUi}	massa da seção i do caule/pecíolo úmida
M_{CSi}	massa da seção i do caule/pecíolo seca
MG	massa dos grãos de soja
mg	miligramas
MI	massa inicial da amostra
m_i	massa da seção i do caule/pecíolo
m_{in}	massa inicial absolutamente seca
m_{LE}	massa livre de extrativos
m_{LES}	massa livre de extrativos solúveis em água quente
MOE	Módulo de Elasticidade na Flexão Estática
MOE_d	Módulo de Elasticidade Dinâmico
MOR	Módulo de Ruptura na Flexão Estática
MS	massa da amostra absolutamente seca
n	número de colmos
ρ	densidade aparente do painel
ρ_c	densidade da palha
pH	potencial hidrogeniônico
RPG	razão da massa de palha seca por massa de grão
t	espessura de parede
T_1	Fator de correção para o modo de flexão fundamental
t_1	espessura pré imersão
t_2	espessura pós imersão
TC	teor de cinzas
TES	teor de extrativos solúveis em água quente
TET	teor de extrativos totais
TP	resistência à tração perpendicular ao plano da chapa
TU	teor de umidade do painel

TUP teor de umidade da planta
 V_i volume da seção i do caule/pecíolo
 V_s volume sólido
 V_v volume vazio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	OBJETIVOS	22
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
2.2	JUSTIFICATIVA	22
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1	RESÍDUOS DE ORIGEM AGRÍCOLA.....	26
3.1.1	A palha e suas aplicações	27
3.2	PRODUÇÃO E USO DA SOJA.....	28
3.3	COMPÓSITOS LIGNOCELULÓSICOS	31
3.3.1	Painéis produzidos com resíduos agrícolas	34
3.3.2	Os painéis OSSB (<i>Oriented Structural Straw Board</i>)	35
3.4	ADESIVOS TERMOFIXOS.....	39
3.4.1	Adesivos livres de formaldeído	41
3.5	CONCLUSÃO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	43
4	MATERIAIS E MÉTODOS	45
4.1	MATERIAIS.....	45
4.1.1	Geometria do material	46
4.1.2	Densidade e teor de umidade da palha	49
4.1.3	Caracterização química	53
4.1.3.1	Teor de extrativos totais	55
4.1.3.2	Solubilidade em água quente e pH	57
4.1.3.3	Teor de cinzas	57
4.2	PRODUÇÃO DOS PAINÉIS	58
4.2.1	Processamento inicial da palha	59
4.2.2	Aplicação do adesivo, formação do colchão e prensagem	60
4.3	ENSAIOS FÍSICOS.....	61
4.3.1	Densidade aparente	61
4.3.2	Perfil de densidade dos painéis	62
4.3.3	Teor de umidade de equilíbrio	63
4.3.4	Inchamento e absorção de água	63
4.3.5	Condutividade térmica dos painéis	64
4.3.6	Microscopia Óptica	64

4.4	ENSAIOS MECÂNICOS	65
4.4.1	Módulo de Elasticidade Dinâmico	65
4.4.2	Rigidez e resistência à flexão estática	67
4.4.3	Resistência à tração perpendicular	69
4.4.4	Resistência ao arrancamento de parafuso	70
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	71
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.1	GEOMETRIA DO MATERIAL	72
5.2	PROPRIEDADES FÍSICAS DA PALHA	73
5.3	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PALHA	76
5.4	DENSIDADE APARENTE DOS PAINÉIS	77
5.5	PERFIL DE DENSIDADE DOS PAINÉIS	78
5.6	TEOR DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO	81
5.7	INCHAMENTO EM ESPESSURA	82
5.8	ABSORÇÃO DE ÁGUA	84
5.9	CONDUTIVIDADE TÉRMICA DOS PAINÉIS	85
5.10	MICROSCOPIA ÓPTICA	86
5.11	MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO	89
5.12	RIGIDEZ NA FLEXÃO ESTÁTICA	90
5.13	RESISTÊNCIA NA FLEXÃO ESTÁTICA	93
5.14	ADESÃO INTERNA	95
5.15	ARRANCAMENTO DE PARAFUSO	97
5.16	REGRESSÃO LINEAR	98
6	CONCLUSÕES	100
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
	REFERÊNCIAS	103
	APÊNDICE A – Resultados amostrais da caracterização da matéria-prima ..	
	116
	APÊNDICE B – Resultados amostrais dos ensaios físicos	131
	APÊNDICE C – Resultados amostrais dos ensaios mecânicos	133

1 INTRODUÇÃO

O uso de resíduos de origem agrícola na produção de compósitos tem se apresentado como alternativa interessante em países que possuem alta demanda de materiais para construção civil e para fabricação de mobiliários. O uso racional destes resíduos permite a geração de uma fonte de renda extra para os produtores rurais, além da geração de empregos nas cadeias do processo produtivo.

Dentre os painéis que se utilizam dos resíduos agrícolas na sua fabricação encontra-se o OSSB (*Oriented Structural Straw Board*) que é produzido com a palha cisalhada longitudinalmente expondo seu interior, visto que a mesma apresenta formato cilíndrico. As principais características deste compósito são: a orientação da palha em três camadas perpendiculares no plano do painel e o uso de adesivo livre de formaldeído em sua composição.

As principais aplicações deste compósito são em materiais de isolamento térmico, almas de vigas, fechamento de paredes e fabricação de mobiliários para escritório e residências. Sua comercialização já ocorre na Ásia e na Europa, com painéis fabricados com palha de trigo ou palha de arroz e resina de isocianato polimérico p-MDI (diisocianato de difenilmetano).

No Brasil, um dos resíduos agrícolas mais gerados é a palha de soja, visto que o país é um dos maiores produtores mundiais do grão, com maior concentração na região centro-oeste do país. Com o objetivo de aplicar a palha da soja na composição de painéis surge a proposta de fabricar painéis OSSB com este material.

Em relação ao adesivo utilizado na composição dos painéis têm-se a resina poliuretana à base de óleo de mamona, produzido em escala comercial no Brasil com aplicações em espumas e adesivos na fabricação de compósitos, apresentando como vantagem ser um adesivo livre de formaldeído em sua composição.

A partir do exposto, observa-se a possibilidade do uso destes dois materiais de origem nacional na produção do OSSB, visando seu uso em componentes construtivos que competem com os compósitos à base de madeira como compensados e OSB (*Oriented Strand Board*).

6 CONCLUSÕES

A partir da caracterização da palha de soja foi possível concluir que esta não possui dimensões homogêneas de diâmetro externo, espessura de parede e comprimento de colmos. A densidade aparente determinada se encontra próxima de outros resíduos agrícolas como a palha de trigo e a grama.

O teor de umidade da palha coletada do campo logo após a colheita é considerado alto (maior que 20%) de forma que sua coleta deve ocorrer alguns dias após a colheita dos grãos, sob o risco de ocorrer a deterioração do material em questão de semanas. Em termo de produtividade, o valor da razão de massa de palha sobre massa de grão determinada foi considerado abaixo dos valores descritos na literatura para a soja.

A caracterização química da palha indicou que esta possui alto teor de extrativos, sendo que cerca de 90% são solúveis em água com pH próximo a 7. O teor de cinzas determinado foi baixo, em relação à madeira, indicando que este fator não foi responsável por alterações na cura do adesivo.

Os painéis OSSB, produzidos com palha de soja e adesivo poliuretano à base de óleo de mamona, apresentaram baixa densidade ($< 600 \text{ kg m}^{-3}$) nos tratamentos T6, T9 e T12 e média densidade (631 kg m^{-3}) no tratamento T15. O teor de umidade de equilíbrio das chapas reduziu com o aumento do teor de adesivo em sua composição, variando de 9,6% a 8,4%, com valores dentro das exigências da EN 300 (2006) para painéis OSB, de 2% a 12%.

Mais de 50% do valor máximo de inchamento em espessura e absorção de água dos painéis ocorreu nas duas primeiras horas de submersão. O aumento do teor de adesivo não surtiu efeito na redução dos valores de inchamento em espessura após 24h, atingindo valores entre 51% a 63%, acima do permitido para chapas tipo OSB/1 da EN 300 (2006) que determina o máximo de 25%.

Através da microscopia óptica das chapas foram observadas três principais características: A densificação do material com o aumento do teor de adesivo em sua composição; a presença de materiais não fibrosos no interior dos colmos permanece após a prensagem das chapas; A geometria da palha de soja produz superfícies irregulares nos painéis.

O módulo de elasticidade dinâmico, na flexão “fora-do-plano”, das chapas aumentou com o acréscimo de adesivo em sua composição apenas no sentido paralelo às fibras da camada externa. O teor de adesivo não afetou no sentido perpendicular, que obteve valores inferiores em relação ao sentido paralelo. Os tratamentos T9 e T15 apresentaram altos coeficientes de

correlação ajustados do módulo de elasticidade dinâmica com o MOE, sendo estes maiores que 0,79.

O MOE das chapas não sofreu alteração significativa com teores de adesivo acima de 9%, tanto no sentido paralelo quanto no sentido perpendicular às fibras da camada externa. Situação semelhante aconteceu com os valores de MOR, que não sofreram alteração a partir de 12% de teor de adesivo. Em todos os casos, com exceção do MOR do tratamento T9, o desempenho mecânico foi superior no sentido paralelo às fibras da camada externa. Ocorreu aumento significativo dos valores de adesão interna das chapas com 15% de teor de adesivo, atingindo 0,30 MPa.

As propriedades mecânicas das chapas OSSB, produzidas com palha de soja e adesivo poliuretano à base de óleo de mamona, não atingiram o mínimo exigido pela EN 300 (2006) e pela ABNT NBR 14810 (2018) para uso não estrutural em ambiente seco. O desempenho mecânico foi satisfatório para uso não estrutural, o que também é visualizado em outros compósitos fabricados com resíduos agrícolas, sendo justificado pela pouca interação entre os constituintes do compósito e pela baixa densificação das chapas devido a heterogeneidade da palha de soja. Seu desempenho térmico, pelo teste de condutividade térmica, apresenta a possibilidade de aplicação deste material como isolamento.

A partir de todos os resultados obtidos e analisados verificou-se que a heterogeneidade da geometria das partículas apresentou interferência direta nas propriedades tanto físicas quanto mecânicas dos painéis OSSB. Melhores resultados podem ser conseguidos a partir de um processamento mecânico da matéria-prima que permita gerar partículas com comprimentos e espessuras mais uniformes.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Avaliar o controle do comprimento da palha após o processamento e o efeito de diferentes níveis de pressão aplicada na etapa de prensagem a quente nas propriedades físicas e mecânicas;
- b) Testar o adesivo pMDI na fabricação das chapas OSSB com palha de soja, ao invés do adesivo poliuretano à base de óleo de mamona, visto que esse adesivo é utilizado na fabricação de painéis com palha de trigo e de arroz;
- c) Analisar se a disposição das partículas longas, de acordo com suas dimensões, em camadas influencia as propriedades físico-mecânicas dos painéis OSSB;

d) Verificar a influência de pré-tratamentos aplicados na palha de soja visando a melhoria de sua interação com o adesivo.

REFERÊNCIAS

ABREU, H. dos S.; CARVALHO, A. M. de; MONTEIRO, M. B. de O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R. e; SOUZA, K. C. de A. de; AMPARADO, K. de F.; CHALITA, D. B. Métodos de análise em química da madeira: métodos de análise química utilizados no Laboratório de Química da Madeira do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da UFRRJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, p. 1-20, jan. 2006.

ADEL, A. M.; AHMED, E. O.; IBRAHIM, M. M.; EL-ZAWAWY, W. K.; DUFRESNE, A. Microfibrillated cellulose from agricultural residues. Part II: Strategic evaluation and market analysis for MFCE30. **Industrial Crops And Products**, [S.l.], v. 93, p.175-185, dez. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.042>. Acesso em: 9 mar. 2020.

AKPINAR, O.; SABANCI, S.; LEVENT, O.; SAYASLAN, A. Evaluation of antioxidant activity of dilute acid hydrolysate of wheat straw during xylose production. **Industrial Crops And Products**, [S.l.], v. 40, p.39-44, nov. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.035>. Acesso em: 09 mar. 2020.

ALBERTA RESEARCH COUNCIL (Canada). L. Bach; K. W. Domier; R. Holowach. **Method of fabricating a straw panel, board, or beam**. CA nº 5,932,038, 3 ago. 1999. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US5932038A/en>. Acesso em: 09 mar. 2020.

ALEMDAR, A.; SAIN, M. Isolation and characterization of nanofibers from agricultural residues – Wheat straw and soy hulls. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 6, p.1664-1671, abr. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.029>. Acesso em: 09 mar. 2020.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). **ANSI A208.1-2016: Particleboard**. Gaithersburg: ANSI, 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1755-01: Standard Test Method for Ash in Biomass**. West Conshohocken: ASTM International, 2015. 3p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1876-15: Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration**. West Conshohocken: ASTM International, 2015. 17p.

AQUINO, G. S de; MEDINA, C. de C.; SHAHAB, M.; SANTIAGO, A. D.; CUNHA, A. C. B.; KUSSABA, D. A. O.; CARVALHO, J. B.; MOREIRA, A. Does straw mulch partial-removal from soil interfere in yield and industrial quality sugarcane? A long term study. **Industrial Crops And Products**, [S.l.], v. 111, p. 573-578, jan. 2018.

ARAUJO, S. K. de C.; OLIVEIRA, D. R. de; SILVA, T. J. da; BARBOSA, J. C.; GAVA, M. Desempenho acústico de painéis de gesso incorporados com fibras de celulose. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p.450-455, jan. 2016.

ASHORI, A.; NOURBAKHSI, A. Bio-based composites from waste agricultural residues. **Waste Management**, Elmsford, v. 30, n. 4, p.680-684, abr. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.08.003>. Acesso em: 09 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas da Madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: classificação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14577**: pasta celulósica e madeira: determinação do material solúvel em água. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14660**: madeira: amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 13 p.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL. **Estudo Setorial APRE: 2017 / 2018**. Curitiba, PR: APRE, 2018. 138 p.

ASTECH FOUNDATION. **Oriented Structural Straw Board**: 2010 Winner of the Societal Impact Award. 2010. Disponível em: <http://www.astech.ca/archives/indexofpastwinners/oriented-structural-straw-board>. Acesso em: 19 fev. 2017.

BALDWIN, R. F. **Plywood and veneer-based products**: Manufacturing Practices. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1995.

BARBU, M. C.; REH, R.; ÇAVDAR, A. D. Non-Wood Lignocellulosic Composites. **Research Developments In Wood Engineering And Technology**, [S.l.], p.281-319, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-4666-4554-7.ch008>. Acesso em: 09 mar. 2020.

BEKHTA, P.; KORKUT, S.; HIZIROGLU, S. Effect of pretreatment of raw material on properties of particleboard panels made from wheat straw. **Bioresources**, Raleigh, v. 8, n. 3, p. 4766-4774, 2013.

BERTOLINI, M. S.; NASCIMENTO, M. F.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Painéis de partículas provenientes de rejeitos de *Pinus sp.* tratado com preservante CCA e resina derivada de biomassa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 339–346, 2014.

BERTOLINI, M. da S.; NASCIMENTO, M. F. do; LAHR, F. A. R.; CHAHUD, E. Emprego de resíduos de *Pinus sp.* tratado com CCB e resina PU de mamona na produção de chapas de partículas. In: LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L. (org.). **Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos**. São Carlos: EESC/USP, 2013. p. 23-55. ISBN 9788580230192.

BIANCHE, J. J.; TEIXEIRA, A. P. M.; LADEIRA, J. P. S.; CARNEIRO, A. de C. O.; CASTRO, R. V. O.; DELLA LUCIA, R. M. Cisalhamento na Linha de Cola de *Eucalyptus sp.* Colado com Diferentes Adesivos e Diferentes Gramaturas. **Floresta e Ambiente**, Soropédica, v. 24, p. 1–9, 3 ago. 2017.

BINICI, H.; AKSOGAN, O.; DEMIRHAN, C. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of an insulation composite made of bio-based materials. **Sustainable Cities**

And Society, [S.l.], v. 20, p.17-26, jan. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.004>. Acesso em: 09 mar. 2020.

BONDUELLE, G. M. **Propriedades térmicas da madeira**. Curitiba: UFPR, 2017. Color.

BOUASKER, M.; BELAYACHI, N.; HOXHA, D.; AL-MUKHTAR, M. Physical Characterization of Natural Straw Fibers as Aggregates for Construction Materials Applications. **Materials**, [S.l.], v. 7, n. 4, p.3034-3048, 11 abr. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/ma7043034>. Acesso em: 09 mar. 2020.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 300**: oriented strand boards (OSB): definitions, classification and specifications. Bruxelas: BSI, 2006. 24 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 310**: wood-based panels: determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Bruxelas: BSI, 1993. 14 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 317**: particleboards and fiberboards: determination of swelling in thickness after immersion in water. Bruxelas: BSI, 1993. 12 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 319**: particleboards and fiberboards: determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. Bruxelas: BSI, 1993. 12 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 320**: particleboards and fibreboards: determination of resistance to axial withdrawal of screws. Bruxelas: BSI, 2011. 14 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 322**: wood-based panels: determination of moisture content. Bruxelas: BSI, 1993. 5 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 323**: wood-based panels: determination of density. Bruxelas: BSI, 1993. 12 p.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **EN 326-1**: wood-based panels: sampling, cutting and inspection: part 1: sampling and cutting of test pieces and expression of test results. Bruxelas: BSI, 1994. 16 p.

CÂMARA, G. M. de S. **Introdução ao agronegócio soja**. Piracicaba, 2015. (Texto básico da disciplina LPV 0584 do Curso de Graduação em Engenharia Agrônômica – USP/ESALQ).

CAMPOS, C. I. de; GONÇALVES, R.; SILVA, S. A. M. da. Caracterização de painéis de fibra de média densidade (MDF) confeccionados com resina poliuretana mono-componente e bi-componente derivada de óleo de mamona. In: LAHR, R. A. R. (org.). **Produtos derivados da madeira**. São Carlos: EESC/USP, 2008. cap. 2, p. 29-47. ISBN 9788585205859.

CANGEMI, J. M. **Biodegradação de PU derivado do óleo de mamona**. 2006. 163 f. Tese (Doutorado em Ciências - Química Analítica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

CARRASCO, E. V. M., VARGAS, C. B., SOUZA, M. F.; MANTILLA, J. N. R. Avaliação das características mecânicas da madeira por meio de excitação por impulso. **Matéria (Rio de**

Janeiro), Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, e-11936, 8 jan. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170005.0272>. Acesso em: 09 mar. 2020.

CARVALHO, R. F.; CALIL JÚNIOR, C. Propriedades mecânicas de compósitos de fibras de sisal e matriz poliuretana para uso em reforço de estruturas de madeira. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 10., 2009, Foz do Iguaçu - PR. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Universidade de Caxias do Sul, 2009.

ČÁSTKOVÁ, T.; HÝSEK, Š.; SIKORA, A.; SCHÖNFELDER, O.; BÖHM, M. Chemical and physical parameters of different modifications of rape straw (*Brassica napus* L.). **Bioresources**, Raleigh, v. 13, n. 1, p.104-114, 6 nov. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15376/biores.13.1.104-114>. Acesso em: 09 mar. 2020.

ÇAVUŞ, V.; ŞAHİN, S.; ESTEVES, B.; AYATA, Ü. Determination of thermal conductivity properties in some wood species obtained from Turkey. **Bioresources**, Raleigh, v. 14, n. 3, p.6709-6715, 2019.

CÉSAR, A. A. da S. **Estudo da interação adesivo-partícula em painéis OSB (Oriented Strand Board)**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 2011.

CHENG, W.; HAN, G.; FANG, D. Oriented structural boards from split wheat straw: effects of straw length, panel density, and resin content. **Bioresources**, Raleigh, v. 8, n. 3, p.4497-4504, 2013.

CLARK, B.; MONCION, J. **ARC Celebrates OSSB “Wheatboard” in China**. 2009. Disponível em: <http://www.innotechalberta.ca/NewsRoom/NewsReleases/2009NewsReleases/ARCCelebratesOSSB“Wheatboard”inChina.aspx>. Acesso em: 19 fev. 2017.

COELHO, A. S. R. **Light steel frame - recomendações de projeto, processo construtivo e detalhes orçamentários**. 2014. 86 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - UniCEUB, Brasília, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira (grãos): Monitoramento agrícola – Safra 2016/17**. [S.l.]: Observatório Agrícola, ago. 2017. 164 p. 4 v.

CRUZ, H.; CUSTÓDIO, J. Adhesives for on-site rehabilitation of timber structures. **Journal Of Adhesion Science And Technology**, Utrecht, v. 24, n. 8-10, p.1473-1499, jan. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1163/016942410x501089>. Acesso em: 09 mar. 2020.

DIVÓS, F.; TANAKA, T. Relation Between Static and Dynamic Modulus of Elasticity of Wood. **Acta Silvatica & Lignaria Hungarica**, Sopron, v. 1, p.105-110, 2005.

DOBERMANN, A.; FAIRHURST, T. H. Rice straw management. **Better Crops International**, Atlanta, v. 16, n. mai., p. 7-11, 2002.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2017/2018)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 06 dez. 2018.

ENGLISH, B.; YOUNGQUIST, J. A.; KRZYSIK, A. M. Lignocellulosic Composites. *In*: GILBERT, R. D. (Ed.). **Cellulosic polymers, blends and composites**. New York: Hanser Publishers, 1994. Cap. 6. p. 115-130.

ENVIRO BOARD. **Converting many varieties of agricultural waste into low cost building panels**. 2014. Disponível em: <http://enviroboard.com>. Acesso em: 19 fev. 2018.

FAN, L. T.; RETZLOFF, D. G.; VANDERPOOL, W. O. Solid waste-plastics composites: physical properties and feasibility for production. **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 6, n. 13, p.1085-1091, dez. 1972. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1021/es60072a012>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FANGFANG, L. Houses made of straw an earth-friendly trend. **China Daily**. Hong Kong. nov. 2009. Disponível em: http://www.chinadaily.com.cn/bw/2009-11/30/content_9074394.htm. Acesso em: 19 fev. 2017.

FARIA, D. L.; ABRANCHES, R. A. S.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; FONSECA, C. S.; GUIMARÃES Jr., J. B. Compósitos minerais reforçados com madeira e borracha de pneu. **Revista Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, 6 dez. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0596>. Acesso em: 9 mar. 2020.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University, 1977. 13 p.

FERREIRA, B. S. **Avaliação do desempenho de compensados de *Pinus taeda* submetidos a tratamento térmico e químico**. 2017. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

FIORELLI, J.; LAHR, 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**, Maringá, v. 33, n. 4, p.401-406, 20 set. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.9615>. Acesso em: 9 mar. 2020.

FRIHART, R. C. Wood Adhesion and Adhesives. *In*: ROWELL, M. R. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2012. cap. 9.

G1. **Itapeva é a maior produtora de soja do Estado de São Paulo, aponta Cati**. 2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/itapetininga-regiao/noticia/2017/02/itapeva-e-maior-produtora-de-soja-do-estado-de-sao-paulo-aponta-cati.html>. Acesso em: 24 jun. 2019.

GARCEZ, M. R.; GARCEZ, E. O.; MACHADO, A. de O.; GATTO, D. A. Compósitos cimentícios leves reforçados com partículas de madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, [S.l.], v. 8, n. 2, p.94-100, 23 maio 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v8n2p94-100>. Acesso em: 9 mar. 2020.

GARCIA, R. A.; CLOUTIER, A.; RIEDL, B. Dimensional stability of MDF panels produced from fibres treated with maleated polypropylene wax. **Wood Science And Technology**, New York, v. 39, n. 8, p.630-650, 29 set. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00226-005-0028-7>. Acesso em: 9 mar. 2020.

GASPAR, A. P. **Construção de edifícios de habitação em *light steel framing***: alternativa viável à construção tradicional. 2013. 152 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Lusófona do Porto, Porto, 2013.

GHAHRI, S.; MOHEBBY, B.; PIZZI, A.; MIRSHOKRAIE, A.; MANSOURI, H. R. Improving water resistance of soy-based adhesive by vegetable tannin. **Journal Of Polymers And The Environment**, [S.l.], v. 26, n. 5, p.1881-1890, 28 jul. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10924-017-1090-6>. Acesso em: 9 mar. 2020.

GHOLIZADEH, S. A review of non-destructive testing methods of composite materials. **Procedia Structural Integrity**, [S.l.], v. 1, p.50-57, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prostr.2016.02.008>. Acesso em: 9 mar. 2020.

GOLDBLATT, L. A.; LYON, C. K. Fat and oil products in urethane polymers. **Journal Of The American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 40, n. 4, p.157-161, abr. 1963. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02640724>. Acesso em: 9 mar. 2020.

GOODHEW, S.; GRIFFITHS, R.; WOOLLEY, T. An investigation of the moisture content in the walls of a straw-bale building. **Building And Environment**, Oxford, v. 39, p.1443-1451, 2004.

GUIMARÃES, Í. L. **Aproveitamento de resíduo de soja para produção de painéis MDP (*Medium Density Particleboard*)**. 2017. 40 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.

HABIBI, Y.; EL-ZAWAWY, W. K.; IBRAHIM, M. M.; DUFRESNE, A. Processing and characterization of reinforced polyethylene composites made with lignocellulosic fibers from Egyptian agro-industrial residues. **Composites Science And Technology**, Barking, v. 68, n. 7-8, p.1877-1885, jun. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compscitech.2008.01.008>. Acesso em: 9 mar. 2020.

HAN, G.; CHENG, W.; MANNING, M; ELOY, P. Performance of zinc borate-treated oriented structural straw board against mold fungi, decay fungi, and termites – a preliminary trial. **Bioresources**, Raleigh, v. 7, n. 3, p.2986-2995, 2012.

HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University, 1967. 21 p.

HUANG, J.; LI, K. A new soy flour-based adhesive for making interior type II plywood. **Journal Of The American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 85, n. 1, p.63-70, 15 nov. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-007-1162-1>. Acesso em: 9 mar. 2020.

HÝSEK, Š.; ČERMÁK, J.; LEXA, M. Influence of lignocellulosic waste pre-treatment on the characteristics of bond rupture. **Sustainability**, [S.l.], v. 11, n. 17, e-4784, 2 set. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/su11174784>. Acesso em: 9 mar. 2020.

HÝSEK, Š.; PODLENA, M.; BÖHM, M.; BARTSCH, H.; WENDERDEL, C. Effect of cold plasma surface pre-treatment of wheat straw particles on straw board properties. **Bioresources**, Raleigh, v. 13, n. 3, p.5065-5079, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **RELATÓRIO 2019**. São Paulo: Indústria Brasileira de Árvores, 2019. 80 p.

IRLE, M. A.; BARBU, M. C.; REH, R.; BERGLAND, L.; ROWELL, R. M. Wood composites. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2012. Cap. 10.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba, PR: FUPEF, 2005.

JARDINE, J. G.; BARROS, T. D. **Soja**. Coordenada por: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe3vtdl7vi.html>. Acesso em: 14 fev. 2018.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology: wood based materials**. Berlin: Springer-Verlag, v. 2. p. 86-88, 1975.

KLIMEK, P.; WIMMER, R. Alternative raw materials for bio-based composites. In: INTERNATIONAL CONFERENCE “WOOD SCIENCE AND ENGINEERING IN THE THIRD MILLENNIUM”, 11., 2017, Braşov. **Proceedings** [...]. Braşov, "Transilvania" University Of Braşov, 2017.

KRAEMER, M. E. P. **A questão ambiental e os resíduos industriais**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 25., 2005. Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre, Associação Brasileira de Engenharia de Produção.

KRISNAWATI, A.; ADIE, M. M. Variability of biomass and harvest index from several soybean genotypes as renewable energy source. **Energy Procedia**, [S.l.], v. 65, p.14-21, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.023>. Acesso em: 9 mar. 2020.

LAL, R. World crop residues production and implications of its use as a biofuel. **Environment International**, New York, v. 31, n. 4, p. 575-584, mai. 2005.

LAM, P. S.; SOKHANSANJ, S.; BI, X.; MANI, S.; LIM, C. J.; WOMAC, A. R.; HOQUE, M.; PENG, J.; JAYASHANKAR, T.; NAIMI, L. J.; NAYARAN, S. Physical characterization of wet and dry wheat straw and switchgrass: bulk and specific density. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2007, Minneapolis, Minnesota. **Proceedings** [...]. Minneapolis, Minnesota: ASABE, 2007. p.1-22. Disponível em: <http://biomasslogistics.org/Publications/22lam.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2018.

LAMPERT LUMBER. **Type of lumber: OSB**. Disponível em: <http://www.lampertlumber.com/hardware-store-products/lumber/types-of-lumber/osb/>. Acesso em: 18 ago. 2017.

LEI, H.; DU, G.; WU, Z.; XI, X.; DONG, Z. Cross-linked soy-based wood adhesives for plywood. **International Journal Of Adhesion And Adhesives**, Guildford, v. 50, p.199-203,

abr. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2014.01.026>. Acesso em: 9 mar. 2020.

LIM, J. S.; MANAN, Z. A.; ALWI, S. R. W.; HASHIM, H. A review on utilization of biomass from rice industry as a source of renewable energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 16, n. 5, p. 3084-3094, 2012.

LIMA, T. A. de M. de; MAGALHÃES, W. L. E. Produção de painéis de pupunha com diferentes tipos de resina. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURA DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais [...]**. IBRAMEM, 2008.

LIN, Q.; CHEN, N.; BIAN, L.; FAN, M. Development and mechanism characterization of high performance soy-based bio-adhesives. **International Journal Of Adhesion And Adhesives**, Guildford, v. 34, p.11-16, abr. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2012.01.005>. Acesso em: 9 mar. 2020.

LINACH. **Anexo - Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos: Grupo 1: agentes confirmados como carcinogênicos para humanos.** Disponível em: <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/anexo-port-mps-mte-ms-9-2014.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2019.

LISBOA, I. P.; CHERUBIN, M. R.; LIMA, R. P.; CERRI, C. C.; SATIRO, L. S.; WIENHOLD, B. J.; SCHMER, M. R.; JIN, V. L.; CERRI, C. E. P. Sugarcane straw removal effects on plant growth and stalk yield. **Industrial Crops And Products**, [S.l.], v. 111, p. 794-806, jan. 2018.

LÖTJÖNEN, T.; JOUTSJOKI, V. **Harvest and storage of moist cereal straw: experiments 2013 – 2014 and 2015 – 2016.** Helsinki: Clic Innovation, 2016. 30 p.

MCKEEVER, D. B. **Engineered wood products: a response to the changing timber resource.** 123. ed. Gig Harbor, WA: Pacific Rim Wood Market Report, 1997. p.2-15.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard.** 2. ed. San Francisco: Miller Freeman, 1993. 681p.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice.** New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. 453p.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. das. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas.** Produtos Florestais, Rio de Janeiro, n. 27, p.121-156, mar. 2008.

MILJKOVIC, J.; MLAĐAN, P; MILANKA, Đ.-M.; IVANA, G.-G. Edge screw withdrawal resistance in conventional particleboard and OSB: influence of the particles type. **Glasnik Sumarskog Fakulteta**, Belgrade, n. 95, p.109-117, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2298/gsf0795109m>. Acesso em: 9 mar. 2020.

MOUSAVI, S. M. M.; HOSSEINI, S. Z.; RESALATI, H.; MAHDAVI, S.; GARMAROODY, E. R. Papermaking potential of rapeseed straw, a new agricultural-based fiber source. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 52, p. 420-424, ago. 2013.

MOSLEMI, A.A. **Particleboard**. Vol.2: Technology, London: Southern Illinois University Press, 1974. 245p.

MOUSAVI, S. M. M.; HOSSEINI, S. Z.; RESALATI, H.; MAHDAVI, S.; GARMAROODY, E. R. et al. Papermaking potential of rapeseed straw, a new agricultural-based fiber source. **Journal Of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 52, p.420-424, ago. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.016>. Acesso em: 9 mar. 2020.

MUZZI, T. A. **Métodos de avaliação da resistência e transmitância térmicas do sistema de fechamento em *Light Steel Framing***. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

NASCIMENTO, M. F.; BERTOLINI, M. da S.; PANZERA, T. H.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Painéis OSB fabricados com madeiras da caatinga do nordeste do Brasil. **Ambiente Construído**, São Paulo, v. 15, n. 1, p.41-48, mar. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000100005>. Acesso em: 9 mar. 2020.

NASSER, S. M. **Painéis de partículas de bambu e casca de amendoim com adesivo à base de mamona**. 2016. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

NATIONAL CANCER INSTITUTE. **Formaldehyde and Cancer Risk**. 2011. Disponível em: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/formaldehyde/formaldehyde-fact-sheet>. Acesso em: 14 dez. 2018.

NONES, D. L.; BRAND, M. A.; AMPESSAN, C. G. M.; FRIEDERICHS, G. Biomassa residual agrícola e florestal na produção de compactados para geração de energia. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 2, p.155-164, 20 jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5965/223811711622017155>. Acesso em: 9 mar. 2020.

NOVOFIBRE. **The world's first straw board (OSSB) creators**. Disponível em: <http://www.novofibre.com/health/healthy-living.php>. Acesso em: 19 fev. 2018.

OLIVEIRA, J.; POTIGUARA, R. C. de V.; LOBATO, L. C. B. Fibras vegetais utilizadas na pesca artesanal na microrregião do Salgado, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Botânica**, Belém, v. 1, n. 2, p.113-127, 2006.

PACE, M. **Sviluppo di bioceramici cellulari da polimeri preceramici con micro e nano fillers**. 2012. 144 f. TCC (Graduação em Engenharia de Materiais) - Università Degli Studi di Padova, Padova, 2012.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. **Circular Técnica**, Jaguariúna, SP, p.1-9, nov. 2008.

PIZZOL, V. D.; MANTILLA, J. N. R.; CARRASCO, E. V. M. Caracterização elástica de compensados de madeira utilizados e reutilizados em fôrmas através de excitação por impulso. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, e-11928, 8 jan. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170005.0264>. Acesso em: 9 mar. 2020.

REDDY, N.; YANG, Y. Natural cellulose fibers from soybean straw. **Bioresource Technology**, Essex, v. 100, n. 14, p.3593-3598, jul. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.09.063>. Acesso em: 9 mar. 2020.

ROSSOL, C. D.; SCALON FILHO, H.; BERTÉ, L. N.; JANDREY, P. E.; SCHWANTES, D.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Caracterização, classificação e destinação de resíduos da agricultura. **Scientia Agraria Paranaensis**, Acrelândia, v. 11, n. 4, p.33-43, 2012.

SANTOS, A. M. de L. **Avaliação teórica e experimental de vigas em “I” pré-fabricadas de madeira com flange de painéis de lâminas paralelas (LVL) e alma de painéis de partículas orientadas (OSB) e compensado**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SASCHA PETERS (Ed.). NovoFibre OSSB board made of Wheat Straw: wood replacement with agricultural waste. **Haute Innovation**. Berlim, 2013. Disponível em: <http://www.haute-innovation.com/en/magazine/sustainability/novofibre-ossb-board-made-of-wheat-straw.html>. Acesso em: 19 fev. 2018.

SCOPUS. **Base de dados bibliográficas**. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Acesso em: 14 mar. 2019.

SELLERS, T. Wood adhesive innovations and applications in North America. **Forest Products Journal**, Madison, v. 51, n. 6, p. 12–22, 2001.

SILVA, D. W.; FARRAPO, C. L.; RIBEIRO, D. P.; MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; SCOLFORO, J. R. S. MDP com partículas de eucalipto e palha de milho. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p.853-862, 1 dez. 2015b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v43n108.10>. Acesso em: 9 mar. 2020.

SILVA, J. V. F.; FERREIRA, B. S.; CAMPOS, C. I. de; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Characterization of particleboards produced with *Pinus spp.* waste. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p.623-628, 3 out. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.08>. Acesso em: 9 mar. 2020.

SILVA, S. A. M. da; AZAMBUJA, M. dos A.; SEGANTINI, A. A. da S. Avaliação da densidade aparente de chapas de madeira aglomerada confeccionadas com partículas de madeira tropical e poliuretano derivado de óleo de mamona. In: LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L. (org.). **Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos**. São Carlos: EESC/USP, 2013. p. 91-110. ISBN 9788580230192.

SILVA, T. da; MATSUDA, C. K.; COELHO, T. M.; ASSAD FILHO, N.; CAMPOS, R. V. de M.; ALMEIDA, D. M. de. Desenvolvimento e avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos de serragem e soja. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA Unicesumar, 9., 2015, Maringá. **Anais Eletrônico**. Maringá, Unicesumar, 2015a.

SINGH, G.; SHIVAKUMAR, B. G. The role of soybean in agriculture. In: SINGH, G. **The soybean: botany, production and uses**. Oxfordshire: Cab Books, 2010. p. 36. ISBN 9781845936440.

SINGH, R. J. Botany and Cytogenetics of Soybean. *In*: NGUYEN, H. T.; BHATTACHARYYA, M. K. **The Soybean Genome**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 19. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-64198-0_2

SITZ, E. D.; BAJWA, D. S. The mechanical properties of soybean straw and wheat straw blended medium density fiberboards made with methylene diphenyl diisocyanate binder. **Industrial Crops And Products**, [S.l.], v. 75, p. 200-205, nov. 2015.

STARK, N. M.; ZHIYONG, C.; CARLL, C. Wood-based composite materials panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber, and wood–nonwood composite materials. *In*: ROSS, R. J. (ed.). **Wood Handbook - Wood as an engineering material**. Madison: Forest Products Laboratory, 2010.

STOWE, K. D. Soybean Facts. *In*: STOWE, K. D. (comp.). **North Carolina Soybean Production Guide**. Carolina do Norte: NC State Extension Publications, 2017. Cap. 11. p. 173-176.

TALGATTI, M.; BALDIN, T.; SILVEIRA, A. G. de; SANTINI, E. J.; VIDRANO, B. R. A. Compósito madeira-plástico a partir de resíduos de três espécies florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 91, p.277-283, 29 set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1385>. Acesso em: 9 mar. 2020.

TANG, Y; WANG, D-Y.; JING, X-K.; GE, X-G.; YANG, B.; WANG, Y-Z. A formaldehyde-free flame retardant wood particleboard system based on two-component polyurethane adhesive. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 108, n. 2, p.1216-1222, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.27662>. Acesso em: 9 mar. 2020.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **T 204 cm-97**: solvent extractives of wood and pulp. Peachtree Corners: TAPPI, 2007. 12 p.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY – TAPPI. **T 257 cm-85**: sampling and preparing wood for analysis. Peachtree Corners: TAPPI, 1996. 21 p.

TOMAZELLO FILHO, M.; BELINI, U. L.; OLIVEIRA, J. T. da S.; GONÇALVES, F. G. Avaliação tecnológica da madeira e de painéis MDF de eucalipto por densitometria de raios X. **Madeira**: Arquitetura e Engenharia, São Carlos, v. 11, n. 27, p.45-58, 2010.

TORRES, G. A.; TARIFA, L. R. M. **Dossiê Técnico**: Aproveitamento de Resíduos Agrícolas. Piracicaba: BRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2012. 22 p.

TUMULURU, J. S.; TABIL, L. G.; SONG, Y.; IROBA, K. L.; MEDA, V. Grinding energy and physical properties of chopped and hammer-milled barley, wheat, oat, and canola straws. **Biomass And Bioenergy**, Oxford, v. 60, p.58-67, jan. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.10.011>. Acesso em: 9 mar. 2020.

UNITED SOYBEAN BOARD. **Soy Biobased**: Products. Chesterfield, MO. Disponível em: <https://www.soybiobased.org/products/>. Acesso em: 06 dez. 2018.

UNIVERSITY OF BATH. **Straw scientifically proven as viable building material.** Disponível em: <http://www.bath.ac.uk/case-studies/straw-scientifically-proven-as-viable-building-material/>. Acesso em: 19 fev. 2018.

VÄISÄNEN, T.; HAAPALA, A.; LAPPALAINEN, R.; TOMPPONEN, L. Utilization of agricultural and forest industry waste and residues in natural fiber-polymer composites: a review. **Waste Management**, Elmsford, v. 54, p.62-73, ago. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.037>. Acesso em: 9 mar. 2020.

VICK, C. B. **Adhesive bonding of wood materials.** Forest Products Laboratory. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. cap. 9, p.199-222.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. da. Panorama de mercado: painéis de madeira. In: BNDES. **Produtos Florestais.** Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2014. p. 323-384.

WANG, H.; WANG, F.; DU, G.; XIAO, L.; ZHOU, X. Walnut Meal as Formaldehyde-free Adhesive for Plywood Panels. **Bioresources**, Raleigh, v. 13, n. 2, p.4301-4309, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15376/biores.13.2.4301-4309>. Acesso em: 9 mar. 2020.

WEB OF SCIENCE. **Base de dados bibliográficas.** Disponível em: <http://login.webofknowledge.com>. Acesso em: 14 mar. 2019.

WILHELM, W. W.; JOHNSON, J. M. F.; HATFIELD, J. L.; VOORHEES, W. B.; LINDEN, D. R. Crop and soil productivity response to corn residue removal. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, n. 1, p. 1-17, jan. 2004.

WORASUWANNARAK, N.; SONOBE, T.; TANTHAPANICHAKOON, W. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique. **Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis**, [S.l.], v. 78, n. 2, p.265-271, mar. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaap.2006.08.002>. Acesso em: 9 mar. 2020.

YANG, Z., JIANG, Z., H. S. E., C. Y.; LIU, R. Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Barking, v. 117, p.123-127, fev. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.12.003>. Acesso em: 9 mar. 2020.

YAO, F.; WU, Q.; LEI, Y.; XU, Y. Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene composite: effect of fiber type and loading. **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 63-72, jul. 2008.

XIE, Q. F.; LU, X. L.; XIONG, H. B. Experimental study on seismic behavior of light shear wall composed of oriented structural straw board and tenon-and-mortise connection wood frame. **Journal Of Earthquake Engineering And Engineering Vibration**, [S.l.], v. 32, n. 4, p.159-165, 2012.

XIE, Q. F.; XIONG, H. B.; LU, X. L. Experimental study on shear behavior of light wall composed of oriented structural straw board and tennon-and-mortise connection frame. **Advanced Materials Research**, [S.l.], v. 163-167, p.2234-2239, dez. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.163-167.2234>. Acesso em: 9 mar. 2020.

XIE, Q. F.; XIONG, H. B.; LU, X. L. Study on seismic performance of light wall modular composed of oriented structural straw board and tennon-and-mortise connection frame. **Advanced Materials Research**, [S.l.], v. 250-253, p.1305-1310, maio 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.250-253.1305>. Acesso em: 9 mar. 2020.

YIN, H.; ZHAO, W.; LI, T.; CHENG, X.; LIU, Q. Balancing straw returning and chemical fertilizers in China: role of straw nutrient resources. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 81, p. 2695-2702, jan. 2018.

YOUNG, R. A. Processing of agro-based resources into pulp and paper. *In*: ROWELL, R. M.; ROWELL, J. **Paper and Composites from Agro-Based Resources**. Boca Raton: CRC Press, 1996. Cap. 6.

YU, M.; MAO, H.; HUANG, R.; GE, Z.; TIAN, P.; SUN, L.; WU, Q.; SUN, K. Mechanical and thermal properties of r-high density polyethylene composites reinforced with wheat straw particleboard dust and basalt fiber. **International Journal Of Polymer Science**, [S.l.], v. 2018, p.1-10, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5101937>. Acesso em: 9 mar. 2020.

ZHANG, L.; CHEN, K.; PENG, L. Comparative research about wheat straw lignin from the black liquor after soda-oxygen and soda-AQ pulping: structural changes and pyrolysis behavior. **Energy & Fuels**, Washington, v. 31, n. 10, p. 10916-10923, out. 2017.

ZHANG, Y. GHALY, A. E.; LI, B. Physical properties of wheat straw varieties cultivated under different climatic and soil conditions in three continents. **American Journal Of Engineering And Applied Sciences**, [S.l.], v. 5, n. 2, p.98-106, 1 fev. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3844/ajeassp.2012.98.106>. Acesso em: 9 mar. 2020.