

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA GESTÃO DA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL**

AUGUSTO VIEIRA RICARDO

**CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM MADEIRA DE
EUCALIPTO E RESÍDUOS SÓLIDOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS**

Botucatu-SP

Junho – 2015

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

AUGUSTO VIEIRA RICARDO

**CARACTERIZAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM MADEIRA DE
EUCALIPTO E RESÍDUOS SÓLIDOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS**

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Gislaine Cristina Batistela

Coorientador: Prof^ª. Dr^ª. Fernanda Cristina Pierre

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo
no Curso Superior de Produção Industrial.

Botucatu-SP

Junho – 2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Rosângela Bento Vieira e Maurício Ricardo, e aos meus irmãos Tabata Crusca, Guilherme Vieira Ricardo, Filipe Vieira Ricardo, pelo apoio, pela dedicação e pelos ensinamentos que me auxiliaram nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Tecnologia de Botucatu pela grande oportunidade de realização deste trabalho e a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

À Prof.^a Dr.^a. Gislaine Cristina Batistela pela insistência, muita paciência, força e orientação.

À Prof.^a Dr.^a Fernanda Cristina Pierre pela coorientação no desenvolvimento deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu/SP pelo acolhimento.

Ao Professor Alcides Lopes Leão e aos colegas do Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL), pela disponibilidade e pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Humberto Fabrizzi de Figueiredo Pupo pela generosa e incansável ajuda em todos os momentos de realização deste trabalho, sendo de primordial importância para a realização do mesmo.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho de algumas propriedades físicas e tração perpendicular dos painéis de madeira aglomerada, fabricados industrialmente, utilizando madeira de *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden* e sólidos granulares de resíduos químicos industriais, em diferentes proporções, para fornecer uma alternativa de reaproveitamento de resíduos químicos industriais, visando a questão da sustentabilidade ambiental e da redução de custos para a empresa quanto a destinação destes resíduos. O material foi disponibilizado por uma indústria madeireira de Botucatu/SP e os painéis em escala industrial foram confeccionados no Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL) do Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais, da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu/SP sendo que os ensaios físicos e de tração perpendicular foram realizados numa empresa do ramo industrial madeireiro localizada na região de Botucatu/SP.

PALAVRAS-CHAVE: Painéis de madeira aglomerada. Resíduos químicos industriais. Propriedades físicas. Tração perpendicular.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance of some physical properties and perpendicular traction of chipboard panels, industrially manufactured using *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and granular solids of industrial chemical waste in different ratios to provide a recycling alternative of industrial chemical waste, aiming at the issue of environmental sustainability and cost savings for the company and the allocation of such waste. The material was made available by a timber industry Botucatu / SP and the panels on an industrial scale were made in the Waste Laboratory Solid and Composites (RESIDUALL) of the Department of Natural Resources - Environmental Sciences, Faculty of Agricultural Sciences - UNESP - Botucatu / SP where as the physical and perpendicular pull tests were performed in a company's timber industrial branch located in Botucatu / SP region.

KEYWORDS: chipboard panels. Industrial chemical waste. Physical properties. Perpendicular traction.

LISTA DE FIGURA

Figura 1- Etapas do processo de produção	17
Figura 2 – Partículas finas	23
Figura 3 – Partículas grossas	23
Figura 4 - Resíduo químico industrial	23
Figura 5 – Degradação do painel.....	26
Figura 6 - Homogeneizador.....	27
Figura 7 - Mistura antes da homogeneização	27
Figura 8 - Mistura após homogeneização.....	28
Figura 9 - Pesagem dos materiais	28
Figura 10 – Medidor de umidade	28
Figura 11 - Colchão pré-moldado.....	29
Figura 12 - Colchão pré-moldado.....	29
Figura 13 – Prensa hidráulica	30
Figura 14 - Prensagem do colchão	30
Figura 15 – Resfriamento do painel	30
Figura 16 – Painel final	31

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Composição dos três tratamentos	25
Tabela 2 - Quantidade (gramas) e porcentagem de material de um painel	25
Tabela 3 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação da densidade básica, segundo tratamento	32
Tabela 4 - Média e desvio padrão do teor de umidade, segundo tratamento	33
Tabela 5 - Média e desvio padrão da absorção e inchamento em espessura 24 horas, por tratamento	33
Tabela 6 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação da tração perpendicular, por tratamento	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos.....	11
1.2 Justificativa.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Resíduos industriais.....	12
2.2 Reaproveitamento de resíduos de madeira	13
2.3 Painéis de madeira	13
2.3.1 Produção de painéis de madeira no Brasil.....	13
2.4 Painéis de madeira aglomerada	14
2.4.1 Produção de painéis de madeira aglomerada.....	15
2.4.2 Resinas e aditivos	18
2.5 Propriedades físicas da madeira	18
2.5.1 Densidade básica	19
2.5.2 Absorção de água e inchamento em espessura 24 horas	20
2.5.3 Teor de umidade da madeira	20
2.6 Propriedade mecânica.....	21
2.6.1 Tração perpendicular	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Material utilizado na fabricação de painel de partículas de madeira.....	22
3.2 Fabricação dos painéis.....	24
3.2.1 Testes piloto.....	25
3.2.2 Homogeneizador.....	26
3.2.3 Formação do colchão e termoformagem por compressão	28
3.3 Ensaio em corpos de prova dos painéis	31
3.4 Delineamento estatístico e análises	31

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

Atualmente grandes e pequenas empresas descartam seus resíduos químicos por meio de incineração, o qual é um processo de alto custo e nocivo para o meio ambiente, este processo é utilizado pela indústria madeireira principalmente no descarte de resinas utilizadas no processo de fabricação de painéis de madeira aglomerada. Para o aglomerado, produto em forma de painel constituído por partículas de madeira aglutinadas por meio de resinas termofixas, sob a ação de calor e pressão, o mercado brasileiro alcançou 2,5 milhões de m³ em 2009, registrando crescimento sobre 2005 de aproximadamente 20% (ABIPA, 2010).

De acordo com Massaroto et al. (2008) a reciclagem de resíduos na forma de materiais destinados às mais diversas aplicações tem sido uma alternativa à solução de vários problemas ambientais, por meio da diminuição do volume de resíduos e seus perigos de descarte e da diminuição da utilização de recursos naturais cada vez mais escassos. Tanto o reaproveitamento do resíduo, quer seja dentro ou fora da indústria, bem como a destinação final do mesmo são atividades que requerem uma pesquisa criteriosa, pois as opções são muitas e os custos podem ser elevados.

1.1 Objetivos

Avaliar o desempenho de propriedades físicas e tração perpendicular de painéis aglomerados confeccionados com diferentes proporções de madeira de *Eucalyptus Grandis Hill ex Maiden* e sólidos granulares de resíduos químicos industriais, provenientes de uma indústria madeireira de Botucatu/SP.

1.2 Justificativa

Em continuidade a trabalhos desenvolvidos na área de fabricação de painéis e na empresa do ramo industrial madeireiro, a ideia inicial é fornecer uma alternativa de reaproveitamento de resíduos químicos industriais, visando à questão da sustentabilidade ambiental e da redução de custos para a empresa quanto à destinação destes resíduos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Resíduos industriais

Resíduos industriais são aqueles gerados nos processos produtivos e nas instalações industriais. Podem ser de inúmeros tipos. Atualmente, os resíduos sólidos industriais, que são corretamente destinados a aterros sanitários industriais, sofrem um processo classificatório prévio ao seu tratamento e disposição final (ABNT, 2004).

De acordo com a ABNT(2004) a classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Cassilha et al. (2003) definem que:

A geração de resíduos é consequência direta da transformação da madeira maciça ou painéis de madeira reconstituída. De acordo com suas características morfológicas pode classificar os resíduos como cavacos (partículas com dimensões máximas de 50 x 20 mm, em geral provenientes do uso de picadores), maravalha (resíduo com mais de 2,5 mm), serragem (partículas de madeira provenientes do uso de serras, com dimensões entre 0,5 a 2,5 mm), e por fim, o pó (resíduos menores que 0,5 mm).

2.2 Reaproveitamento de resíduos de madeira

Os conceitos de redução, reutilização e reciclagem não são apenas termos criados pelos ambientalistas. A aplicação desses conceitos pode resultar em economia real e dinheiro para qualquer organização. À medida que a coleta e destinação de resíduos tornam-se mais caros, quanto menos as empresas tiverem que remover, menores serão os custos envolvidos (PEREIRA, 1997).

Sayago (1998) relata que:

embora não se trate do único, nem mesmo do mais importante aspecto da gestão de resíduos sólidos, a questão de incentivo ao reaproveitamento é certamente um tema a ser estudado. O aumento do nível de reaproveitamento implica, de forma complementar, em menores custos externos para a sociedade como um todo, ao se reduzirem gastos com coleta e disposição final. Além de contribuir para diversificação dos produtos, diminuição dos custos finais, resultado em novas matérias-primas para uma série de setores industriais.

Os resíduos de madeira podem ser utilizados tanto na confecção de material combustível, na agricultura, na geração de energia elétrica em termoelétricas, e principalmente na indústria de painéis reconstituídos (CASSILHA et al., 2003).

2.3 Painéis de madeira

O desenvolvimento da indústria de painéis tem sido grande desde a II Guerra Mundial. Diferentes tipos de indústrias de painéis têm sido construídos no mundo, baseados não somente em resíduos de madeira e madeira roliça cortada especialmente para painéis de partículas, mas também de outros materiais lignocelulósicos como bagaço e linho (MALONEY, 1993).

A tecnologia desenvolvida para a fabricação de painéis aglomerados permite utilizar, como matéria-prima, sub-produtos da indústria madeireira, por exemplo costaneiras ou madeira de diâmetro reduzido proveniente de desbastes, agregando valor a este material e diminuindo a demanda de madeira industrial e a pressão sobre os recursos naturais (MALONEY, 1996).

2.3.1 Produção de painéis de madeira no Brasil

De acordo com o estudo setorial da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2009), Citado por Weber (2011), a indústria brasileira de compensados produziu aproximadamente 2,5 milhões de metros cúbicos de compensados de coníferas e de folhosas em 2008.

Conforme informações da Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira – ABIPA (2010), as empresas fabricantes de MDF têm capacidade nominal instalada de 4,1 milhões de metros cúbicos ao ano, enquanto as empresas fabricantes de painéis MDP têm capacidade nominal instalada de 4,8 milhões de metros cúbicos ao ano.

Os painéis a base de madeira apresentam uma série de vantagens inerentes a esta matéria-prima, como renovabilidade, boa resistência em relação à massa específica, elevada disponibilidade, reciclabilidade, capacidade de imobilizar em sua massa grande quantidade de gás carbônico proveniente da atmosfera e demandam menor quantidade de energia para produção, transporte e instalação (SOCIETY OF WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 1977).

Segundo Eleotério (2013), a grande vantagem da utilização de painéis a base de madeira é exemplificada quando sua utilização é comparada com materiais não-renováveis, como alvenaria, aço, plásticos e alumínio.

2.4 Painéis de madeira aglomerada

De acordo com a norma brasileira NBR 14810-1 (ABNT, 20014),

chapa de madeira aglomerada é um produto em forma de painel, variando de 3 mm a 50 mm de espessura, constituído por partículas de madeira aglomeradas com resinas naturais ou termo fixas, sob a ação de pressão e calor. A geometria das partículas e sua homogeneidade, os tipos de adesivos, a densidade e os processos de fabricação podem ser modificados para fabricar produtos adequados aos usos finais específicos. Durante o processo de fabricação, podem ainda ser incorporados aditivos para prover painéis de características específicas.

Os painéis de madeira aglomerada foram desenvolvido devido à falta de disponibilidade de madeira de boa qualidade para produção de painéis compensados. Desta forma, procuraram-

se fontes de matéria-prima como resíduos de madeira para produção de aglomerados (IWAKIRI *et al.*, 2005).

BERNARDO (1988) citado por TEODORO (2008) afirma que painéis aglomerados podem ser produzidos em densidades que variam de 250 a 1.200 kg/m³, sendo a densidade média mais usual entre 400 a 800 kg/m³.

Brito *et al.* (2006) avaliaram as propriedades físicas e mecânicas de chapas de madeira aglomerada utilizando partículas convencionais a partir de madeira maciça e partículas oriundas de maravalhas com dois teores de adesivo ureia-formaldeído, 6% e 8%. Os resultados indicam que a adição de maravalhas às partículas convencionais demonstrou bom potencial para a produção de chapas de aglomerados.

Haselein *et al.* (2002) avaliaram a resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. Os autores afirmam que o aumento do comprimento e a diminuição da espessura das partículas proporcionaram aumentos significativos nas propriedades de flexão estática. Porém, os valores do inchamento em espessura e da resistência ao arrancamento de parafusos aumentaram com o aumento da espessura das partículas.

Pedrazzi *et al.* (2006) avaliaram a qualidade de painéis aglomeradas fabricadas com resíduos da madeira (palitos e serragem) de *Eucalyptus saligna*, provenientes da picagem das toras para a confecção de cavacos utilizados na produção de celulose. Foram utilizados o adesivo à base de ureia-formaldeído em proporções de 4%, 8% e 12%. Os resultados permitiram concluir que, tanto no uso de partículas tipo palitos quanto serragem com maiores porcentagens de adesivo e maiores valores de densidades, podem ser produzidos painéis com qualidade satisfatória.

2.4.1 Produção de painéis de madeira aglomerada

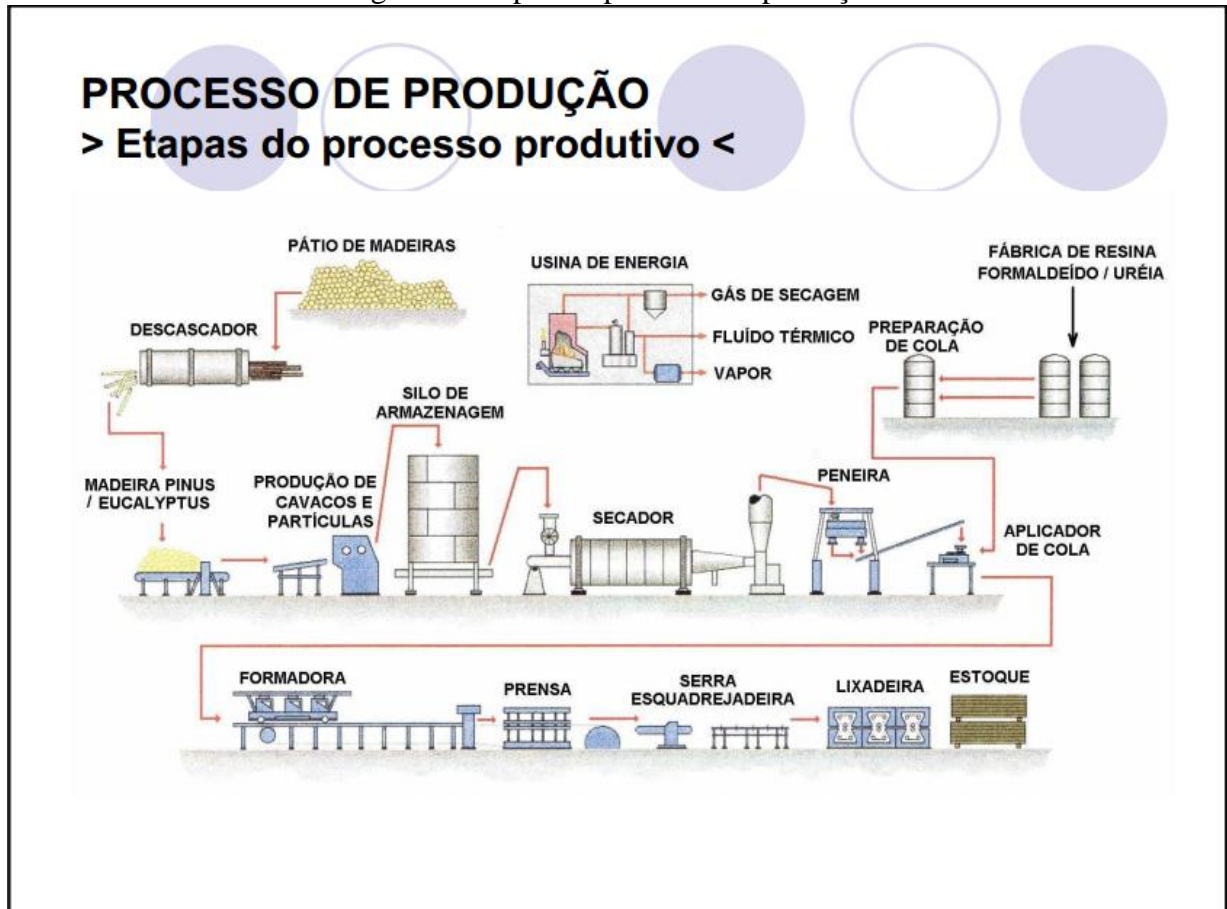
Os painéis de madeira aglomerada são produzidas com fibras de madeira de eucalipto proveniente de florestas adequadamente manejadas e prensadas a quente por meio de um processo úmido, que reativa os aglutinantes naturais da própria madeira e confere alta densidade aos produtos (EUCATEX, 2013).

As etapas do processo de fabricação de painéis aglomerados são:

- Geração de partículas
- Secagem de partículas
- Classificação de partículas
- Aplicação de adesivo e aditivos
- Formação do colchão
- Pré-prensagem
- Prensagem a quente
- Resfriamento / acondicionamento
- Acabamento
- Classificação / embalagem / armazenamento

A Figura 1 demonstra as etapas do processo de produção de painéis de madeira aglomerada, desde quando a madeira está no pátio da indústria até o estoque do painel.

Figura 1- Etapas do processo de produção



Fonte: IWAKIRI (2015)

Em geral, para produzir o aglomerado, a madeira tem uma preparação, em que ela fica armazenada em um pátio com o teor de umidade variando entre 35% à 120%, após isso a madeira é descascada para seguir ao processo de fabricação. No primeiro estágio é transformada em partículas, que são secadas a um teor de umidade de 2 a 3% e, então, classificadas em tamanhos adequados para a produção. Posteriormente, as partículas são misturadas com uma resina sintética e despejadas em uma cinta transportadora, formando um colchão. Finalmente, o colchão de partículas é prensado a uma espessura e densidade específica. Simultaneamente, acontece a cura da resina, como consequência do calor e pressão aplicados pela prensa (IWAKIRI, 2015).

2.4.2 Resinas e aditivos

A resina ureia-formaldeído é a mais empregada na indústria de painéis aglomerados, sendo utilizada normalmente na forma de emulsão com um conteúdo de 50% a 65% de sólidos. A dosagem é feita por peso ou volume de partículas disponíveis, sendo o peso o mais utilizado (LARA PALMA, 2009).

Para melhorar as características dos painéis aglomerados juntamente com a resina são adicionados aditivos químicos tais como: preservantes, hidrófobos e agentes retardantes de fogo. O aditivo mais comumente empregado é a parafina, que funciona como agente hidrófobo, reduzindo a absorção de água dos painéis. A parafina é adicionada na forma de emulsão em teores de aproximadamente 0,2% a 0,5% em relação ao peso seco das partículas (LARA PALMA, 2009).

A resina deve ser distribuída o mais uniformemente possível em toda a superfície disponível das partículas, o que se consegue pela pulverização ou atomização da resina em forma aquosa. Assim, a deposição e distribuição da resina nas partículas ocorrem em ambos os lados, em forma de gotículas pequenas e uniformes que, com a aplicação da pressão, passam a constituir quase que um filme contínuo na superfície (PIERRE, 2010).

2.5 Propriedades físicas da madeira

De acordo com Benjamin (2006, p. 9), as propriedades físicas da madeira:

[...] avaliam características intrínsecas da madeira (como aparência, cor, densidade aparente e básica, teor de umidade) ou suas reações a estímulos não mecânicos como as alterações dimensionais por perda ou ganho de água (retratibilidade térmica, expansão térmica e combustão), a reação à eletricidade (condutividade, constante dielétrica).

As propriedades físicas se correlacionam com outras propriedades da madeira, bem como, obter informação sobre a facilidade de secagem, a resistência mecânica, a durabilidade natural e a permeabilidade aos líquidos. Duas características físicas importantes é a absorção e inchamento, que se relaciona com o ganho de teor em água, comportamento que está sempre

presente, dado que a madeira é um material higroscópico, tendendo sempre a equilibrar a sua umidade com a umidade do ambiente que se encontra (CRUZ e RODRIGUES, 1997).

Nas subseções seguintes estão descritas algumas propriedades físicas da madeira.

2.5.1 Densidade básica

A densidade básica é de fácil obtenção é um dos principais parâmetros para aferir a qualidade da madeira, sendo um excelente índice para indicar seu emprego nas diversas finalidades (PANSIN; ZEEUW, 1970).

A densidade básica da madeira tem influência significativa tanto nas propriedades do painel de madeira aglomerada como no processo produtivo. Painéis produzidos com espécies de madeira de baixa densidade têm maior resistência à flexão, à tração perpendicular, à tração superficial e maior módulo de elasticidade. A resistência ao arrancamento de parafuso, a absorção de água e o inchamento são pouco afetados por esse parâmetro (MOSLEMI, 1974).

Segundo KELLY (1977) citado por SILVA (2000), a densidade da madeira é o parâmetro mais importante para determinar a potencialidade de uma determinada espécie para a fabricação de painéis. Em geral, as espécies de madeira empregadas para a fabricação de painéis de partículas devem apresentar uma densidade variando de 400 a 600 Kg/m³. O requisito básico para a madeira ser utilizada na fabricação do aglomerado é apresentar uma baixa densidade, para que a razão de compactação — definida como a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira — esteja no intervalo de 1,3 a 1,6 e para que ocorra a densificação necessária para a formação do painel.

O perfil de densidade é variação existente na distribuição da densidade ao longo da espessura do painel de partículas. O efeito da combinação das variáveis no processo de prensagem sobre as características do painel pode ser analisado por meio do comportamento do perfil de densidade (LARA PALMA, 2009).

Ainda segundo o autor, algumas propriedades como, resistência ao arrancamento de parafuso e flexão estática estão diretamente associadas à composição do perfil.

A equação de densidade pode ser definida por:

$$d = \frac{m}{v}$$

sendo que d é a densidade básica; m é a massa de material; e v é o volume.

2.5.2 Absorção de água e inchamento em espessura 24 horas

A absorção de água e inchamento em espessura 24 horas são respectivamente a expressão percentual da quantidade de água absorvida e inchamento em espessura, quando uma amostra condicionada a 20°C e 65% de umidade relativa (UR), que corresponde a uma umidade de equilíbrio de 12%, é imersa em água por 24 horas (ABNT, 2006).

O inchamento em espessura é o somatório das variações em espessura devidas às liberações das tensões de compressão impostas aos painéis durante a prensagem e do inchamento das partículas de madeira (KELLY, 1977).

Para Brito et. al (1995), o inchamento em espessura é uma das propriedades mais importantes em termos de estabilidade dimensional dos painéis, o inchamento em espessura pode ser afetado pela espécie da madeira, geometria das partículas, densidade dos painéis, nível de resina, nível de aditivos, eficiência da aplicação de cola e condição de prensagem.

Estudos realizadas por Iwakiri et al. (1996), para painéis produzidos com mistura de madeiras de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, demonstraram que com o aumento na razão de compactação, em função da maior proporção de pinus no painel, resulta em aumento nos valores médios de absorção de água e inchamento em espessura

2.5.3 Teor de umidade da madeira

O teor de umidade da madeira tem grande influencia do ambiente e da temperatura que a envolve pois é um material higroscópico, que tem grande afinidade por água, ou seja, absorve essa água aumentando o seu teor de umidade (PONCE e WATAI, 1985).

Segundo Moreschi (2012), o teor de umidade da madeira é a relação entre o peso da água contida no seu interior e o seu peso no estado completamente seco, expresso em porcentagem, usualmente calculado pela seguinte fórmula:

$$U = \left(\frac{Pu - Po}{Po} \right) \cdot 100$$

sendo que U é o teor de umidade da madeira; P_u é o peso da madeira úmida e P_o é o peso da madeira seca a $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$, ou seja, a 0% de umidade.

2.6 Propriedade mecânica

2.6.1 Tração perpendicular

Segundo a norma 14810/2014 da ABNT, a tração perpendicular pode ser definida como a resistência de um corpo de prova de um painel de madeira aglomerada quando este é submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente à sua superfície, no sentido do comprimento do corpo-de-prova, até a ruptura.

Segundo Iwakiri (1989) esse ensaio mede o grau de adesão entre as partículas em amostras submetidas aos esforços de tração perpendicular. A ruptura ocorre normalmente no plano central de sua espessura, a qual corresponde à região de menor densidade devido à geometria da camada externa e ligação entre as partículas.

Melo (2013) relata que na tração perpendicular às fibras a madeira possui baixa resistência, apresentando um alto coeficiente de variação nos resultados de ensaios. A resistência na direção radial é um pouco superior a resistência na direção tangencial, porém pode chegar a quase 40 vezes maior na direção paralela às fibras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Resíduos Sólidos e Compósitos (RESIDUALL) no Departamento de Recursos Naturais - Ciências Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Botucatu-SP.

O desempenho físico dos painéis foi avaliado por meio da determinação da densidade básica, teor de umidade, absorção de água e inchamento em espessura após 24 horas de imersão e tração perpendicular.

Os experimentos foram realizados durante os meses de Junho a Dezembro de 2014. A norma utilizada para confeccionar os painéis e para a realização dos ensaios foi a ABNT NBR 14810-1 (2014) para chapas de madeira aglomerada.

3.1 Material utilizado na fabricação de painel de partículas de madeira

A fabricação dos painéis de partículas de madeira foi utilizada matéria prima, resina ureia-formaldeído, emulsão de parafina, partículas finas (Figura 2) e grossas (Figura 3) de madeira de *Eucalyptus grandis*, e resíduos químicos industriais (Figura 4) doadas por uma empresa do ramo industrial madeireiro localizada na região de Botucatu/SP.

Figura 2 – Partículas finas



Figura 3 – Partículas grossas



Os resíduos químicos industriais (Figura 4) utilizados na fabricação dos painéis são provenientes da limpeza da linha de impregnação de papéis e foram empregados na forma de pó na camada interna dos painéis.

Figura 4 - Resíduo químico industrial



Os equipamentos utilizados para confecção dos painéis foram, balança de precisão, prensa, moinho, misturador, medidor de umidade, mascara com filtro e luvas.

3.2 Fabricação dos painéis

Os painéis de madeira aglomerada com resíduos químicos industriais foram confeccionados por multicamadas, em três camadas, sendo uma camada interna e duas externas. As dimensões de comprimento, largura e espessura definidas para os painéis foram de 35cm x 35cm x 1cm.

Todos os painéis foram formados inicialmente, em uma etapa denominada pré-prensagem, em uma forma de madeira maciça com um tamanho de 35 cm x 35 cm x 25 cm, comprimento, largura e altura, respectivamente.

A metodologia usada para confeccionar os painéis obedeceu a seguinte sequência de operações:

- Pesagem de madeira seca (g) em diferentes proporções para uma camada interna e duas externas dos painéis;
- Pesagem de resina ureia-formaldeído (g) em diferentes proporções para uma camada interna e duas externas dos painéis;
- Pesagem de emulsão de parafina (g) em diferentes proporções para uma camada interna e duas externas dos painéis;
- Pesagem de água (g) para as duas camadas externas dos painéis;
- Pesagem do resíduo químico industrial para uma camada interna dos painéis;
- Homogeneização da mistura para as duas camadas externas dos painéis;
- Verificação do teor de umidade da mistura;
- Homogeneização da mistura para uma camada interna dos painéis;
- Verificação do teor de umidade da mistura;
- Pesagem das misturas;
- Formação do colchão e pré-prensagem manual;
- Prensagem a quente do colchão;
- Resfriamento do painel;
- Pesagem e verificação das dimensões, espessura e densidade;
- Corte dos painéis nas dimensões definitivas;
- Mapeamento e corte dos painéis para ensaios físicos e de tração perpendicular;
- Ensaio Físico: inchamento e absorção, densidade, teor de umidade;
- Ensaio mecânico: tração perpendicular;

Os painéis aglomerados foram confeccionados nas seguintes proporções entre sólidos granulares de resíduos químicos industriais e partículas de madeira: 0/100 (tratamento 1), 5,0/95,0 (tratamento 2) e 10/90 (tratamento 3) conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos três tratamentos

Tratamento	Madeira	Resina e Aditivos	Resíduo
1	85,3%	14,7%	0%
2	85,3%	14,7%	5%
3	85,3%	14,7%	10%

O tratamento um (T1) corresponde ao tratamento com 0% de resíduo, o tratamento dois (T2) com 5% de resíduo e o tratamento três (T3) com 10% de resíduo. A porcentagem de resíduo foi dosada de forma adicional em cada tratamento e calculada de acordo com o total de material (madeira seca mais resina e aditivo). Para cada tratamento foram fabricados três painéis (três repetições), totalizando nove painéis.

Os painéis de cada tratamento foram produzidos em diferentes dias, para não haver contaminação dos materiais entre os tratamentos. A quantidade de cada material e sua respectiva porcentagem utilizada para a fabricação de um painel está descrito na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantidade (gramas) e porcentagem de material de um painel

Camada	Madeira seca	Resina	Emulsão de parafina	Água
Interna	597,15 (60,3%)	82,27 (8,3%)	4,43 (0,5%)	0,00 (0%)
Externa	248,27 (25,1%)	42,26 (4,3%)	3,69 (0,4%)	12,97 (1,3%)

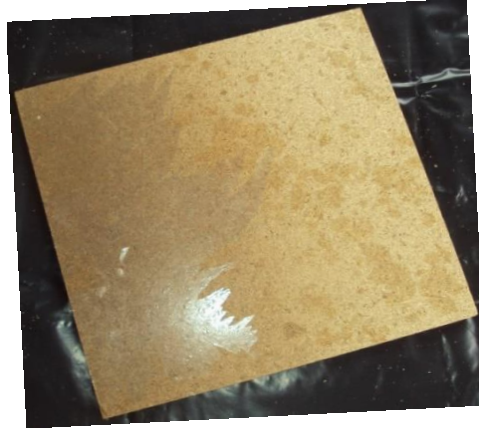
3.2.1 Testes piloto

Foi necessário a realização de testes piloto para verificar qual o tempo de prensagem e pressão utilizados para a fusão completa dos materiais e consolidação do painel sem a degradação do mesmo.

A temperatura de prensagem adotada foi de 200 °C, que mostrou ser suficiente para a fusão dos materiais sem causar a degradação dos mesmos.

Conclui-se que para ter uma fusão completa dos materiais o tempo ideal é de cinco minutos de prensagem. Acima desse tempo foi possível notar a degradação do painel, conforme Figura 5

Figura 5 – Degradação do painel



A pressão almejada do manômetro (P_{man}) para a prensagem dos painéis foi de 79,69 kgf/cm² obtida com por meio da expressão:

$$P_{\text{prensagem}} = \frac{P_{\text{man}} \times A_{\text{pistão}}}{A_{\text{painel}}}, \quad (1)$$

em que:

$P_{\text{prensagem}}$ = Pressão da prensa: 25,5 kgf/cm² ou 25 bar;

P_{man} = Pressão do manômetro que deve ser atingida pela prensa: 79,69 kgf/cm²;

$A_{\text{pistão}}$ = Área do pistão da prensa: 392 cm²;

A_{painel} = Área a ser prensada: 35 x 35 x 1 cm (1225 cm³).

Após a prensagem de diferentes painéis utilizando-se uma pressão de 79,69 kgf/cm², verificou-se que esta não foi suficiente para atingir os espaçadores da prensa e delimitar os painéis em um cm de espessura. Foi necessário utilizar uma pressão de 130 kgf/cm² para a confecção do painel com os parâmetros de dimensão, espessura e densidade ideais.

3.2.2 Homogeneizador

Para a mistura das matérias-primas utilizou-se um homogeneizador (Figura 6).

Figura 6 - Homogeneizador



Primeiramente realizou-se a mistura dos materiais para as duas camadas externas do painel e logo após para uma camada interna do painel (Figura 7), para que a camada interna não tivesse contato muito prolongado com a umidade do ambiente, mantendo-se a umidade desejada em 13%. A resina foi adicionada à mistura utilizando um sistema de gotejamento.

Os painéis do mesmo tratamento foram confeccionados em três bateladas individualmente, que correspondiam às três repetições e, entre os diferentes tratamentos, foi realizada a limpeza do homogeneizador para que não ocorresse interferência de um tratamento no outro. O tempo de mistura dos componentes foi controlado para não gerar a cura precoce da resina, constatando que o tempo ideal foi em torno de quatro minutos.

Figura 7 - Mistura antes da homogeneização



Após sair do homogeneizador a mistura das diferentes camadas foi pesada em uma balança digital com precisão de 0,01g (Figuras 8 e 9). Tendo a massa real da camada externa, o material foi dividido em duas partes iguais para a confecção das camadas superior e inferior dos painéis.

Figura 8 - Mistura após homogeneização



Figura 9 - Pesagem dos materiais



Retirou-se uma amostra de cada uma das misturas das diferentes camadas para verificação do teor de umidade.

Para verificação do teor de umidade da mistura da camada interna e externas do painel após a homogeneização, utilizou-se o medidor de umidade Denver Instrument IR-200, em que as amostras são aquecidas utilizando calor por infravermelho para liberar umidade. Uma balança de precisão eletrônica integrada pesa a amostra antes e depois do aquecimento e calcula a umidade do material (Figura 10).

Figura 10 – Medidor de umidade



3.2.3 Formação do colchão e termoformagem por compressão

A formação do painel consiste na termoformagem por compressão, sendo que inicialmente foi realizada a montagem do colchão (PUPO, 2012). Primeiramente distribui-se o material da camada externa, seguido da mistura da camada interna e novamente a mistura da camada externa, dentro da caixa formadora (sem fundo), confeccionada em madeira, com as dimensões já mencionadas, compatíveis com os pratos da prensa. A cada camada colocada no

molde da caixa foi realizada uma pré-prensagem, feita por meio de pressão manual, exercendo uma força moderada, por meio da tampa da caixa de madeira, sobre o colchão para a conformação inicial do mesmo. Essa caixa foi apoiada sobre uma chapa de alumínio e, sobre ela foi colocada uma folha de acetato, para impedir a aderência dos resíduos nos pratos, durante a prensagem (Figura 11).

Figura 11 - Colchão pré-moldado



Após a retirada da caixa e da tampa de madeira, outra folha de acetato foi colocada na face superior do colchão pré-moldado (Figura12), seguido pela colocação de outra chapa de alumínio, estando assim o colchão pronto para ser encaminhado à prensagem.

Figura 12 - Colchão pré-moldado



A prensagem foi feita em uma prensa hidráulica de laboratório OMECO (Figura 13), com fechamento simples, aquecimento elétrico, ajuste independente da temperatura dos dois pratos (dimensões: 60cm x 60cm) e controle analógico da pressão aplicada. Deve-se salientar que as variáveis do processo de operação foram: tempo de prensagem, pressão e temperatura.

O ciclo de prensagem foi de 5 minutos, a uma temperatura de 200°C e com uma pressão de 130 kgf/cm².

Figura 13 – Prensa hidráulica



Na prensa, juntamente com o colchão pré-moldado, foram colocados dois espaçadores metálicos de 1 cm de espessura, com a função de limitar a espessura do painel no momento final da prensagem (Figura 14). Ao término da prensagem, a abertura da prensa foi realizada automaticamente.

Figura 14 - Prensagem do colchão



Após ser retirado da prensa colocou-se uma chapa de ferro sobre o painel para que este não empenasse, até o seu resfriamento total (Figura 15). Este procedimento é realizado para evitar a volta do colchão às condições iniciais antes da prensagem.

Figura 15 – Resfriamento do painel



Após o resfriamento em temperatura ambiente, o painel foi pesado, medindo-se também a dimensão e espessura, obtendo-se os valores preliminares de densidade.

Após esta etapa, o painel foi preparado nas dimensões definitivas, para estudo mecânico da propriedade Módulo de Ruptura (Figura 16). Verificou-se novamente o peso final dos painéis, dimensão e espessura, obtendo-se os valores finais de densidade dos painéis.

Figura 16 – Painel final



3.3 Ensaio em corpos de provas dos painéis

Após a fabricação dos painéis aglomerados de todos os tratamentos descritos na Tabela 1, estes foram encaminhados à um laboratório da empresa do ramo industrial madeireiro da região de Botucatu/SP onde foram realizados os ensaios físicos e de tração perpendicular.

3.4 Delineamento estatístico e análises

Para comparação entre os tratamentos com 0%, 5% e 10% de resíduo foi utilizada a técnica de análise de variância paramétrica (ANOVA). Para o processamento das análises estatísticas foram utilizados o pacote *Office Microsoft Excel* e o *software SigmaStat* versão 3.5.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo estão descritos os resultados de algumas propriedades físicas e da propriedade mecânica tração perpendicular de painéis aglomerados confeccionados com diferentes proporções de madeira de *Eucalyptus Grandis Hill ex Maiden* e sólidos granulares de resíduos químicos industriais. Estes painéis estão classificados em painel de tipo P2, ou seja, painéis não estruturais para uso interno em condições secas.

As densidades básicas médias, seus respectivos desvios padrão e coeficiente de variação (C. V.) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação da densidade básica, segundo tratamento

Tratamento	Média (g/cm³)	Desvio padrão (g/cm³)	C.V. (%)
1	0,7061 a	0,0232	3,3
2	0,7627 a	0,0323	4,2
3	0,7361 a	0,0106	1,4

Duas médias seguidas de mesma letra mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Observou-se, pelos resultados da Tabela 3, que o maior valor de densidade básica média ocorreu no tratamento 2 (painel fabricado com 5% de resíduo), em seguida tem-se a densidade básica média do tratamento 3 (painel fabricado com 10% de resíduo) e o menor valor ocorreu no tratamento 1 (painel fabricado sem resíduo). Pelos resultados do coeficiente de variação, observou-se pouca variabilidade da densidade básica. Pelo teste de Tukey ao nível de 5% de

significância, não foi possível mostrar diferença estatística entre as densidades básicas médias dos painéis.

Os painéis do tratamento 1 e do tratamento 3 podem ser classificados como painéis de média densidade por estar de acordo com a norma ABNT NBR 14810-1 (2014), que relata que a densidade dos painéis de 10mm deve variar entre 0,55 g/cm³ e 0,75 g/cm³ para que se enquadrem como painéis de média densidade.

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios do teor de umidade e seus respectivos desvios padrão para cada tratamento. Pelo teste de Tukey, não foi possível mostrar diferença estatística entre os valores médios do teor de umidade dos painéis, ao nível de 5% de significância.

Tabela 4 - Média e desvio padrão do teor de umidade, segundo tratamento

Tratamento	Média (%)	Desvio padrão (%)
1	6,045 a	0,054
2	5,979 a	0,154
3	6,014 a	0,437

Duas médias seguidas de mesma letra mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Constatou-se, pelos resultados da Tabela 4, que os valores médios de teor de umidade dos painéis variaram de 5% a 6%, com pequena variabilidade no tratamento 1. Segundo a norma ABNT NBR 14810-1 (2014) o teor de umidade dos painéis de 10mm deve ter valores entre 5% e 13%.

A Tabela 5 apresenta os valores médios da absorção e inchamento em espessura 24 horas dos painéis e seus respectivos desvios padrão para cada tratamento.

Tabela 5 - Média e desvio padrão da absorção e inchamento em espessura 24 horas, por tratamento

Tratamento	Absorção (%)	Inchamento (%)
1	40,556 (2,231) a	13,895 (1,656) a
2	37,898 (4,831) a	17,265 (8,807) a
3	41,636 (4,751) a	18,139 (2,012) a

Duas médias seguidas de mesma letra mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Os valores médios do inchamento em espessura 24 horas variaram de 13% a 18,5%, aproximadamente, verificando que o tratamento 3 apresentou valor um pouco acima de 18% (Tabela 5), não encontrando-se em conformidade com o proposto pela norma ABNT NBR

14810-1 (2014) - o inchamento em espessura 24 horas dos painéis de 10mm deve ser no máximo de 18%. Pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, não foi possível mostrar diferença estatística entre os valores médios de absorção e de inchamento em espessura 24 horas dos painéis.

Os valores médios, desvios padrão e coeficiente de variação, para cada tratamento, da propriedade mecânica tração perpendicular encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação da tração perpendicular, por tratamento

Tratamento	Média (kgf/cm²)	Desvio padrão (kgf/cm²)	C.V. (%)
1	8,483 a	3,407	40,2
2	10,100 a	1,607	15,9
3	5,525 a	0,425	7,7

Duas médias seguidas de mesma letra mostram que não houve diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância

Os resultados do ensaio de tração perpendicular mostraram que os valores da tração perpendicular ficaram acima dos 5,5 kgf/cm², apresentando variabilidade alta no tratamento 1 (C.V.=40,2%). Pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, não foi possível mostrar diferença estatística entre os valores médios da tração perpendicular dos painéis.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho avaliou-se as propriedades físicas densidade, teor de umidade e inchamento e absorção em espessura 24 horas, e a propriedade mecânica tração perpendicular, concluindo-se que os painéis em estudo obtiveram bom desempenho, atendendo, no geral, as especificações técnicas estabelecidas pelas normas técnicas adotadas.

Não houve efeito significativo nas propriedades física e mecânica em estudo nos painéis com diferentes percentuais de resíduos químicos industriais.

Portanto, é viável a produção de painéis aglomerados com madeira a partir de resíduos químicos industriais, pois é uma boa alternativa para a redução de custo no descarte, e reaproveitamento dos resíduos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. Nossos produtos. 2010. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 23 out. 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. Nossos produtos. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/produtosMDP.php>>. Acesso em: 05 jun. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos: classificação. São Paulo, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-1: chapas de madeira aglomerada: parte 1: terminologia. São Paulo, 2006. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-2: chapas de madeira aglomerada: parte 2: requisitos. São Paulo, ABNT 2006. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-3: chapas de madeira aglomerada: parte 3: métodos de ensaio. São Paulo, 2006. 51 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810: painéis de madeira de média densidade. Parte 2: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2014.

ANDRIGUETTO, F. D.; DALLABRIBA, L.; CARNEIRO, R. J. **Análise dos vetores da responsabilidade social da central de triagem de resíduos da indústria calçadista de Três Coroas/RS** – Estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS , 15., 2011, São Paulo. Anais eletrônicos. São Paulo: FGV-EAeSP, 2011. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00247_PCN21162.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2013.

BENJAMIN, C. A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 2006. 158 f. Tese (mestrado em Agronomia: Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

BITAR, O.Y & ORTEGA, R.D. **Gestão ambiental**. In: OLIVEIRA, A.M.S & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Cap. 32, p.499-508.

BRENNER, Asher. New concepts in industrial wastewater management. **EvironEngg and Policy**. 1999, p. 217 – 222. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/media>>. Acesso em 20 set. 2013.

BRITO, E. O. **A viabilidade de utilização de espécie de Pinus para a produção de chapas de composição estruturais waferboards**. Curitiba, 1984.104 p. (TeseMestrado-UFPR).

BRITO, E.O **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliotti engelm.* Var. *elliotti* plantando no sul do Brasil.** 1995. 123p. Dissertação (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

CASSILHA, Antônio Carlos et al. **INDÚSTRIA MOVELEIRA E RESÍDUOS SÓLIDOS: CONSIDERAÇÕES PARA O EQUILÍBRIO AMBIENTAL.** Revista Educação & Tecnologia, [s. L.], v. 1, n. 1, p.1-22, 2003. Disponível em: <<http://web-resol.org/textos/1142-3650-1-pb.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 01**, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental. Publicada no Diário Oficial da União, de 17/02/1986, p. 2548-2549.

CRUZ, H., RODRIGUES; M, 1997. **Humidade da Madeira.** Ficha LNEC M 9.8.

IBQP- Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná.** Curitiba. 2002. 345 f. Relatório Final. IBQP.

ELEOTÉRIO, Jackson Roberto. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF.**

Disponível em:

<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=636&subject=E%20mais&title=Propriedades%20f%EDsicas%20e%20mec%20E2nicas%20de%20pain%20E9is%20MDF> . Acesso em: 19 jan. 2014.

EUCATEX (Botucatu) (Org.). **Chapas de Fibra de Madeira.** Disponível em: <<http://www.eucatex.com.br/pt/Chapas/Default.aspx>>. Acesso em: 24 out. 2013.

HASELEIN, C. R.; CALEGARI, L.; BARROS, M. V.; HACK, C.; HILLIG, E.; PAULESKI, D. T.; POZZERA, F. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. *Ciência Florestal*, v. 12, n. 2, p. 127-134, 2002.

IBQP- Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná.** Curitiba. 2002. 345 f. Relatório Final. IBQP

IWAKIRI, S. A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus*. Curitiba: 1989. 129f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1989.

IWAKIRI, S.; LATORRACA, J.V.F.; SILVA, D.A.; GABARDO, J.L.; KLITZKE, R.J.; FOFANO JUNIOR, A.; FABROWSKI, F.; INTERAMENSE, M.T. Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii* (Engelm) e *Eucalyptus dunnii* (Maid). *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, v.15, n.1, p.33-41, 1996.

IWAKIRI, S; CUNHA, A. B. da; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.1, n. 1-2, p. 23-28, 2000.

IWAKIRI, S.; ANDRADE, A. S. de; CARDOSO JUNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E. do R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M. K. O. **Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-ureia-formaldeído**. In: Revista Cerne. Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328, out./dez. 2005.

IWAKIRI, Setsuo. **PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA**. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassetsuo/setsuo-pma.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2015

KELLY V, M.W. **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard**. USDA.Forest Service. FPL general technical report, Madison (10): 1-66, 1977.

LARA PALMA, H. A. **Painéis de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2009. 40 f. Apostila de aula.

MALONEY, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993. 689 p.

MALONEY, T.M. The family of wood composite materials. Forest Products Journal, Madison, v.46, n.2, p.19-26, 1996.

MASSAROTO, M. et al. **Characterization of ground SBR scraps from shoe industry**.

MELO, Julio Eustaquio de. **SISTEMAS ESTRUTURAIS EM MADEIRA**. 2013. Disponível em: <[http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/Julio-Apostila Uso da Madeira em Estruturas- 1aApostilaSEM_I2014.pdf](http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/Julio-Apostila%20Uso%20da%20Madeira%20em%20Estruturas-1aApostilaSEM_I2014.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2015

MOSLEMI, A. A. **Particleboard: materials**. Illinois: Gary Gore, 1974. v. 1, 245 p.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Curitiba: "Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR", 2012. Disponível em: <[http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/APOSTILA PROPRIEDADESDAMADEIRA-2012.pdf](http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/APOSTILA%20PROPRIEDADESDAMADEIRA-2012.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2013.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 3. ed., New York: Mcgraw-Hill, 1970. v. 1. 705 p.

PEDRAZZI, C.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; SCHNEIDER, P. R. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 201-212, 2006.

PEREIRA, C. G. **Análise preliminar de indústrias do setor coureiro do Vale do Rio dos Sinos em relação ao gerenciamento ambiental: Estudo de casos em indústrias exportadoras**. 1997. 128f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

PIERRE, Fernanda Cristina. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE *Eucalyptus grandis* COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS MADEIREIROS**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência

Florestal, Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp – Campus de Botucatu, Botucatu – Sp, 2010.

PONCE, R. H. e WATAI, L. T.; 1985. **Secagem da madeira**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Brasília. 69p.

PUPO, H. F. F. **Painéis alternativos produzidos a partir de resíduos termoplásticos e da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth)**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

TEODORO, A. S. **Utilização de adesivos à base de taninos na produção de painéis de madeira aglomerada e OSB**. 2008, 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do de Janeiro, Seropédica, 2008.

SAYAGO, Daiane Ely et al. **Resíduos sólidos: propostas de instrumentos econômicos ambientais**. Brasília: MPO/SEPURB, 1998.

SILVA, J. C. **Aglomerado: características, propriedades e usos**. UFPR, Curitiba, Paraná, 2000.

SOCIETY OF WOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Environmental implications of the use of wood-based products**. www1.fpl.fs.fed.us/swst/environ.html (set.,1997).

WEBER, Cristiane. **ESTUDO SOBRE VIABILIDADE DE USO DE RESÍDUOS DE COMPENSADOS, MDF E MDP PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, 2011.

Botucatu, 15 de junho de 2014.

Augusto Vieira Ricardo

De Acordo:

Prof^a. Dr^a. Gislaine Cristina Batistela

Prof. Ms. Adolfo Alexandre Vernine
Coordenador do Curso de Produção Industrial