

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**REGIONAL JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE SOJA PARA PRODUÇÃO DE  
PAINÉIS MDP (*Medium Density Particleboard*)**

**Íngrid Luz Guimarães**  
**Engenheira Florestal**

**JATAÍ – GOIÁS – BRASIL**  
**Março de 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**REGIONAL JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE SOJA PARA PRODUÇÃO DE  
PAINÉIS MDP (*Medium Density Particleboard*)**

**Íngrid Luz Guimarães**

**Orientador: Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior**

**Co-orientador: Prof. Dr. Robson Schaff Corrêa**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Jataí, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

**JATAÍ – GOIÁS – BRASIL**

**Março de 2017**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

GUIMARÃES, ÍNGRID LUZ  
APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE SOJA PARA PRODUÇÃO  
DE PAINÉIS MDP (Medium Density Particleboard) [manuscrito] /  
ÍNGRID LUZ GUIMARÃES. - 2017.  
vi, 30 f.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BENEDITO GUIMARÃES JUNIOR; co  
orientador Dr. ROBSON SCHAFF CORRÊA.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade  
Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, Jataí, 2017.  
Bibliografia.

1. Vagem de soja. 2. Resíduos agroindustriais. 3. Painéis  
reconstituídos. 4. Propriedades físico mecânicas. I. GUIMARÃES  
JUNIOR, JOSÉ BENEDITO, orient. II. Título.

CDU 630

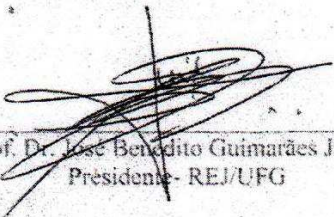
## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**


**ÍNGRID LUZ GUIMARÃES**, nascida em Jataí – GO, no dia 25 de julho de 1992, filha de José Augusto Ferreira Guimarães e Fabiana Ferreira Luz. Em março de 2010 ingressou no Curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí e obteve o título de Bacharela em Engenharia Florestal no mês de fevereiro de 2015. Em março de 2015 iniciou o curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia na Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Em março de 2017 submeteu-se à banca examinadora para a defesa final da dissertação para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.


INGRID LUZ GUIMARÃES

TÍTULO: "APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE SOJA PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS MDP (Medium Density Particleboard)"

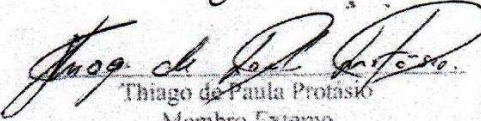
Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 23 de Março de 2017, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

  
Prof. Dr. José Benedito Guimarães Júnior  
Presidente - REJ/UFG

  
Prof. Dr. Robson Schaff Corrêa  
Co-orientador-Membro Interno- REJ/UFG

  
Prof. Dr. Edmilson Santos Cruz  
Membro Externo

  
Prof. Dr. Rafael Arnassi Mendes  
Membro Externo

  
Thiago de Paula Protásio  
Membro Externo

Jatal - Goiás  
Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e por todas as oportunidades que nela surgem.

Aos meus pais, José Augusto e Fabiana, minha irmã Nathane, e meu querido Rodrigo, pelo apoio em todas as minhas escolhas, por serem meu alicerce e meu refúgio.

A toda a minha família, pelo suporte e acolhimento, pelos momentos felizes proporcionados.

Ao meu orientador, José Benedito, pelas várias oportunidades de crescimento profissional, pela motivação e prontidão.

Ao meu querido amigo Fernando, pelo companheirismo incomparável, pela verdadeira amizade cultivada e por todos os momentos compartilhados.

A todos os meus amigos, pelos momentos de descontração e por ter sempre com quem contar.

A todos os membros do Núcleo de Estudos em Produtos Florestais da UFG/Jataí, pela ajuda na realização deste trabalho, em especial Kamila, Ketlin e Kelly.

A Unidade Experimental em Painéis de Madeira, da Universidade Federal de Lavras, por permitir a execução de partes importantes deste trabalho, em especial aos professores Lourival e Rafael, pelo acolhimento.

A todos os professores que, com seus ensinamentos, contribuíram com minha formação até aqui.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de número 41778.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado.

A todos que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho, obrigada.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1 Objetivo geral .....	2
2.2 Específicos .....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3.1 Painel MDP ( <i>Medium Density Particleboard</i> ) .....	3
3.2 Resíduos da agroindústria .....	4
3.3 Painéis de partículas com uso de resíduos agroindustriais .....	5
3.4 Cultura de soja .....	7
3.5 Uso do resíduo da soja .....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4.1 Matéria Prima .....	10
4.2 Caracterização dos materiais .....	11
4.2.1 Umidade .....	11
4.2.2 Densidade .....	11
4.2.3 Análise Química: .....	11
4.3 Produção dos painéis MDP .....	11
4.4 Delineamento experimental .....	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
5.1 Características da matéria prima .....	15
5.2 Propriedades físicas dos painéis MDP .....	16
5.3 Propriedades mecânicas dos MDP .....	23
6. CONCLUSÕES .....	26
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

## **APROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE SOJA PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS MDP (*Medium Density Particleboard*)**

**RESUMO:** O resíduo da pré-limpeza de soja é encontrado em grande quantidade no pátio das indústrias de beneficiamento e dos secadores das fazendas, acarretando sérios transtornos caso não seja removido para locais mais afastados antes que o processo de fermentação se inicie. Dentre os resíduos gerados no momento da colheita e limpeza dos grãos estão às vagens de soja, que se apresenta como um material lignocelulósico alternativo para ser utilizado na produção de painéis aglomerados do tipo MDP. Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito da utilização de vagens de soja na produção de painéis MDP de eucalipto. Os painéis, com densidade nominal de  $0,70 \text{ g/cm}^3$ , foram constituídos por três camadas, de modo que nas capas foram utilizadas finas partículas de madeira de eucalipto e o miolo foi composto por uma mistura de partículas de eucalipto e de vagens soja. As proporções utilizadas de partículas de resíduo de soja em relação às de eucalipto no miolo foram de 0, 25, 50, 75 e 100%. Para o encolamento das partículas foi utilizado o adesivo uréia formaldeído, na proporção de 12%, tanto para as capas como para o miolo. O ciclo de prensagem teve temperatura de  $160^\circ\text{C}$ , por um período de 15 minutos a uma pressão de 4MPa. Para avaliar a qualidade dos painéis produzidos, foram determinadas suas propriedades físicas e mecânicas de densidade aparente; razão de compactação; absorção de água e inchamento em espessura em 2 e 24 horas de imersão; tração perpendicular; módulo de elasticidade e módulo de ruptura na flexão estática. Para atender as exigências da norma brasileira (NBR 14.810/2002), para as propriedades de inchamento em espessura (2h) e módulo de ruptura, a quantidade máxima de vagem de soja recomendada para painéis MDP é de 20%.

**Palavras chave:** Vagem de soja, resíduos agroindustriais, painéis reconstituídos, propriedades físico-mecânicas.

## USE OF SOYBEAN RESIDUE FOR PRODUCTION OF MDP PANELS (*Medium Density Particleboard*)

**ABSTRACT:** Soybean pre-cleaning residue is found in large quantities in the processing and processing dryers' farms, resulting in serious inconvenience if it is not removed to farther places before the fermentation process begins. Among the residues generated at the time of harvesting and cleaning of the grains are soybean pods, which presents as an alternative lignocellulosic material to be used in the production of Agglomerated panels of the MDP type. The objective of this work was to verify the effect of the use of soybean pods in the production of eucalyptus MDP panels. The panels, with a nominal density of  $0.70 \text{ g / cm}^3$ , were composed of three layers, the thin layers of eucalyptus wood were used in the covers and the core was composed of a mixture of eucalyptus particles and soybean pods. The proportions used of soybean residue particles in relation to those of eucalyptus in the kernels were 0, 25, 50, 75 and 100%. For the glueing of the particles the adhesive urea formaldehyde, in the proportion of 12%, was used for both the covers and the crumb. The pressing cycle had a temperature of  $160 \text{ }^\circ \text{C}$  for a period of 15 minutes at a pressure of 4MPa. To evaluate the quality of the panels produced, their physical and mechanical properties of apparent density; Compaction ratio; Water absorption and swelling in thickness at 2 and 24 hours of immersion were determinater; Perpendicular traction; Modulus of elasticity and modulus of rupture in the static bending. To meet the requirements of Brazilian standard (NBR 14.810 / 2002), for the properties of swelling inthickness (2h) and modulus of rupture, the maximum amount of soybean recommended for MDP panels is 20%.

**Key words:** Soybean pod, agroindustrial residues, reconstituted panels, physico-mechanical properties.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é um dos principais produtos agrícolas em todo o mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial de soja em grãos, que na safra 2015/2016 produziu 95,4 milhões de toneladas (CONAB, 2016). Na lavoura de soja, da produção total obtida, cerca de 39% são grãos, sendo o restante palhada. Da secagem dos grãos de soja, resulta o resíduo de limpeza, que pode ser utilizado na alimentação de bovinos, como uma fonte protéica de baixo custo. Porém, a grande variabilidade na composição bromatológica deste resíduo dificulta o balanceamento nutricional das dietas, se tornando um problema de uso para essa finalidade (SILVA e THIAGO, 2003).

O resíduo da pré-limpeza de soja é encontrado em grande quantidade no pátio das indústrias de beneficiamento e dos secadores das fazendas, acarretando sérios transtornos caso não seja removido para locais mais afastados antes que o processo de fermentação se inicie (GOES et al., 2011). Uma forma alternativa de utilização desse material é sua destinação para a produção de painéis de aglomerados do tipo MDP (*Medium Density Particleboard*).

De acordo com Scatolino et al. (2017) a crescente preocupação com o meio ambiente e a necessidade de diminuir a dependência por madeira, tem despertado a necessidade de busca por materiais renováveis de substituição que possam ser utilizados nas indústrias de base florestal, dentre os quais se destacam os resíduos agrícolas gerados por várias culturas como cana-de-açúcar, casca de arroz, milho, café e soja.

As chapas aglomeradas podem ser produzidas partindo de qualquer material lignocelulósico que proporcione resistência mecânica satisfatória com massa específica pré-estabelecida (MELO et al, 2009). De acordo com Mendes et al. (2012), a indústria de painéis utiliza madeira de florestas plantadas, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, no entanto, o aproveitamento dos resíduos gerados

pela agroindústria brasileira se mostra como alternativa para atender a demanda de matéria-prima nessas indústrias.

Atualmente, a inserção de resíduos lignocelulósicos agroindustriais na composição de painéis aglomerados tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores, como Guimarães Junior et al. (2016); Silva et al. (2015); Guimarães et al. (2014); Varanda et al. (2013); que testaram, respectivamente, os seguintes materiais: resíduo de sorgo, palha de milho, pseudocaule de bananeira e casca de aveia.

Segundo Muruganandam; Ranjitha e Harshavardhan (2016), há uma série de vantagens ao se utilizar alternativas sustentáveis na produção de painéis de madeira, sendo que o principal fator responsável pela melhoria das propriedades das chapas consiste na distribuição uniforme das partículas e do adesivo, já que a relação entre partícula e adesivo influencia significativamente as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Verificar o efeito da utilização de vagem de soja no desempenho físico-mecânico de painéis MDP (*Medium Density Particleboard*).

### **2.2 Específicos**

- Determinar as propriedades fundamentais dos materiais utilizados.
- Verificar a qualidade de painéis MDP produzidos a partir do resíduo de soja.
- Verificar a porcentagem de vagem soja que propicie propriedades físicas e mecânicas que atendam as normas de comercialização dos painéis MDP.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Painel MDP (*Medium Density Particleboard*)**

De acordo com Muruganandam; Ranjitha e Harshavardhan (2016), o painel de partículas pode ser fabricado a partir de uma variedade de materiais sob a forma de partículas, que são encoladas com adesivos sintéticos ou outros ligantes apropriados reforçados com calor e pressão. Esses painéis, dependendo do tipo, podem ser utilizados na construção civil e/ou indústria moveleira.

Ao longo do tempo, com o emprego da tecnologia de prensa contínua e melhor controle da granulometria das partículas, as características dos painéis aglomerados passaram por melhorias significativas, principalmente no que se refere a sua densificação, resultando em melhor distribuição do gradiente vertical de densidade, com as faces mais compactadas e textura mais fina da superfície do painel (IWAKIRI, 2008).

No processo industrial para produção de painéis MDP, são utilizadas partículas com maiores dimensões na camada interna e partículas menores nas camadas externas. A utilização de partículas menores na superfície do painel tem a finalidade de conferir ao painel melhor acabamento superficial, visando principalmente melhorar as condições de aplicação de materiais de revestimentos (IWAKIRI, 2005).

Com relação às propriedades físico-mecânicas dos painéis MDP, vários fatores são essenciais para um produto final adequado, dentre eles destacam-se a umidade das partículas, tipo e teor de adesivos, densidade dos painéis, razão de compactação, temperatura e pressão na hora da prensagem, além de outros fatores que estão ligados aos diferentes tipos de madeira, densidade, geometria das partículas, características anatômicas e químicas (VILELA, 2016).

A densidade é uma das variáveis de maior importância na qualidade final dos painéis aglomerados. De acordo com Kelly (1997), painéis de maior densidade apresentam maior resistência mecânica, entretanto, a sua estabilidade dimensional é prejudicada em função do maior inchamento em espessura, já que há uma maior quantidade de partículas de madeira e maior densificação do painel, o que provoca maior inchamento higroscópico da madeira e liberação das tensões de compressão geradas durante o processo de prensagem.

De acordo com Hillig (2000), materiais leves produzem chapas mais resistentes para uma mesma densidade da chapa, porém obriga a maiores custos de transporte e armazenamento, o que tem levado muitos pesquisadores a realizarem estudos com misturas de diferentes materiais de densidades diferentes para a produção de painéis de partículas.

A utilização de resíduos lignocelulósicos pode ocasionar a diminuição das propriedades mecânicas e o aumento da absorção de água dos painéis aglomerados. Portanto, a importância de se utilizar esses materiais em associação com partículas de madeira e determinar a quantidade ideal do resíduo que pode ser incorporado ao painel sem causar prejuízos.

### **3.2 Resíduos da agroindústria**

O setor agroindustrial depende direta ou indiretamente do ambiente como fonte de matérias-primas para o seu desenvolvimento, bem como da utilização de alguns locais para “área de despejo” de seus subprodutos e resíduos gerados durante os ciclos produtivos. A eliminação de resíduos, uma vez quantificados, controlados e tratados, torna-se facilmente passível de depuração pelo ambiente em determinado tempo. Caso contrário, esse processo pode levar milhares de anos ou, até mesmo, deixar de ocorrer, pela ausência de mecanismos específicos na natureza (GATANI et al., 2013).

Os resíduos agroindustriais têm sua composição química bastante variável, o que dificulta a sua reutilização. No geral, o maior componente é a celulose (35-50%), seguida pela hemicelulose (20-35%) e lignina (10- 25%) (SAHA, 2003). Um dos grandes problemas de se utilizar esses materiais na produção de chapas é devido à

presença de grande quantidade de determinados extrativos. De acordo com Iwakiri (2005), a presença de extrativos no material utilizado pode ocasionar problemas quanto ao consumo de adesivo, diminuição da resistência mecânica e absorção de água, além de ocorrência de bolhas de ar durante a prensagem.

Atualmente, a inserção de resíduos lignocelulósicos provenientes da agroindústria na composição de painéis particulados tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores. Já foram desenvolvidos trabalhos utilizando casca de amendoim (BARBIRATO et al., 2014); casca do coco verde (CRAVO et al., 2015); pseudocaule de bananeira (GUIMARÃES et al., 2014); resíduo de café (ARAÚJO et al., 2014); sabugo de milho (SCATOLINO et al., 2013); resíduo de sorgo (GUIMARÃES JUNIOR et al., 2016).

### 3.3 Painéis de partículas com uso de resíduos agroindustriais

Uma das vantagens de se produzir painéis aglomerados é a possibilidade de utilização de diferentes tipos de materiais lignocelulósicos, entre eles, os resíduos agroindustriais. Os aglomerados convencionais e os MDP podem ser produzidos com madeiras consideradas de baixa qualidade, resíduos de serraria ou outras formas de processamento que, em sua maioria, seriam descartados (GUIMARÃES, 2012). Vários pesquisadores vêm testando a utilização de resíduos lignocelulósicos, com destaque para os agroindustriais, na produção de painéis de partículas, como pode ser visualizado na Tabela 1.

<b>Material</b>	<b>Densidade aparente (g.cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Teor e Adesivo</b>	<b>Parafina</b>	<b>IE 24h (%)</b>	<b>MOR (MPa)</b>	<b>MOE (MPa)</b>	<b>Autoria</b>
Bagaço de sorgo	0,46	12% UF	Não	33,42	3,53	823,86	Guimarães Junior et al. (2016)
Resíduo de erva-mate	0,68	8% UF	0,50%	50,6	9,6	932,7	Carvalho et al. (2015)
Casca de amendoim e fibra de coco	0,5	15% RP	Não	18,1	3,88	445,2	Cravo et al. (2015)

Palha de milho	0,66	11% UF	Não	72	6,3	872	Silva et al. (2015)
Pseudocaule de bananeira	0,64	12% UF	Não	15,2	8,5	1187	Guimarães et al. (2014)
Sabugo de milho	0,65	8% UF	1%	31,5	2	250	Scatolino et al. (2013)
Casca de aveia	0,97	12% UF	1,50%	-	24,9	2078	Varanda et al. (2013)
Bagaço de cana	0,65	12% UF	1%	13,42	9,34	823,29	Mendes et al. (2012)
Casca de arroz	0,66	10% UF	1%	47,5	3,43	176,47	Melo et al. (2009)

**Tabela 1** - Quadro demonstrativo de pesquisas já realizadas com o uso de resíduo lignocelulósico em painéis aglomerados. Legenda: UF – uréia formaldeído; RP – resina poliuretana; FF – fenol formaldeído; TF – tanino formaldeído.

Ao avaliarem o efeito da adição de diferentes teores de partículas de palha de milho sobre as propriedades de painéis MDP, utilizando 11% do adesivo uréia formaldeído para as faces e 7% para o miolo, Silva et al. (2015), notaram que a adição de palha de milho provocou o aumento da absorção de água e do inchamento em espessura, enquanto que as propriedades mecânicas diminuiriam. Os autores recomendaram novas pesquisas que avaliem teor de adesivo, uso de parafina, retirada de extrativos, entre outros.

Guimarães et al. (2014), avaliaram o efeito de diferentes tratamentos químicos (testemunha; ácido acético 2%; NaOH 0,5%; acetona 1/1 e água) nas partículas de pseudocaule da bananeira *Musa* sp. nas propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados, encolados 12% de ureia-formaldeído. Os autores perceberam que os painéis produzidos com as partículas sem tratamento e com as tratadas com ácido acético foram os que apresentaram menores valores de absorção de água e inchamento em espessura, porém, as propriedades mecânicas de todos os painéis produzidos ficaram abaixo do mínimo recomendado pelos padrões de comercialização.

Ao produzir painéis de partículas com casca de amendoim e fibra da casca de coco-verde, Cravo et al. (2015), observaram que a adição de fibra da casca do coco-verde à casca de amendoim proporcionou aumento significativo nas propriedades de mecânicas dos painéis, no entanto, as propriedades físicas foram afetadas, devido ao aumento da porosidade do painel. De acordo com os autores, as características dos painéis obtidos permitem sua aplicação como isolante térmico ou acústico, o que pode ser verificado através de testes específicos.

Scatolino et al. (2013), produziram painéis aglomerados com diferentes porcentagens de sabugo de milho associadas com partículas de madeira de *Pinus oocarpa*. Os painéis foram produzidos com 8% de uréia-formaldeído e 1% de parafina e os autores notaram que o aumento da substituição da madeira pelo resíduo promoveu melhoras significativas para as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura, enquanto as propriedades mecânicas decresceram. De acordo com os autores, a diminuição nos valores das propriedades físicas pode ser explicada pelo aumento da razão de compactação dos painéis em função do aumento da adição do resíduo, o que promoveu uma barreira a entrada inicial de água.

Melo et al. (2009), ao avaliarem as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de casca de arroz, concluíram que seria possível a adição de até 10% de casca para que os painéis apresentem propriedades similares àqueles confeccionados exclusivamente com partículas de madeira. Neste trabalho, percebeu-se que os painéis colados com tanino-formaldeído apresentaram qualidade superior àqueles em que foi utilizado ureia-formaldeído. De acordo com os autores, uma das principais limitações do uso da casca de arroz é a dificuldade de colagem das partículas.

### **3.4 Cultura de soja**

A soja, principal *commodity* agrícola da atualidade, é uma planta herbácea da família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L. Essa planta apresenta vagens levemente arqueadas, que representam aproximadamente 32% de sua matéria seca, são peludas, formadas por duas valvas de um carpelo simples, com

até 7cm, onde aloja de 1 a 5 sementes. A cor da vagem da soja varia entre amarela-palha, cinza e preta, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta (NEPOMUCENO et al., 2016).

No Brasil, a cultura da soja representa 57,2% da área total cultivada com grãos. O país é o segundo maior produtor mundial de soja em grãos, que atingiu a produção de 95,4 milhões de toneladas na safra 2015/2016, na qual estado de Goiás foi responsável por mais de 10% da produção (CONAB, 2016).

A soja é um dos principais produtos agrícolas em todo o mundo, sendo o óleo e a proteína os principais focos desta cultura para as indústrias. No momento da colheita e limpeza de grãos são gerados diversos resíduos, dentre os quais se destaca a vagem, ou casca de soja. Segundo Nogueira et al (2000), estima-se que para cada hectare de soja produzido são gerados cerca de 3,0 a 4,0 toneladas de resíduos. Portanto o aproveitamento do resíduo da soja na produção de novos produtos industriais proporciona ao país benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais.

O uso de resíduos de biomassa vegetal como matéria prima na produção de novos materiais de alto desempenho é uma aplicação comercial promissora (ALEMDAR e SAIN, 2008; PURKAIT et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2009).

### **3.5 Uso do resíduo da soja**

O resíduo da pré-limpeza de soja é encontrado em grande quantidade no pátio das indústrias de beneficiamento e dos secadores das fazendas, acarretando sérios transtornos caso não seja removido para locais mais afastados antes que o processo de fermentação se inicie (GOES et al., 2011).

De acordo com Silva e Thiago (2003), o resíduo de limpeza de soja pode ser usado em rações para bovinos, como uma fonte proteica de baixo custo. Seu teor médio de proteína bruta é de 20%. Porém, O uso desses resíduos na alimentação animal pode ajudar a disseminar plantas daninhas na pastagem e, se apresentarem mais de 15% de umidade, os resíduos não se conservam por muito tempo (RAPOSO, 2014).

De acordo com Nogueira et al (2000), para cada hectare de soja produzido são gerados cerca de 3,0 a 4,0 toneladas de resíduos da biomassa vegetal. Um dos resíduos gerados pelo cultivo de soja são as vagens que, segundo Bose e Martins Filho (1984), representam aproximadamente 32% da palhada de soja.

Uma das soluções para diminuir o descarte inadequado e reutilizar os resíduos é a criação de novos produtos que atendam a critérios de ecoeficiência e, conseqüentemente, reduza a utilização de recursos energéticos e matéria-prima, baixando os custos de produção (SILVA, 2016).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Matéria Prima

Para a produção dos painéis MDP, foram utilizadas vagens de soja (Figura 1) e madeira de eucalipto. As vagens foram coletadas de forma casualizada em diferentes armazéns instalados em propriedades rurais no entorno da cidade de Jataí-GO. Após a coleta, as vagens foram levadas para o Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, onde foi realizada a limpeza do material, que consistiu na retirada de impurezas como partículas de terra, sementes e caules.



**Figura 1** - Vagens de soja utilizadas na produção dos painéis MDP.

A madeira de *Eucalyptus grandis* foi proveniente de plantio experimental instalado na Universidade Federal de Lavras – MG. Após a coleta, a madeira foi levada a Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM) – UFLA, onde foi transformada em serragem através de moinho do tipo martelo. Em seguida, as partículas foram armazenadas em sacos plásticos e transportadas até a Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí.

## **4.2 Caracterização dos materiais**

Foram determinadas as propriedades físicas de umidade e densidade básica e a composição química das vagens de soja e da madeira de eucalipto, de acordo com os seguintes procedimentos:

### **4.2.1 Umidade**

Foi determinada a umidade na base seca dos materiais utilizados (vagens de soja e madeira de eucalipto), através do método gravimétrico, de acordo com os procedimentos descritos NBR 14929 (ABNT, 2006).

### **4.2.2 Densidade**

A densidade básica das vagens e da madeira foi determinada com base nas especificações da NBR 11941 (ABNT, 2006), sendo que a mesma foi adaptada quando da utilização do resíduo da soja.

### **4.2.3 Análise Química:**

Para a análise química, os materiais foram transformados em serragem em um moinho de facas e foram utilizadas as partículas que ficaram retidas entre peneiras de 40 e 60 mesh de malha. As normas mencionadas a seguir foram utilizadas para a determinação dos constituintes químicos do material lignocelulósico:

- teor de extrativos totais – NBR 7987 T204 om-88 (ABNT, 1998);
- teor de solúveis em água fria e quente – NBR 7988 (ABNT, 1998);
- teor de lignina – T222 om-88 (TAPPI, 1994);
- teor de cinzas – T211 om-93 (TAPPI 1994);
- teor de holocelulose – Holocelulose = 100% - (teor de lignina + teor de extrativos + teor de cinzas).

## **4.3 Produção dos painéis MDP**

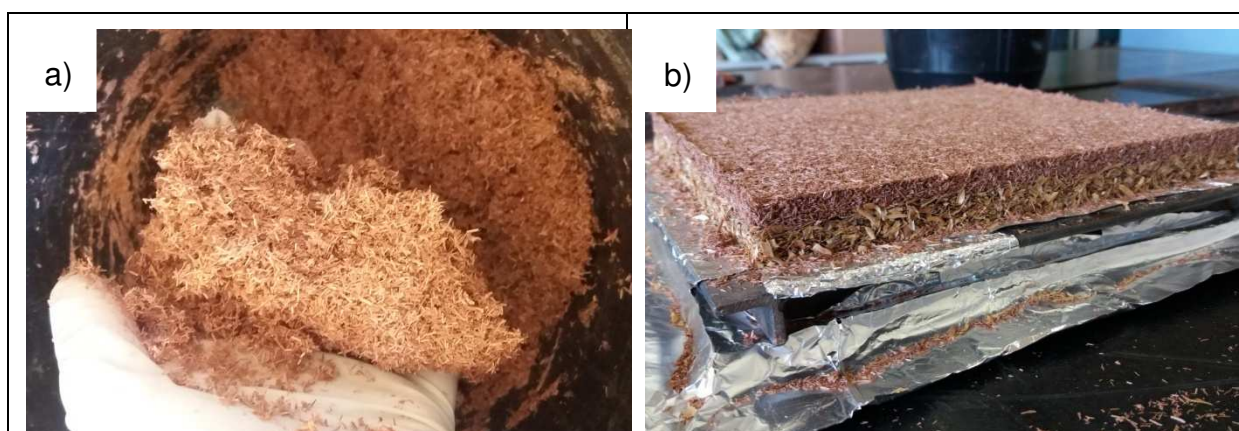
Foram produzidos painéis aglomerados do tipo MDP, constituídos por três camadas. Nas capas foram utilizadas finas partículas de madeira de eucalipto e o miolo foi composto por uma mistura de partículas de eucalipto e de vagens de soja.

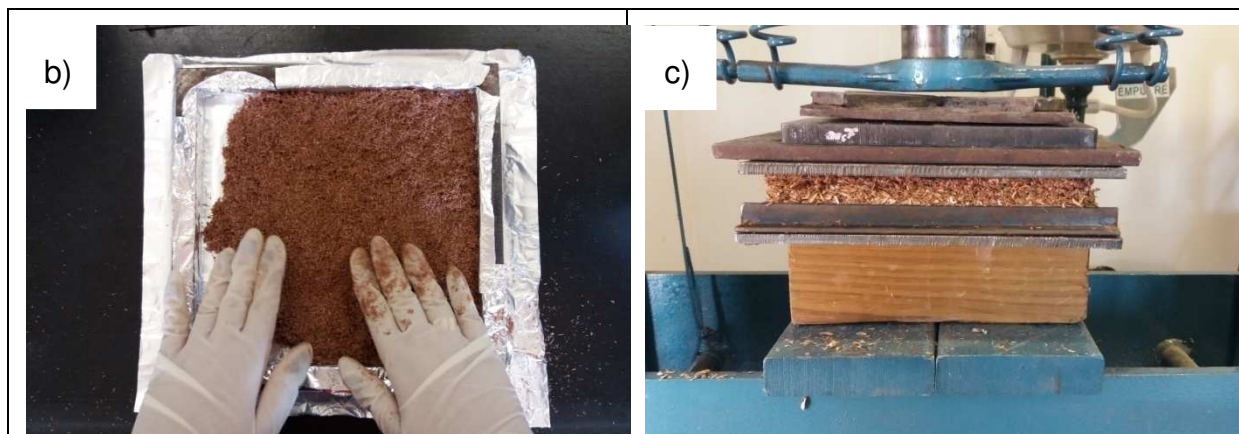
As proporções utilizadas de partículas de resíduo de soja em relação às de eucalipto no miolo foram, respectivamente, 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0, sendo utilizadas 3 repetições por tratamento.

Para a obtenção das partículas as vagens de soja e a madeira de *Eucalyptus grandis* foram processadas em moinho de facas. As partículas obtidas foram passadas em peneiras de diferentes granulometrias, sendo utilizadas para as capas aquelas retidas entre as peneiras de 20 e 40 mesh e, para o miolo as que ficaram retidas entre peneiras de 40 e 60 mesh. A proporção de partículas utilizadas foi de 20/60/20 (face/miolo/face) e a densidade nominal dos MDP foi de 0,70 g/cm<sup>3</sup>. Para a produção dos painéis, todas as partículas foram secas em estufa com circulação de ar forçada até a umidade na base seca de 3%.

O adesivo utilizado para o encolamento das partículas foi a ureia-formaldeído na proporção de 12%, que apresentava teor de sólidos de 63,80%, viscosidade de 480 cP, tempo de gelatinização de 51 segundos e pH de 8,55. As partículas misturadas com adesivo foram levadas a uma caixa formadora de colchão, com dimensões de 20 cm x 20 cm x 1,5 cm, e o ciclo de prensagem teve temperatura de 160°C, por um período de 15 minutos a uma pressão de 4MPa.

Após a obtenção, secagem e pesagem das partículas e do adesivo, as etapas de produção dos aglomerados podem ser resumidas em: a) mistura das partículas com o adesivo, b) formação do colchão, c) prensagem, as quais podem ser visualizadas na Figura 2.





**Figura 2** - Etapas de produção dos painéis MDP.

Depois de prontos, foram retirados os corpos-de-prova dos painéis, para determinação de sua qualidade. Para tanto, os mesmos foram mantidos em câmara de climatização, à temperatura de 20°C e a 65% de umidade relativa do ar, até atingirem massa constante, de acordo com a norma D 1037 (ASTM, 2012). Os testes foram realizados de acordo com as seguintes normatizações:

- Testes mecânicos: flexão estática avaliando MOE - módulo de elasticidade - e MOR – módulo de ruptura - (DIN 52362, 1982); tração perpendicular (ASTM 2012: D1037). Foram testados 6 corpos de prova por tratamento para cada ensaio mecânico.
- Testes físicos: absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, densidade aparente e razão de compactação segundo a norma D 1037 (ASTM, 2012). Para os testes físicos foram avaliados 9 corpos de prova por tratamento.

#### 4.4 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, o qual foi composto por 5 tratamentos e 3 repetições, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2** - Delineamento experimental para produção dos painéis MDP a partir de resíduo de soja e madeira de eucalipto.

Tratamento	Miolo (%)		Número de repetições
	Resíduo	Madeira	
1	0	100	3
2	25	75	3

---

3	50	50	3
4	75	25	3
5	100	0	3

---

Os dados obtidos foram analisados ao nível de 5% de significância, com auxílio do software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Todas as variáveis foram submetidas ao teste F por meio da análise de variância e, quando os tratamentos apresentaram diferença significativa, foi realizado o teste de Tuckey para a comparação de médias das propriedades físicas e químicas dos diferentes materiais utilizados. Também se ajustou modelo de regressão para as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos nos diferentes tratamentos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Características da matéria prima

Foram determinadas as propriedades físicas de densidade básica e umidade, e a composição química dos materiais utilizados na produção dos painéis MDP, os valores médios obtidos para cada característica podem ser visualizados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Propriedades físicas e químicas das vagens de soja e da madeira de eucalipto.

Material	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade (%)	Extrativos totais (%)	Lignina insolúvel (%)	Cinzas (%)	Holocelulose (%)
Soja	0,20 B* (1,3) <sup>1</sup>	7,44 A (0,80)	8,27 A (7,65)	23,00 B (2,77)	8,77 A (0,57)	60,51 A (1,86)
Eucalipto	0,55 A (2,1)	7,24 A (18,99)	8,14 A (15,45)	29,03 A (7,18)	0,26 B (11,63)	62,57 A (4,33)

\* Médias seguidas por mesma letra, na vertical, não se diferem pelo teste F ao nível de 5% de significância. <sup>1</sup> Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação amostral em porcentagem.

A densidade básica é uma das principais variáveis que influenciam na qualidade final de painéis aglomerados. De acordo com a classificação IPT (1985), a madeira de eucalipto utilizada apresentou média densidade, já que sua densidade básica (0,55 g/cm<sup>3</sup>) se encontra no intervalo entre 0,50 e 0,72 g/cm<sup>3</sup>. As vagens de soja apresentaram valor médio de densidade básica inferior ao da madeira (0,20 g/cm<sup>3</sup>). Geralmente, os resíduos lignocelulósicos provenientes da agroindústria apresentam baixa densidade, sendo esse fato constatado para: bagaço de sorgo - 0,16 g/cm<sup>3</sup> - (GUIMARÃES et al., 2016); palha de milho - 0,17 g/cm<sup>3</sup> - (SILVA et al., 2015); pseudocaule de bananeira - 0,10 g/cm<sup>3</sup> - (GUIMARÃES et al., 2014); casca de café - 0,19 g/cm<sup>3</sup> - (MENDES et al., 2010).

Em relação à composição química da matéria prima empregada na produção de chapas de partículas, o teor de extrativos é o que ganha maior destaque, pois o teor elevado de determinados tipos de extrativos podem prejudicar a qualidade de painéis aglomerados. De acordo com Iwakiri (2005), a presença de grande quantidade de extrativos no material utilizado pode ocasionar problemas quanto ao consumo de adesivo, diminuição da resistência mecânica e absorção de água, além de ocorrência de bolhas de ar durante a prensagem.

Neste estudo, foram encontrados valores estatisticamente iguais para ambos os materiais utilizados, sendo que a madeira de eucalipto e as vagens de soja apresentaram teor de extrativos de 8,14% e 8,27%, respectivamente.

Foram encontrados teores de lignina para as vagens de soja (23,00%) inferiores aos da madeira de eucalipto (29,03%). De acordo com Hilling (2000) a presença de grande quantidade de lignina no material pode melhorar a qualidade da colagem nos painéis aglomerados, já que essas substâncias químicas aumentam as forças de coesão e adesão das partículas e, segundo Klock et al. (2005), as propriedades termoplásticas da lignina desempenham uma função importante na fabricação de chapas de madeira, pois quando um material polimérico amolece, frequentemente torna-se pegajoso e apresenta-se como um adesivo.

As vagens de soja apresentaram alto valor de teor de cinzas (8,77%) em comparação com a madeira de eucalipto (0,26%), porém Silva et al. (2008), encontraram valor semelhante de teor de cinzas para o resíduo da soja, os quais observaram valor médio de 8,90%.

## **5.2 Propriedades físicas dos painéis MDP**

Os valores médios de densidade aparente dos painéis produzidos com diferentes proporções de resíduo de soja podem ser visualizados na Tabela 4.

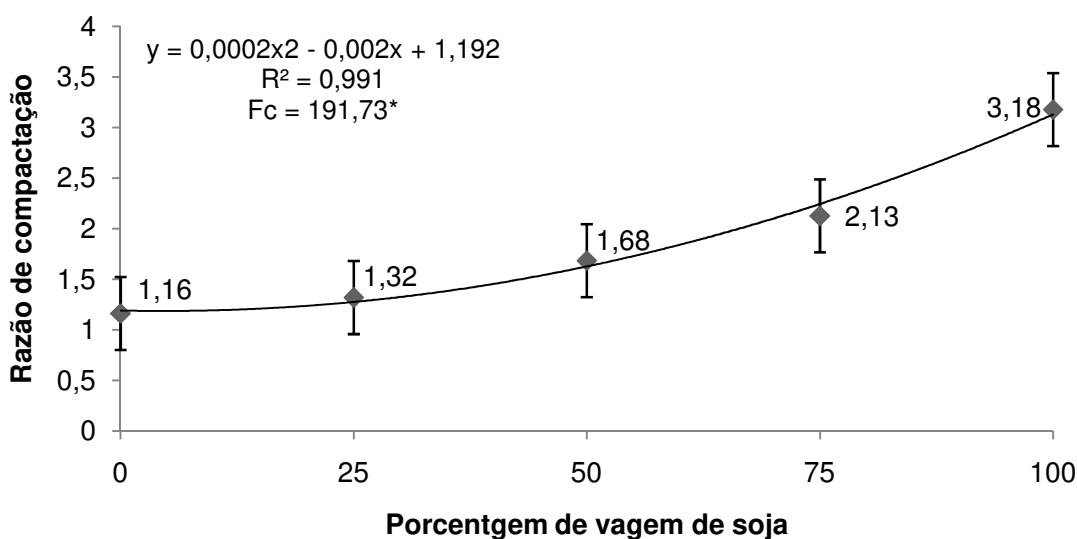
**Tabela 4** - Densidade aparente média dos painéis MDP.

<b>% Vagem de Soja no miolo</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>
0	0,64(0,020) <sup>1</sup> A*
25	0,61 (0,037) A
50	0,63 (0,046) A
75	0,61 (0,042) A
100	0,64 (0,024) A
CV(%)	5,61

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância. <sup>1</sup>Valores entre parênteses se referem ao desvio padrão da média.

MDP são painéis aglomerados que possuem densidade entre 0,551 g/cm<sup>3</sup> e 0,750 g/cm<sup>3</sup> (NBR 14810-2, 2002), sendo assim, os painéis produzidos para esse trabalho apresentaram valores dentro do intervalo esperado. Não houve efeito significativo da adição de partículas de vagem de soja no miolo dos painéis para a densidade aparente, sendo o valor médio de 0,63 g/cm<sup>3</sup>. Esses valores foram inferiores à densidade nominal estabelecida, de 0,70 g/cm<sup>3</sup>, fato que pode ser atribuído às perdas de materiais que ocorrem durante o manuseio das partículas nas diversas etapas de produção de chapas aglomeradas.

Houve uma relação crescente entre a porcentagem de vagem de soja no painel e a razão de compactação, que pode ser visualizada na Figura 3. O aumento na inserção de vagem no painel, na ordem de 1%, proporcionou elevação de 0,02% da razão de compactação.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

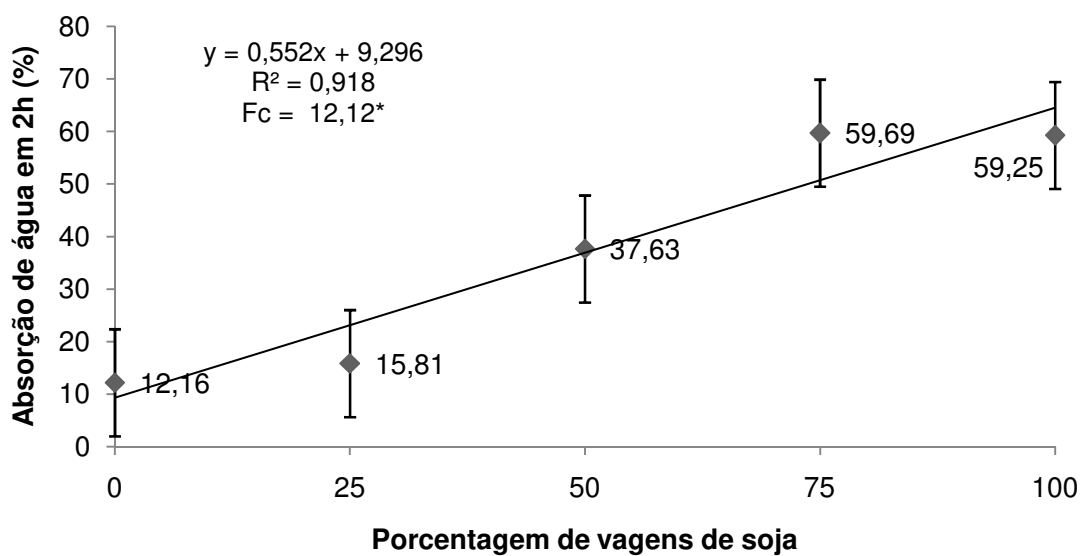
**Figura 3** - Razão de compactação em função da proporção de resíduo de soja inserida no painel MDP.

A taxa de compactação de chapas de partículas está relacionada com a densidade da matéria-prima, dependendo também da umidade do colchão. Assim como a densidade da madeira, a densidade do painel tem influência sobre suas propriedades mecânicas (HILLIG et al., 2002).

Uma das variáveis de maior influência na qualidade do painel MDP, de acordo com Maloney (1993), é a razão de compactação, que é definida como a relação entre a massa específica do painel e a massa específica da madeira, um parâmetro de grande importância na estabilidade dimensional e na resistência mecânica do painel.

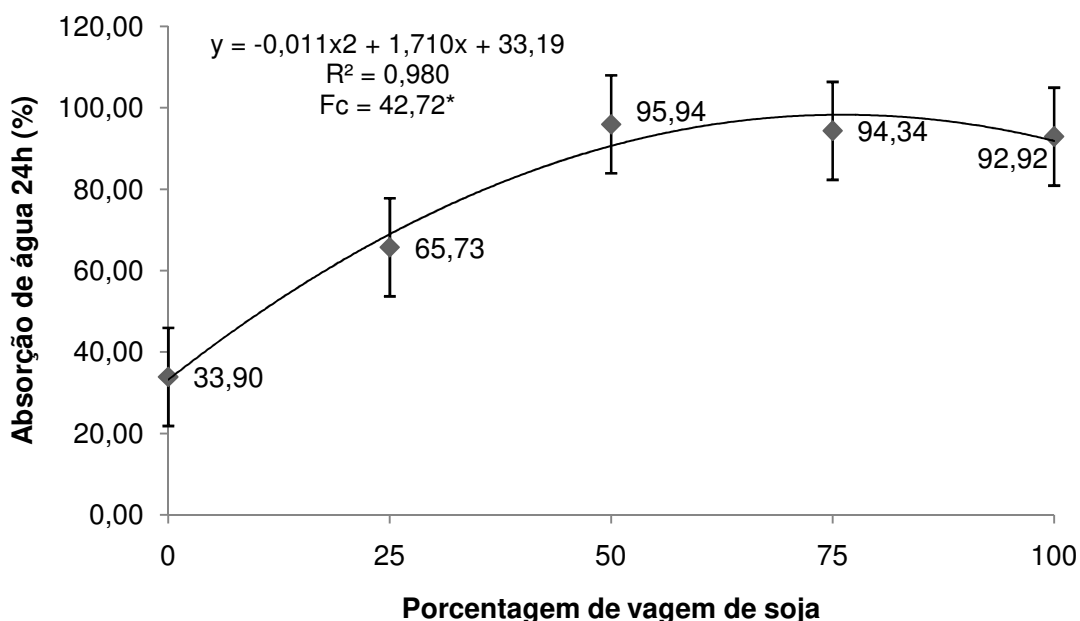
Devido à menor densidade básica das vagens de soja ( $0,20 \text{ g/cm}^3$ ), na medida em que se aumentou a proporção desse resíduo em relação às partículas de madeira nos painéis, houve o aumento nos valores de razão de compactação, já que materiais de menor densidade, comparados com outros de maior densidade, exigem um volume maior de partículas para se obter uma mesma densidade do painel aglomerado.

A regressão linear ajustada e o comportamento da absorção de água após 2 e 24 de imersão em água dos painéis podem ser observados nas Figura 4 e 5.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 4** - Absorção de água em 2 horas de imersão em função do aumento da quantidade de resíduo da soja no painel.



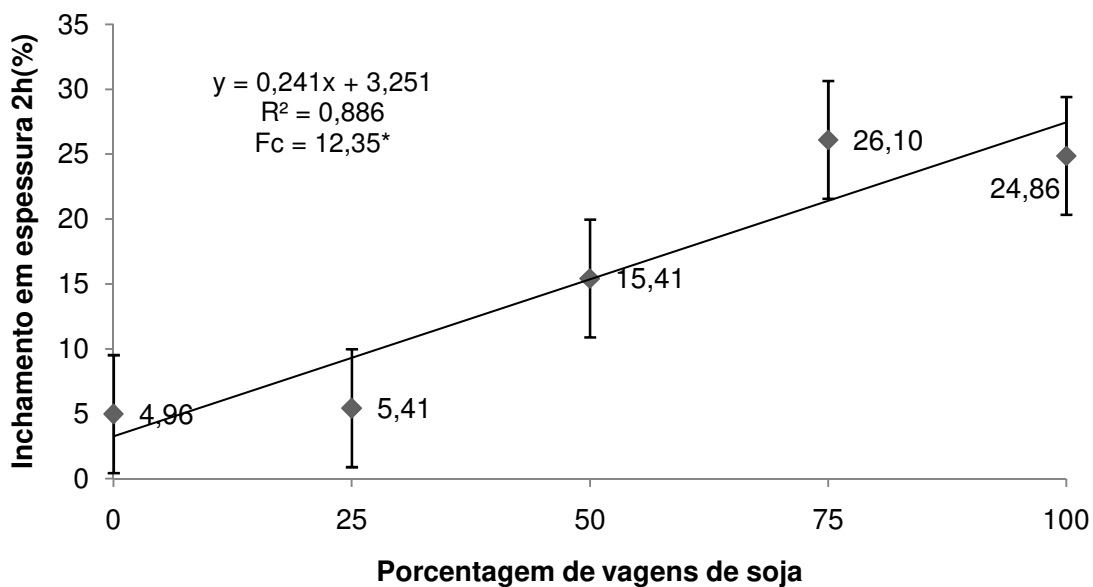
\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 5** - Absorção de água em 24 horas de imersão em função do aumento da quantidade de resíduo da soja no painel.

O aumento da razão de compactação em resposta a maior porcentagem de resíduo provocou a elevação nos valores de absorção de água dos painéis. De acordo com Scatolino et al. (2013) ao produzir chapas de partículas com materiais de menor densidade, é necessário um maior número de partículas em comparação com materiais de maior densidade, o que ocasiona a presença de mais sítios higroscópicos e, conseqüentemente, maior absorção de água.

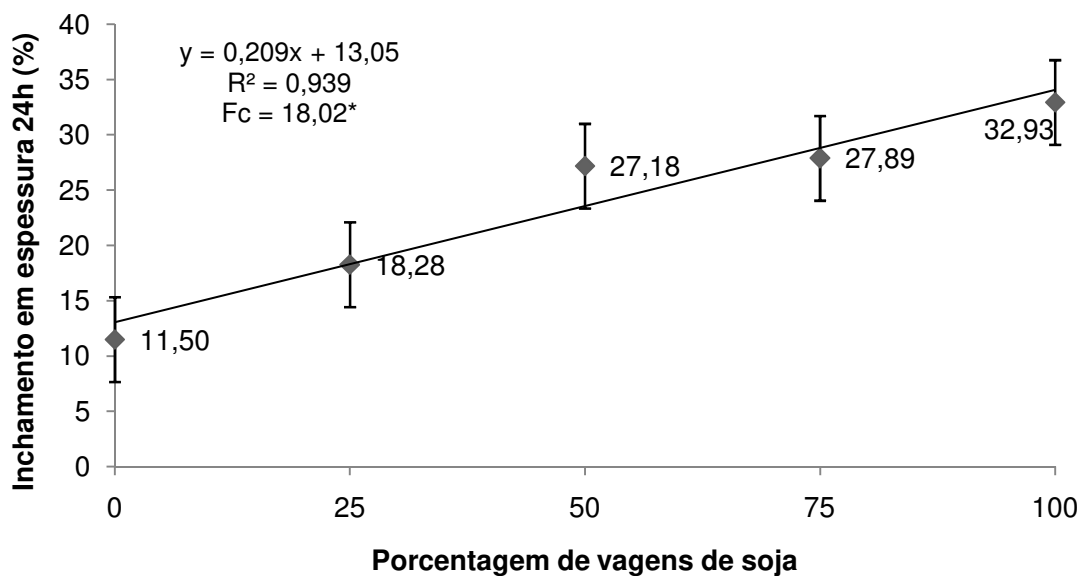
Outros autores, ao avaliarem as propriedades físicas de painéis aglomerados produzidos com resíduos agroindustriais, observaram a mesma tendência de aumento na absorção de água encontrada neste trabalho, devido à baixa densidade dos materiais utilizados e, conseqüentemente, aumento da razão de compactação.

Nas Figuras 6 e 7 podem ser visualizadas as regressões ajustadas para a propriedade de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 6** - inchamento em espessura após 2 horas de imersão em água, em função do aumento da quantidade de resíduo da soja no painel.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 7** - inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água, em função do aumento da quantidade de resíduo da soja no painel.

De acordo com Iwakiri et al. (2005), o aumento da razão de compactação a partir da utilização de materiais de menor densidade ocasiona em maior quantidade

de partículas compactadas, que liberam tensões da prensagem quando em contato com a água, além de proporcionar um maior número de sítios hidroxílicos para se ligarem com a água, provocando maior inchamento em espessura.

Quanto maior a quantidade de vagem de soja utilizada, maior o inchamento em espessura, tanto em 2 como em 24 horas de imersão, dos painéis produzidos. A tendência crescente nos valores de inchamento em função do aumento do resíduo lignocelulósico nos painéis também foi descrita por diversos autores em trabalhos realizados com materiais semelhantes.

Ao avaliarem a inserção de casca de café na produção de painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla*, Mendes et al. (2010), observaram a mesma tendência de aumento nos valores de inchamento em espessura em função do acréscimo na proporção do resíduo, esses autores obtiveram valores de inchamento após 2 e 24 horas de imersão variando entre 18,2 e 26,0% e entre 26,2 e 34,00%, respectivamente.

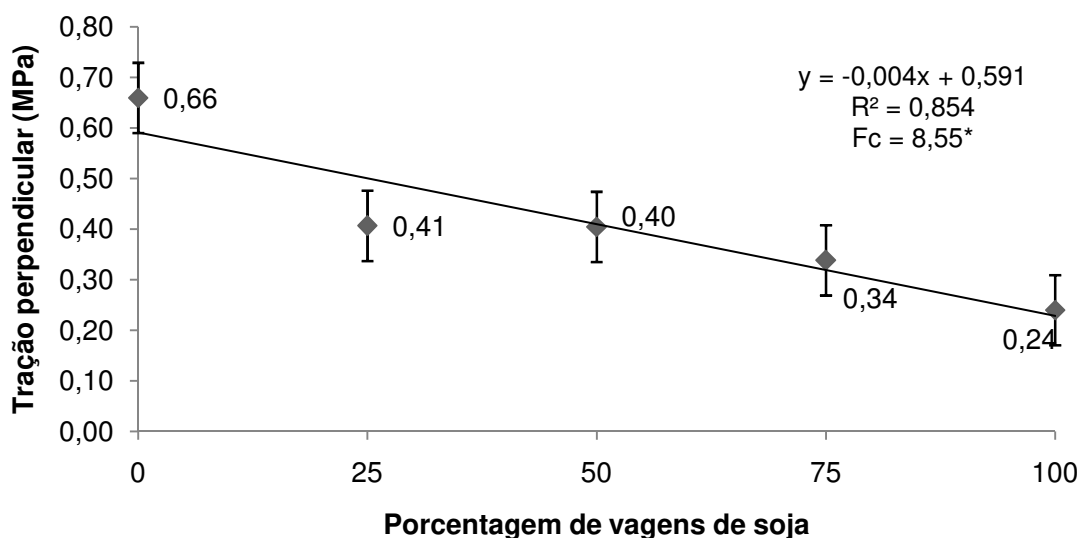
A norma NBR 14.810/2002 estabelece o limite máximo de inchamento em espessura em 2 horas de imersão em água de 8%. De acordo com a equação ajustada, o aumento de 1% de vagem no painel provocou a elevação do inchamento na ordem de 0,241%. Sendo assim, para que os painéis apresentem inchamento dentro do limite estipulado pela norma, deve-se inserir no máximo 20% de resíduo.

Para o teste de inchamento em 24 horas de imersão em água, não existe limite máximo determinado pela norma NBR 14.810/2002. Sendo assim, foi utilizada como referência a EN 312 (ECS, 2003), que estipula no máximo 14% de inchamento em espessura para esse tipo de painel. Na equação de regressão ajustada para este teste, percebeu-se que o aumento de 1% de vagem no painel provocou o aumento de 0,209%, de forma que seria possível inserir apenas 5% desse resíduo nos painéis, para que estes apresentem valor de inchamento dentro do estipulado pela norma europeia.

De acordo com os resultados obtidos para absorção de água e inchamento em espessura, nota-se que quanto maior a quantidade de vagem de soja presente no miolo dos painéis, menor a estabilidade dimensional das chapas produzidas.

### 5.3 Propriedades mecânicas dos MDP

Na Figura 8 pode ser visualizada a equação de regressão ajustada para a propriedade de tração perpendicular encontrada nos diferentes tratamentos avaliados.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 8-** Tração perpendicular em função do aumento da proporção de resíduo de soja no painel MDP.

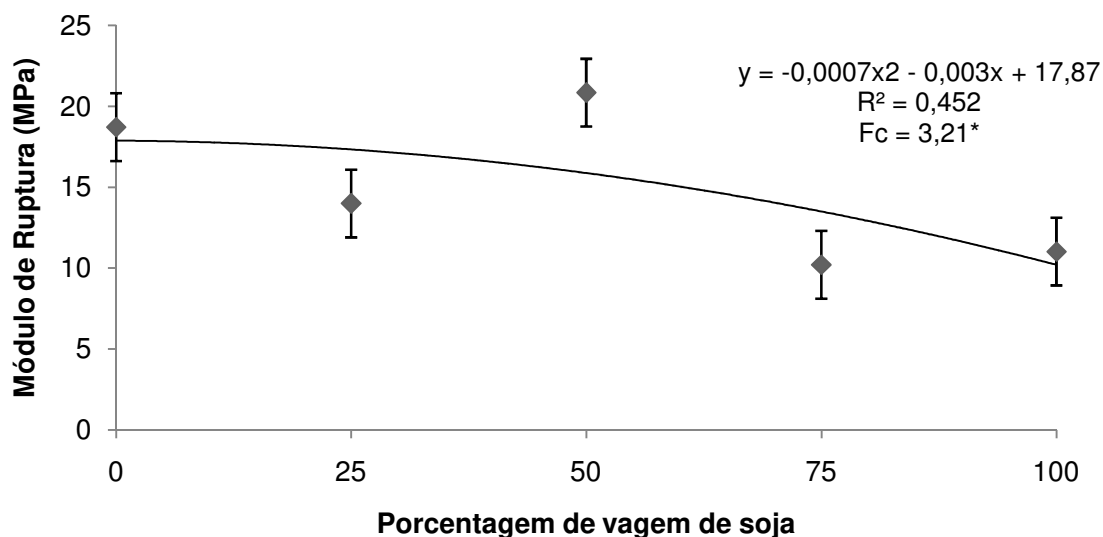
O aumento de 1% na quantidade de vagens inseridas no painel provocou a diminuição nos valores de tração perpendicular na ordem de 0,004%. De acordo com a NBR 14.810/2002, painéis aglomerados de média densidade, com espessura entre 1,4 cm e 2,0 cm, devem apresentar valor mínimo de tração perpendicular de 0,35 MPa. Logo, seria possível utilizar no máximo 60,2% do resíduo para atingir as exigências da normativa.

As vagens de soja e partículas de madeira foram misturadas de forma manual, fato que contribuiu para uma distribuição do adesivo menos homogênea. Logo, o aumento da quantidade de vagens provocou a diminuição dos valores de tração perpendicular, fato que também pode ser atribuído à baixa densidade das vagens em comparação com a madeira de eucalipto, havendo a necessidade de uma maior quantidade de material para uma mesma quantidade de adesivo, dificultando a colagem.

Ao utilizar partículas de pseudocaule de bananeira, sob diferentes tipos de tratamentos, na produção de painéis aglomerados colados com uréia formaldeído, Guimarães et al. (2014), encontrou valores baixos de tração perpendicular, que variaram de 0,05 MPa a 0,20 MPa. De acordo com os autores, o baixo conteúdo de lignina encontrada (15,7%) no resíduo pode ter contribuído para a baixa adesão entre partículas e, conseqüentemente, valores baixos de tração perpendicular.

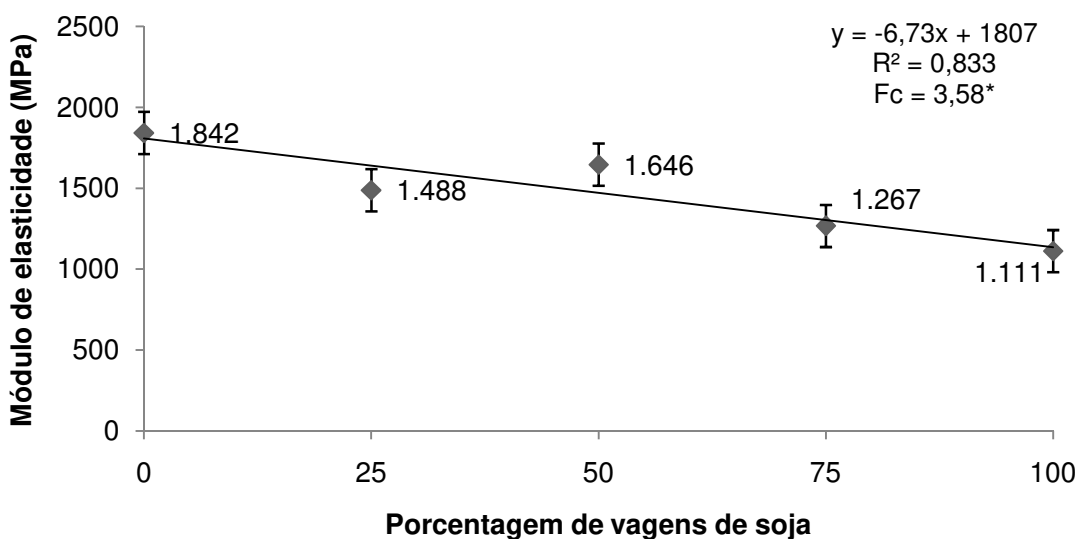
Silva et al. (2015), ao avaliarem painéis MDP produzidos com diferentes porcentagens de palha de milho, obtiveram valores para essa propriedade variando entre 0,37 e 0,14 MPa, de forma que houve também um decréscimo dos valores à medida em que se aumentou a porcentagem do resíduo nos painéis de 0 à 100% em relação as partículas de pinus. Mendes et al. (2012), encontraram valores de tração perpendicular variando entre 0,55 MPa e 0,76 MPa, sendo esses extremos correspondentes a painéis aglomerados de *pinus* colados com ureia formaldeído, com a presença de 75% e 25% de bagaço de cana, respectivamente.

As regressões ajustadas para as propriedades de módulo de elasticidade e módulo de ruptura em função da quantidade de vagens de soja no miolo dos MDP podem ser visualizadas nas Figuras 9 e 10.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 9** - Variação do módulo de ruptura de acordo com o aumento da proporção de vagens de soja no miolo dos painéis MDP.



\*Valores estatisticamente significativos em nível de 5% de significância pelo Teste F.

**Figura 10** - Variação do módulo de elasticidade de acordo com o aumento da proporção de vagem de soja no miolo dos painéis MDP.

Assim como para a tração perpendicular, os valores de MOR e MOE também apresentaram tendência decrescente à medida que se aumentou a quantidade de vagens de soja nos painéis. O mesmo comportamento foi observado por diversos autores ao produzirem chapas aglomeradas a partir de resíduos agroindustriais como Mesquita et al. (2015), ao utilizar feixes de sisal; Scatolino et al. (2013), trabalhando com sabugo de milho; Mendes et al. (2012), com bagaço de cana de açúcar e; Melo et al. (2009) com casca de arroz.

A NBR 14.810/2002, estabelece que painéis do tipo MDP com espessura entre 1,4 cm e 2,0 cm devem apresentar valor de MOR mínimo de 16 MPa. Para atender a esta norma seria possível utilizar a quantidade máxima de 48,4% de vagens de soja. De acordo com norma ANSI (1993), painéis aglomerados devem ter valores mínimos de 11,3 MPa e 1764 MPa para MOR e MOE, respectivamente. De acordo com a equação ajustada, seria possível inserir no máximo 98% e 6,4% de vagens de soja nos painéis para que atendessem à norma ANSI para MOR e MOE, respectivamente.

## **6. CONCLUSÕES**

A inserção de resíduo da cultura da soja na camada interna de painéis MDP provocou a elevação dos valores de absorção de água e inchamento em espessura e o decréscimo das propriedades mecânicas. Nesse sentido, considerando as propriedades de inchamento em espessura (2h) e módulo de ruptura (MOR), para atender a norma brasileira (NBR 14.810/2002), a quantidade máxima de vagem de soja recomendada para painéis MDP é de 20%.

Portanto, seriam necessários novos testes de tratamento das partículas, interação entre os materiais, tipo e teor de adesivo, bem como avaliação da viabilidade técnica para que este resíduo possa ser utilizado em painéis aglomerados de maneira satisfatória.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE. **ANSI A208.1**: Mat-formed wood particleboard: Specification, 1993. Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810-3**: Chapas de madeira aglomerada: métodos de ensaio. São Paulo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9533**: Normas técnicas. Rio de Janeiro, 1998.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D-1037**: Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials. Philladelphia: 199.vol.04.09 (Annual Book of ASTM standards).

ALEMDAR, A; SAIN, M.; Insolation and characterization of nanofibers from agricultural residues – wheat straw and soy hulls. **Bioresource Technology** **99**. 2008.

ARAÚJO, I. I.; et al. Aproveitamento do resíduo do processamento do café na composição de painéis MDP. Proceedings of the III Workshop do PGR em Gestão de Resíduos da Unesp: **Annual Meeting**, 2014.

BARBIRATO, G.; et al. Painel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira itaúba. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, 2014.

BOSE, Max L. V. & MARTINS FILHO, João G. O papel dos resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 1984.

CARVALHO, A. G.; et al. Efeito da adição de resíduos de poda da erva-mate em painéis aglomerados. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: Grãos - Safra 2015/16 - Décimo Segundo Levantamento, v. 3, n. 12, 82p, 2016.

CRAVO, J. C. M.; et al. Painel aglomerado de resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, 2015.

NORMEN FÜR HOLZFASERPLATEN SPANPLATTEN SPERRHOLZ. **DIN 52362**: Testing of wood chipboards bending test, determination of bending strength. Berlin, p. 39-40, 1982.

EUROPEAN STANDARD. **EN 312**: Particleboards – Specifications..English version. 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 38, n. 2, 2014.

GATANI, M.P.; et al. Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. **Revista Matéria**, v.18, n. 2, 2013.

GOES, R. H. T. B.; et al. Composição bromatológica e degradabilidade ruminal de resíduos da pré-limpeza de soja utilizados na alimentação de ovinos. **PUBVET**, v.5, n. 30, 2011.

GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; et al. Inclusão de resíduo da cultura de sorgo em painéis aglomerados de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, 2016.

GUIMARÃES, B. M. R.; et al. Chemical treatment of banana tree pseudostem particles aiming the production of particleboards. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 1, 2014.

HILLIG, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, 2002.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído**. 2000. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo: 1985. 189p.

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

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. **Cerne**, v. 11, n. 4, 2005.

IWAKIRI, S. et al. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.

KELLY, M. W. **A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard**. USDA Forest Service General Technology Report Forest Products Laboratory, Madison, USA. 1997, 66p.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. Química da Madeira. Manual didático. 4. ed. **UFPR**: Curitiba, 2013. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/Quimica%20da%20Madeira%202013.pdf>> . Acesso em: 17 fev. 2017.

MALONEY, T.M. **Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689p.

MELO, R. R.; et al. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, 2009.

MENDES, R. F.; et al. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 38,n. 86, 2010.

MENDES, R. F.; et al. Efeito da incorporação de casca de café nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Ciência e Agrotecnologia**.v.34, n.3, 2010.

MENDES, R. F.; et al. Efeito da associação de bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, v. 22, n.1, 2012.

MESQUITA, R. G. A.; et al. Inclusão de feixes de sisal na produção de painéis MDP de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.43, n.105, 2015.

MURUGANANDAM, L.; RANJITHA, J. HARSHAVARDHAN, A. A review report on physical and mechanical properties of particle boards from organic waste. **International Journal of ChemTech Research**, v. 9, n. 1, 2016.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja**. EMBRAPA: Ageitec. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01\\_24\\_271020069131.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html)>. Acesso em: 10/12/2016.

NOGUEIRA, L. U. H.; SILVA LORA, E. E. e TROSSERO, M. A. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Brasília: ANEEL, 2000, p. 31-54.

PURKAIT, B. S.; et al. Insolation of Cellulose Nanoparticles from Sesame Husk. **Industrial Engineering Chemistry Research**. 2011.

SAHA, B. C. Hemicellulose bioconversion. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, Hampshire, v.30, p.271-291, 2003.

SCATOLINO, M. V.; et al. Use of maize cob for production of particleboard. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 4, 2013.

SCATOLINO, M. V.; et al. Eucalyptus wood and coffee parchment for particleboard production: Physical and mechanical properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n.2, 2017.

SILVA, S. A. M. **Confecção e avaliação de painéis de partículas de madeira de média densidade com aproveitamento de resíduos industriais**. 2016. 92f. Tese (Livre Docente em Produtos Engenheirados da Madeira) - Universidade Estadual Paulista, 2016.

SILVA, D. W; et al. MDP com partículas de eucalipto e palha de milho. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 108, 2015.

SILVA, A. M.; BENTES, M. A.; MEDRADO, S. B.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Estudo da utilização da biomassa em substituição parcial ao carvão mineral na fabricação do coque na coqueira da CSN. **Revista Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, v. 5, n. 1, 2008.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **Testing and methods**. Atlanta, 1994.

THIAGO, L. R. L. S.; SILVA, J. M. Soja na alimentação de bovinos. **Circular Técnica**: Embrapa. Campo Grande, 2003.

VARANDA, L. D.; et al. Avaliação do desempenho de painéis de partículas. **Revista Madeira Arquitetura e Engenharia**, v.14, n.35, 2013.

VILELA, A. P. **Utilização da borracha de pneu para produção de painéis MDP e cimento-madeira**. 2016. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais) - Universidade Federal de Lavras, 2016.