

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANNA CAROLINE DE SOUZA

ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE PALETES NA
PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS

CURITIBA

2015

ANNA CAROLINE DE SOUZA

ESTUDO DA VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS NA
PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina AT063 – Estágio Profissionalizante em Engenharia Industrial Madeireira, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná,

Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Eduardo Camargo Albuquerque

CURITIBA

2015

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e meu irmão, que me forneceram apoio em toda a jornada acadêmica até este ponto.

Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

A professora Rosilani Trianoski pelo convívio, apoio e compreensão, durante a utilização do Laboratório de Painéis da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira da UFPR e às pessoas com quem convivi, nesses espaços, ao longo desses anos.

RESUMO

O crescimento produtivo é acentuado em diversos setores, onde as matérias primas disponibilizadas estão escassas. Nesse contexto, o uso da madeira, como matéria prima, pode ser mais bem explorado. Com isso, pode-se citar o reaproveitamento de madeiras residuais - como madeiras de demolição e embalagens - para a produção de chapas de madeiras, desta forma, havendo redução de perdas e evitando rejeite indevido destes materiais no meio ambiente.

Dentro dessa problemática, o trabalho busca qualificar painéis de aglomerados, confeccionados a partir de resíduos de paletes de madeira de *Pinus sp* e *Eucalyptus sp* – em proporções não definidas. Assim, estudando a possibilidade de reciclagem e aproveitamento de matérias à base de madeira, visando à redução e gastos e, acima de tudo, o descarte correto desses resíduos.

A matéria prima foi obtida por doação da empresa DONCABO Indústria e Comércio de Artefatos de Madeira Ltda. – localizada na região de Campina Grande do Sul, Paraná. No local, foram retiradas diversas embalagens de madeira, caracterizadas como resíduos, que seriam destinadas a queima.

Após a coleta do material, foi realizada limpeza do mesmo, retirada de materiais metálicos, seguido da desmontagem das embalagens e redução da dimensão das madeiras, para adequar-se ao tamanho do picador a ser utilizado, seguindo para os procedimentos de geração de partículas, secagem e produção de painéis - todos realizados no Laboratório de Painéis da Universidade Federal do Paraná. Foram produzidos três painéis de resíduos e teres testemunhas.

Os testes realizados de acordo com normas vigentes – inchamento em espessura, absorção de água, ligação interna e flexão estática – mostraram a viabilidade dos painéis, à base de resíduos, em comparação com os painéis testemunhas produzidos, segundo as normas vigentes.

Palavras chaves: Painéis de madeira; reciclagem da madeira; reaproveitamento de paletes.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LAYOUT DOS CORPOS DE PROVA DE CADA PAINEL.....	36
FIGURA 2 - TACOS OBTIDOS DA REDUÇÃO DAS EMBALAGENS DE MADEIRA.....	60
FIGURA 3 - CAVACOS GERADOS A PARTIR DOS TACOS	60
FIGURA 4 - MOAGEM NAS MALHAS DE 13 mm E PENEIRA DE 6 mm	61
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO FINAL DAS PARTICULAS PARA FORMAÇÃO DO COLCHÃO SEPARADAS DAS PARTICULAS OVERSIZE	61
FIGURA 6 - FINOS RETIRADOS NA PRIMEIRA PENEIRA 0,6 mm	60
FIGURA 7 - FORMAÇÃO DO COLCHÃO	60
FIGURA 8 - CORPOS DE PROVA PARA TESTES DE FLEXÃO ESTÁTICA	61
FIGURA 9 - CORPOS DE PROVA PARA TESTES DE INCHAMENTO EM ESPESSURA, ABSORÇÃO DE ÁGUA E LIGAÇÃO INTERNA ..	61
FIGURA 10 - CORPOS DE PROVA IMERSOS PARA TESTES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA	62
FIGURA 11 - TESTE DE FLEXÃO ESTÁTICA.....	62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS PAINÉIS AGLOMERADOS	15
TABELA 2 - CONSUMO MUNDIAL DE PAINÉIS (mil m ³)	22
TABELA 3 - PRINCIPAIS FABRICANTES BRASILEIROS DE PAINÉIS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA (mil m ³ /ano).....	26
TABELA 4 - PREÇOS RELATIVOS AO AGLOMERADO NACIONAL	27
TABELA 5 - CONJUNTO ESTÁTISTICO PARA DENSIDADE.....	37
TABELA 6 - ANÁLISE ANOVA PARA DENSIDADE	38
TABELA 7 - ANÁLISE TUKEY PARA DENSIDADE	39
TABELA 8 - CONJUNTO ESTÁTISTICO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 2h ...	40
TABELA 9 - ANÁLISE ANOVA PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 2h.....	41
TABELA 10 - ANÁLISE DE TUKEY PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 2h	41
TABELA 11 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 24h	42
TABELA 12 - ANÁLISE ANOVA PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 24h.....	43
TABELA 13 - ANÁLISE TUKEY PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 24h	43
TABELA 14 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 2h	44
TABELA 15 - ANÁLISE ANOVA PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 2h.	45
TABELA 16 - ANÁLISE TUKEY PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 2h..	45
TABELA 17 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA INCHAMENTO 24h	46
TABELA 18 - ANÁLISE ANOVA PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 24h	47
TABELA 19 - ANÁLISE DE TUKEY PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 24h	47
TABELA 20 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA MOE	48
TABELA 21 - ANÁLISE ANOVA PARA MOE	49
TABELA 22 - ANÁLISE DE TUKEY PARA MOE.....	49
TABELA 23 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA MOR	50
TABELA 24 - ANÁLISE ANOVA PARA MOR.....	51
TABELA 25 - ANÁLISE DE TUKEY PARA MOR	51
TABELA 26 - CONJUNTO ESTÁTISTICO PARA LIGAÇÃO INTERNA.....	52

TABELA 27 - ANÁLISE ANOVA PARA LIGAÇÃO INTERNA.....	53
TABELA 28 - ANÁLISE DE TUKEY PARA LIGAÇÃO INTERNA.....	53
TABELA 29 - FORMULÁRIO PARA CALCULO DE RESINA E ADITIVO	66

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CONSUMO DE AGLOMERADOS POR SETOR	20
GRÁFICO 2 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE PAINÉIS DE MADEIRA	21
GRÁFICO 3 - CONSUMO MUNDIAL DE AGLOMERADO.....	23
GRÁFICO 4 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE AGLOMERADO.....	24
GRÁFICO 5 - PRODUÇÃO E CONSUMO DE AGLOMERADO.....	25
GRÁFICO 6 - PREÇOS DE PAINÉIS DE MADEIRA.....	26
GRÁFICO 7 - VARIAÇÃO MÉDIA DA DENSIDADE	38
GRÁFICO 8 - VARIAÇÃO MÉDIA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA 2h	40
GRÁFICO 9 - VARIAÇÃO MÉDIA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA 24h.....	42
GRÁFICO 10 - VARIAÇÃO MÉDIA DO INCHAMENTO EM ESPESSURA 2h.....	44
GRÁFICO 11 - VARIAÇÃO MÉDIA DO INCHAMENTO EM ESPESSURA 24h.....	46
GRÁFICO 12 - VARIAÇÃO MÉDIA DO MOE.....	48
GRÁFICO 13 - VARIAÇÃO MÉDIA DO MOR	50
GRÁFICO 14 - VARIAÇÃO MÉDIA DE LIGAÇÃO INTERNA.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVO	13
3.1. GERAL	13
3.2. ESPECÍFICO	13
4. REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1 CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA	14
4.1.1 História	14
4.1.2 Classificação	15
4.2 VANTAGENS DOS PAINÉIS AGLOMERADOS	15
4.3 PROCESSO PRODUTIVO	16
4.3.1. Matéria Prima	16
4.3.2. Etapas produtivas	17
4.3.3. Utilização	19
4.4. PANORAMA DO SETOR	20
4.4.1. Empresas Nacionais	25
4.4.2. Preço de Mercado	26
4.5. CONSUMO DE MADEIRA RECONSTITUÍDA RECICLADA	27
4.6. PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO	29
4.7. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	30
4.7.1. Densidade	30
4.7.2. Gradiente vertical de densidade	30
4.7.3. Absorção de água e inchamento em espessura	31
4.7.4. Geometria das partículas	32
4.7.5. Modulo de ruptura	32

4.7.6. Modulo de elasticidade	32
5. METODOLOGIA.....	33
5.1. PRIMÍCIAS.....	33
5.2. MATERIAL.....	33
5.3. GERAÇÃO DAS PARTÍCULAS E PRODUÇÃO DOS PAINÉIS	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6.1. PROPRIEDADES DOS PAINÉIS.....	37
6.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA	39
6.2.1. Absorção de água (2h)	39
6.2.2. Absorção de água (24h)	41
6.2.3. Inchamento em espessura (2h)	43
6.2.4. Inchamento em espessura (24h)	45
6.3. FLEXÃO ESTÁTICA E LIGAÇÃO INTERNA	48
6.3.1. Módulo de Elasticidade (MOE)	48
6.3.2. Modulo de Ruptura (MOR).....	50
6.3.3. Ligação Interna	51
7. CONCLUSÃO.....	55
REFERENCIAS.....	57
APENDICE.....	60
Detalhamento de cálculos.....	65

1. INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento produtivo, em diversos setores, é instalada a necessidade de melhor aproveitamento das matérias primas disponibilizadas. Nesse contexto, o uso da madeira, como matéria prima para produtos derivados da mesma, pode ser mais bem explorado. A madeira tem a possibilidade de ser utilizada em diversos ciclos produtivos, em artigos diferenciados, a partir da sua versatilidade e adaptação para diversas tecnologias. Com isso, pode-se citar o reaproveitamento de madeiras que tiveram seu primeiro ciclo encerrado – madeiras de demolição e embalagens - para a produção de chapas de madeiras. Desta forma, havendo redução de perdas e evitando rejeite indevido destes materiais no meio ambiente.

Uso de madeira reconstituída é crescente mundialmente em diversos setores, havendo a necessidade desta renovação de fontes e, até mesmo, o estudo de fontes alternativas, podendo assim haver um produto similar mais acessível economicamente, que pode ter excelente utilização em diversas aplicações. Com as novas tecnologias, já existentes e sendo estudadas na fabricação de painéis, chapas recicladas podem ter homogeneidade, estética e aceitação satisfatória economicamente. Um processo produtivo é dependente de diversas variáveis, a alteração de uma delas pode ser decisiva para todo o procedimento. A economia na obtenção da matéria prima pode ser um desses fatores em destaque - fator este que reflete diretamente nos valores praticados em mercado, criando uma nova forma de competição.

A reciclagem reduz os impactos negativos sobre o meio ambiente, a madeira já é utilizada na reciclagem, através de trituração e briquetagem, destinada, na maioria dos casos, para queima na geração de energia mas, outros modos de reciclagem ainda são pouco explorados.

Muitas empresas não possuem um destino correto para seus excedentes de produção e embalagens em madeiras, tendo uma destinação incorreta para os mesmos. Havendo meios para destino correto destes resíduos, é possível a movimentação de cooperativas de catadores e trabalhar com o bem social, outro ponto que influencia diretamente na imagem da empresa. O Brasil possui necessidades para reciclagem, explicadas pela falta

de aterros sanitários, crises frequentes de matéria prima virgem e falta de coleta seletiva.

2. JUSTIFICATIVA

Esse trabalho busca qualificar painéis aglomerados confeccionados a partir de resíduos de embalagens de madeira. Assim, estudando a possibilidade de reciclagem e aproveitamento de matérias à base de madeira, visando à redução e gastos e, acima de tudo, o descarte correto desses resíduos.

Esse tema foi escolhido pela problemática sobre os produtos baseados em madeira, que tem seu ciclo de vida encerrado com descarte realizado de forma indevida, acumulando entulho em terrenos a céu aberto, em praças, ruas e rios. Esses resíduos podem ser reciclados, a partir de um descarte correto.

As formas usuais de reciclagem são como decoração, transformada em combustível, incineração, uso como resíduo estruturante, produção de energia, uso como lenha, produção de carvão vegetal, produção de briquetes, produção de papel e produção de peças de artesanato, além da produção de painéis.

Os resíduos de madeira são encaixados como resíduos sólidos orgânicos de origem vegetal, com ou sem tratamentos químicos, considerados materiais de grande impacto ambiental, pelas formas de rejeite normalmente dadas. Por isto, a legislação ambiental se torna mais severa, demandando uma gestão correta sobre os resíduos sólidos. Como a proibição da incineração dos materiais.

Os resíduos de madeira, em geral, são provenientes de duas fontes distintas: processamento industrial e meio urbano. Um enorme volume de resíduos de madeira é gerado anualmente no Brasil, mas a minoria destes possui um destino econômico e ambiental viável.

As fábricas que produzem painéis aglomerados trabalham com resíduos, em baixas porcentagens, apenas rejeite de serrarias e de chapas ou resíduos de exploração florestal. As embalagens, que em sua maior parte são fabricadas de madeira maciça, material que apresenta característica favorável à produção de aglomerados, não são empregadas em reciclagem.

3. OBJETIVO

3.1. GERAL

Avaliar a viabilidade da técnica na manufatura de painéis aglomerados, gerados a partir de resíduos de embalagens de madeira de *Pinus sp* e *Eucayptus sp*.

3.2. ESPECÍFICO

- Produzir painéis aglomerados a partir de partículas obtidas de resíduos de embalagens de madeira, de Pinus e Eucaliptus.
- Determinar e analisar propriedades físico-mecânicas dos painéis produzidos no trabalho;
- Comparar os resultados obtidos dos painéis com os valores mínimos exigidos pelas normas ABNT.

4. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1. CHAPAS DE MADEIRA AGLOMERADA

A definição de aglomerado é dada como uma chapa de madeira composta por partículas de madeira, no Brasil normalmente de Pinus e Eucaliptos, esses resíduos são misturados com resinas, formando um colchão a ser prensado sob a ação de calor, formando o painel de madeira.

A matéria prima usada mundialmente é caracterizada por resíduos florestais, madeiras de qualidade inferior para demais processos madeireiros e madeiras provenientes de reciclagem (REVISTA DA MADEIRA, 2003).

4.1.1. História

A primeira unidade fabril de produção de aglomerados iniciou em 1941, na Alemanha, marcado pela escassez de madeira e a necessidade de aproveitar resíduos. No final da segunda guerra mundial houve uma forte paralisação na produção, decorrente da redução da disponibilidade de resina, sendo retomado em 1960, com avanços tecnológicos e expansão do setor, como a criação de OSB.

A primeira produção de aglomerado, no Brasil, foi pela Placas do Paraná, localizada em Curitiba – Pr, na segunda metade da década de 1960, construída pelo Frances Louis Dreiffus. Sua primeira concorrente, Satipel, surgiu apenas na década seguinte, localizada na região o Rio Grande do Sul – Taquari.

A partir disso, várias empresas se instalaram no país, como fábricas do grupo Peixoto de Castro – a única totalmente nacional na época - e do grupo Freudenberg que, em 1984, foram compradas pela empresa Duratex, empresa que introduziu a tecnologia de prensas cíclicas. (SETSUO, A. I, 2002).

O ano de 1990 foi marcado pelo início das modernizações fabris de chapas aglomerados. A grande inovação foi à introdução da prensagem contínua durante o processo, conferindo melhor resistência aos painéis produzidos. Como o aglomerado tradicional, anteriormente produzido, possuía alguns problemas de mercado, foi alterada a nomenclatura desse produto para

MDP (medium density particleboard), visando desvincular o novo produto do aglomerado tradicional. Essa nova tecnologia, além de melhorar mecanicamente as placas, melhorava a capacidade de produção positiva (IWAKIRI, S. *et al.* , 2005).

4.1.2. Classificação

Os painéis aglomerados podem ser classificados, segundo Iwakiri, de acordo com sua densidade, partículas utilizadas, distribuição de partículas, modo de prensagem e tipo de adesivo, conforme apresentado na TABELA 1.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS PAINÉIS AGLOMERADOS

DENSIDADE	PARTÍCULAS	DISTRIBUIÇÃO DE PARTÍCULAS	PRENSAGEM	TIPO DE ADESIVO
Baixa densidade (até 0,59 g/cm ³)	Aglomerados convencionais	- Homogêneos		
Média densidade (0,60 – 0,79 g/cm ³)	“flake” – flake board	Múltiplas camadas	Perpendicular	UF (uso interior)
	“wafer” – wafer board	- camadas granuladas	Paralela (extrusada)	FF (uso exterior)
Alta densidade (acima 0,80 g/cm ³)	“strand” – strand board	- partículas orientadas (OSB)		

Fonte: Nota de aula Prof. Setsuo Iwakiri – UFPR - DETF

4.2. VANTAGENS DOS PAINÉIS AGLOMERADOS

As vantagens do uso de painéis aglomerados perante a madeira é a eliminação dos efeitos de anisotropia, melhora da resistência – em comparação com a madeira de mesma espécie- pela anulação de efeitos de grã, lenho juvenil e adulto. Outras vantagens seriam a possibilidade de corte em qualquer direção e a produção em diversas dimensões.

Outra vantagem dos painéis aglomerados é durante a produção, onde os parâmetros do processo podem ser controlados – resina, geometria das partículas, densificação, entre outros. (FREIRE, C. de S. *et al*, 2014)

A matéria prima a ser utilizada possui menos restrição, parâmetros como diâmetro, forma fuste e defeitos não são danosos como no uso da madeira bruta. (Torquato, L. P, 2008)

4.3. PROCESSO PRODUTIVO

4.3.1. Matéria Prima

Os componentes básicos para a produção de painéis aglomerados constituem de: madeira, resina, catalisador, parafina e aditivos.

- Madeira: matéria prima central que é requerida em forma de toretes, cavacos ou maravalhas. As espécies mais utilizadas nacionalmente são Pinus, Eucalipto, Acácia, Bracatinga e em misturas. Os parâmetros a serem avaliados em cada espécie é densidade, acidez e o teor de extrativos.
- Resina: a quantidade de adesivo a ser utilizada depende das propriedades requeridas no painel e da espécie de madeira utilizada, variando de 8,5% á 12% em aglomerados convencionais. As principais resinas utilizadas são ureia formaldeído (UF), fenol-formaldeído, melamina-formaldeído e isocianato, sendo empregadas de acordo com o uso – interno ou externo, partículas, custo e umidade das partículas.
- Catalisador: utilizada junto com o adesivo, sua reação ocorre na cura da resina UF, sendo o mais utilizado á base de sulfato de amônio que atua na redução do pH.
- Parafina: é utilizado na proporção de 1% de parafina na composição dos painéis, com a função de reduzir a higroscopicidade da madeira constituinte do painel, estabilizando dimensionalmente a chapa.
- Aditivos: além do catalisador e da parafina podem ser adicionados aditivos como retardantes de fogos e produtos preservantes contra fungos e insetos. (ALBUQUERQUE, C. E. C., 2002)

4.3.2 Etapas produtivas

O processo de produção de chapas aglomeradas pode ser separado em:

- Geração de partículas

As partículas são geradas a partir de toras descascadas que serão seccionadas em comprimentos, larguras e espessuras de acordo com o painel a ser confeccionado – flake board, waferboard, strandboard ou OSB. As dimensões das partículas influenciam diretamente nas propriedades físicas e mecânicas além do acabamento superficial e na usinabilidade. O consumo de resina também é diretamente relacionado com as dimensões das partículas, ou seja, a razão de esbeltez.

Quanto maior a espessura das partículas menor é a razão de esbeltez, necessitando de maior quantidade de resina pela área superficial reduzida, possuindo maior ligação interna. Já partículas de maior comprimento tem maior resistência à flexão estática.

As partículas podem ser geradas a partir de picadores de disco, em tambor, em anel, moinho martelo e de disco.

- Secagem de partículas

O teor de umidade das partículas para a formação do colchão influencia diretamente na cura da resina e tempo de prensagem, quanto maior o teor de umidade maior é o tempo necessário de prensagem e menor será a resistência de compressão do colchão.

O teor de umidade usual é de 2 a 5% de umidade, as partículas não são usadas a 0% de umidade, para evitar combustão e incêndios. Industrialmente, as partículas são secadas em secadores do tipo tambor rotativas, sendo o tempo de secagem variando em espécie utilizada e espessura das partículas - necessitam de maior tempo de secagem.

- Classificação de partículas

A classificação é feita para adequar as partículas de acordo com as especificações do processo e remoção dos finos. As classificações separam o material em oversize, camada externa, camada interna e os finos.

As partículas são separadas por peneiras ou telas vibratórias que trabalham de forma horizontal ou vertical, ou ainda separada por ar ou pneumático, separando pelo peso das partículas.

- Aplicação de adesivos e aditivos

Os adesivos e aditivos são aplicados de forma uniforme sobre as partículas. O sistema de aplicação de adesivos pode ser por sistema de rolos e sistema de bicos aspersores.

Partículas maiores requerem menor quantidade de adesivo que partículas menores.

- Formação de colchão

Industrialmente os colchões são formados por esteiras que depositam as partículas com adesivos controlando a espessura do painel para a densidade buscada e a uniformidade.

A altura do colchão é regulada, além da densidade requerida, pela densidade da madeira utilizada, quanto maior a densidade do painel e espessura maior é a altura do colchão exigida – conforme anunciado em normas vigentes e estudos.

O sistema de distribuição das partículas é feito de forma aleatória – homogênea, multicamadas ou granulada – e de forma orientada – OSB. Os sistemas de disposição das partículas podem ser com quatro fontes de disposição, disposição a ar e disposição mecânica.

- Pré-prensagem

O objetivo da pré-prensagem é diminuir a altura do colchão e reduzir os espaços de ar, assim reduzindo o tempo de fechamento da prensa quente e otimizando a cura da resina.

- Prensagem a quente

Além da cura da resina o objetivo da prensagem a quente é a consolidação do colchão e conferir a espessura final do painel.

As prensas usuais são as prensas de pratos – uma ou múltiplas aberturas- e prensa contínua – plana ou de calandra.

Durante a prensagem alguns parâmetros devem ser controlados como a pressão, temperatura, tempo de fechamento da prensa e o tempo de prensagem.

Quanto maior a densidade buscada no painel final maior deve ser a pressão empregada no processo em um menor tempo de fechamento. Quanto maior a temperatura menor é o tempo de prensagem, mas a temperatura deve estar entre 200 e 230°C em processos industriais e não laboratorial, o tempo de prensagem interfere diretamente no gradiente vertical de densidade.

- Acondicionamento

Antes do acondicionamento os painéis passam pelo processo de resfriamento visando ficar com temperaturas inferiores a 50°C.

O acondicionamento dos painéis é geralmente mantido em ambientes de aproximadamente 55% de umidade relativa de ar e 23°C, permanecendo no mínimo 24h até atingir o equilíbrio reduzindo gradiente de umidade e a temperatura.

- Acabamento

Inclui a etapa de lixamento e esquadreamento final do painel. Um acabamento alternativo é o revestimento do painel cru com laminas de madeira natural, papel melamínico, papel finish foil, filme termoplástico, fórmicas ou vernizes.

- Classificação

Pode ser feita pelas dimensões dos painéis, acabamento decorativo, qualidade superficial e qualidade estrutural.

- Embalagem

Embalagem dos painéis em lotes.

- Armazenamento

A estocagem dos materiais para despacho dos mesmos.

4.3.3 Utilização

Os painéis aglomerados são amplamente empregados na indústria moveleira - em móveis retilíneos, onde não há necessidade de usinagem, como tampos de mesas e divisórias. A produção é destinada 92% para os grandes

polos moveleiros e 3% para pequenos fabricantes de móveis. Outro destino para as chapas aglomeradas é para a construção civil, representando 2% do consumo total. (SOUZA JUNIOR, N. D. , 2009)

As chapas podem ser sem revestimento (62% da produção), indicadas para uso interno ou intermediário de peças - como forros, paredes, divisórias ou pisos; ou com revestimentos (38% da produção), o revestimento é superficial em lâminas naturais, finish-foil ou papel melamínico, como uso decorativo na indústria moveleira ou civil. (SOUZA JUNIOR, N. D. , 2009). O GRÁFICO 1 apresenta o consumo de aglomerados por setor.

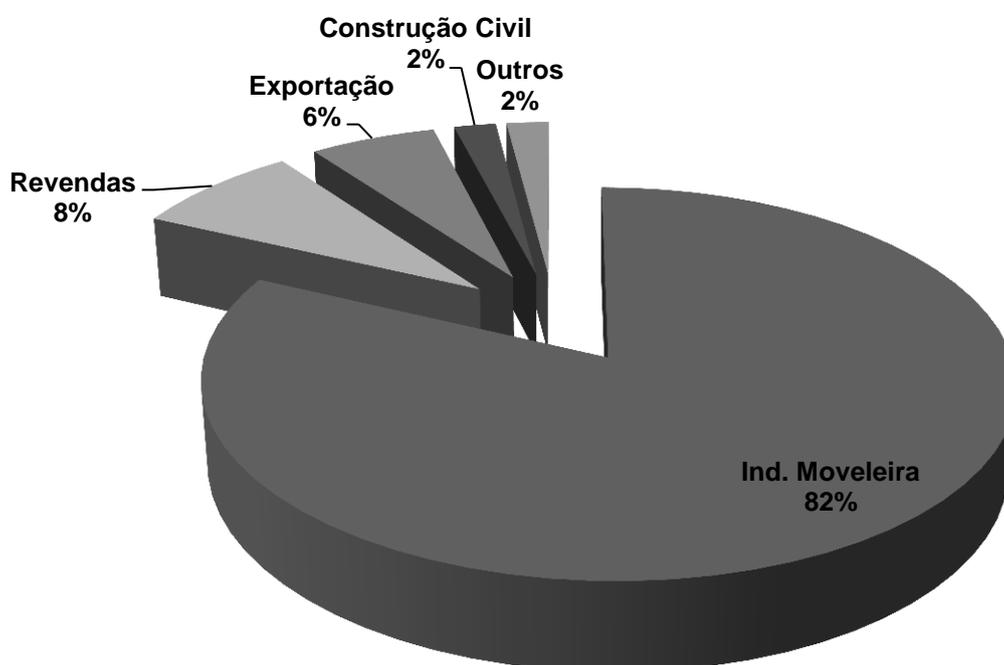


GRÁFICO 1 - CONSUMO DE AGLOMERADOS POR SETOR

Fonte: STCP, engenharia de projetos – 2008.

4.4. PANORAMA DO SETOR

Segundo estudos setoriais do ano de 2005, a produção brasileira de painéis – aglomerado /MDP, chapa de fibra, MDF e compensado – alcançou 7,7 milhões de metros cúbicos.

De acordo com a FAO, a produção mundial de painéis teve um crescimento de 9,5 % ao ano, de 1995 a 2005, como é dado pelo GRÁFICO 2.

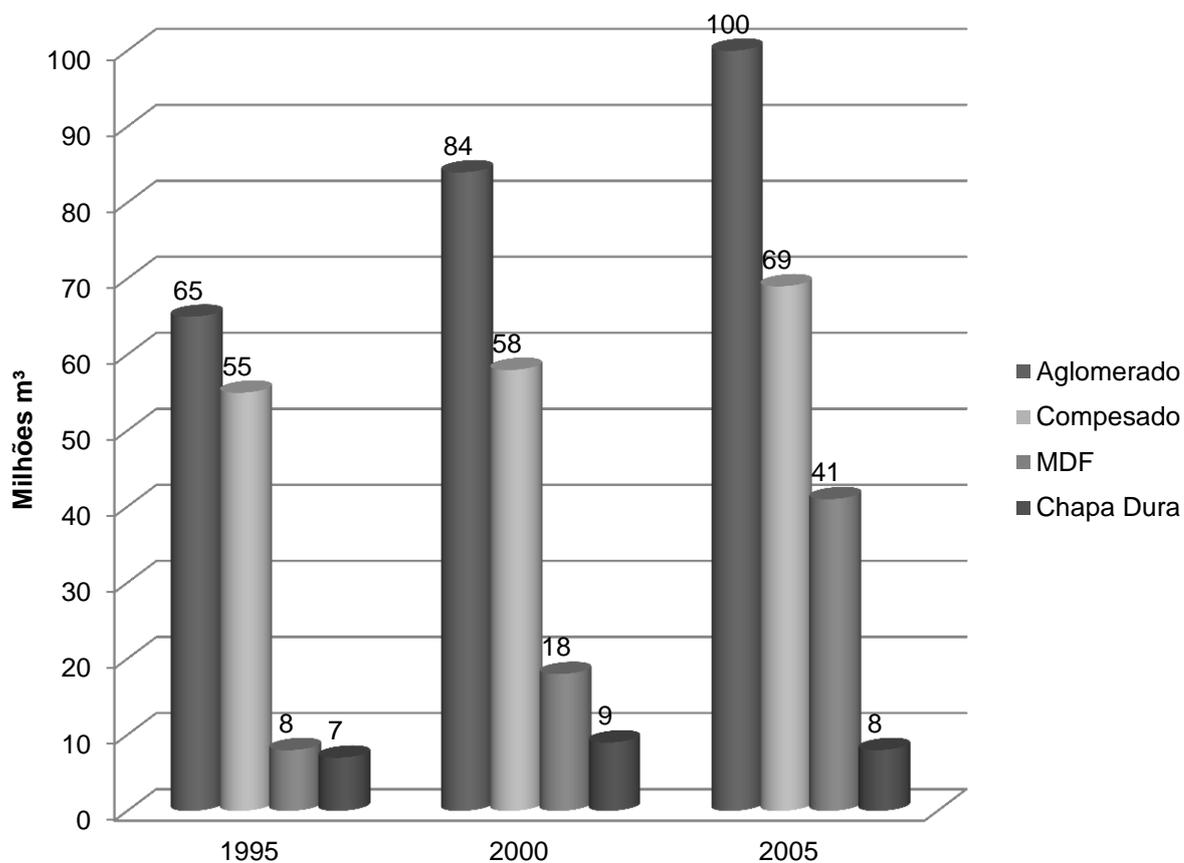


GRÁFICO 2 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE PAINÉIS DE MADEIRA

Fonte: FAO, 2005.

Além da produção, também há destaque para o consumo de aglomerado, onde houve um acréscimo de 4,5% ao ano – de 1995 a 2005 – conforme a TABELA 2.

TABELA 2 - CONSUMO MUNDIAL DE PAINÉIS (mil m³)

PRODUTO	1995	Part.¹ %	2005	Part. %	Cresc. A.A.² (%)
Aglomerado/MDP	64.550	48,4	100.335	45,8	4,5
MDF	7.637	5,7	40.434	18,5	18,1
Chapa	6.648	5,0	10.139	4,6	4,3
Compensado	54.557	40,9	67.973	31,1	2,2

Fonte: FAO, 2005.

Esse crescimento contínuo anual é associado ao aprimoramento das tecnologias empregadas no processo industrial, essas renovações dos parques fabris conferem melhor aceitação pelo consumidor pela melhor qualidade dos painéis comercializados.

O comércio mundial de aglomerado movimenta US\$ 7 bilhões, cerca de 29 milhões de m³. A Europa a região de maior consumo (45%), como mostra o GRÁFICO 3.

¹ Partículas em percentual

² Crescimento anualmente

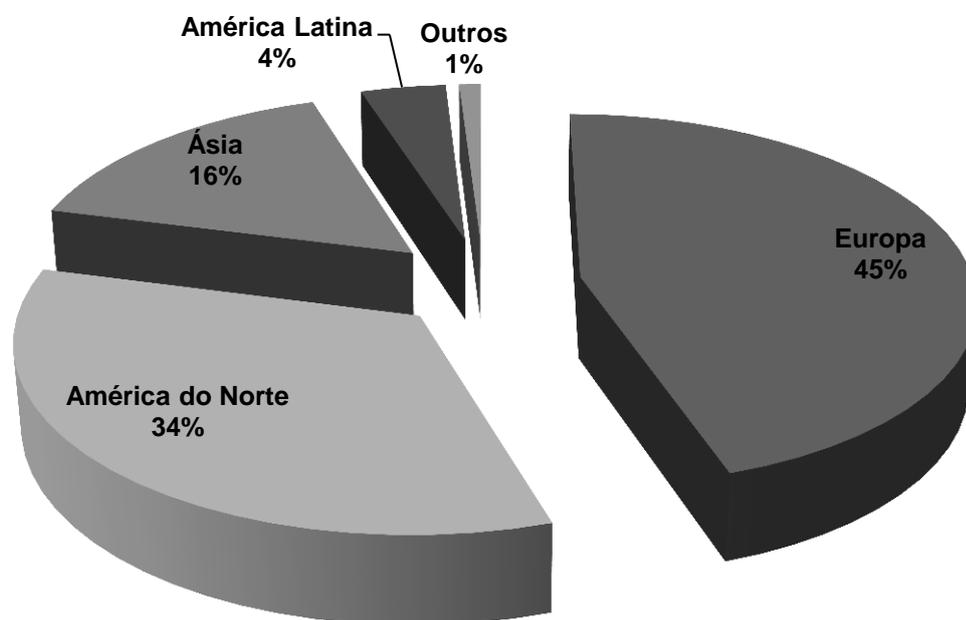


GRÁFICO 3 - CONSUMO MUNDIAL DE AGLOMERADO

Fonte: FAO, 2005.

Entre os maiores produtores de aglomerado destacam-se os Estados Unidos, representando 21% da produção mundial e a Alemanha com 10% da produção total. O Brasil é considerado o nono maior produtor mundial de aglomerado, com 2% (FAO, 2005). O GRÁFICO 4 apresenta a produção mundial de aglomerado.

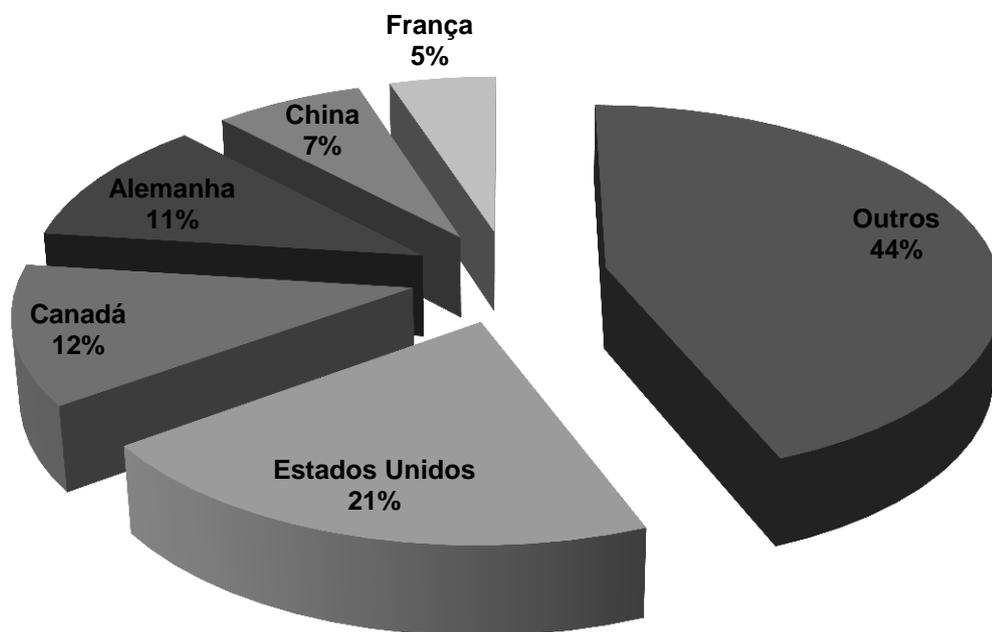


GRÁFICO 4 - PRODUÇÃO MUNDIAL DE AGLOMERADO

Fonte: FAO, 2005.

O Brasil, atualmente, é um país predominantemente importador de chapas, onde sua produção não atende a demanda interna e de exportação existente. O GRÁFICO 5 apresenta a produção e o consumo de aglomerado.

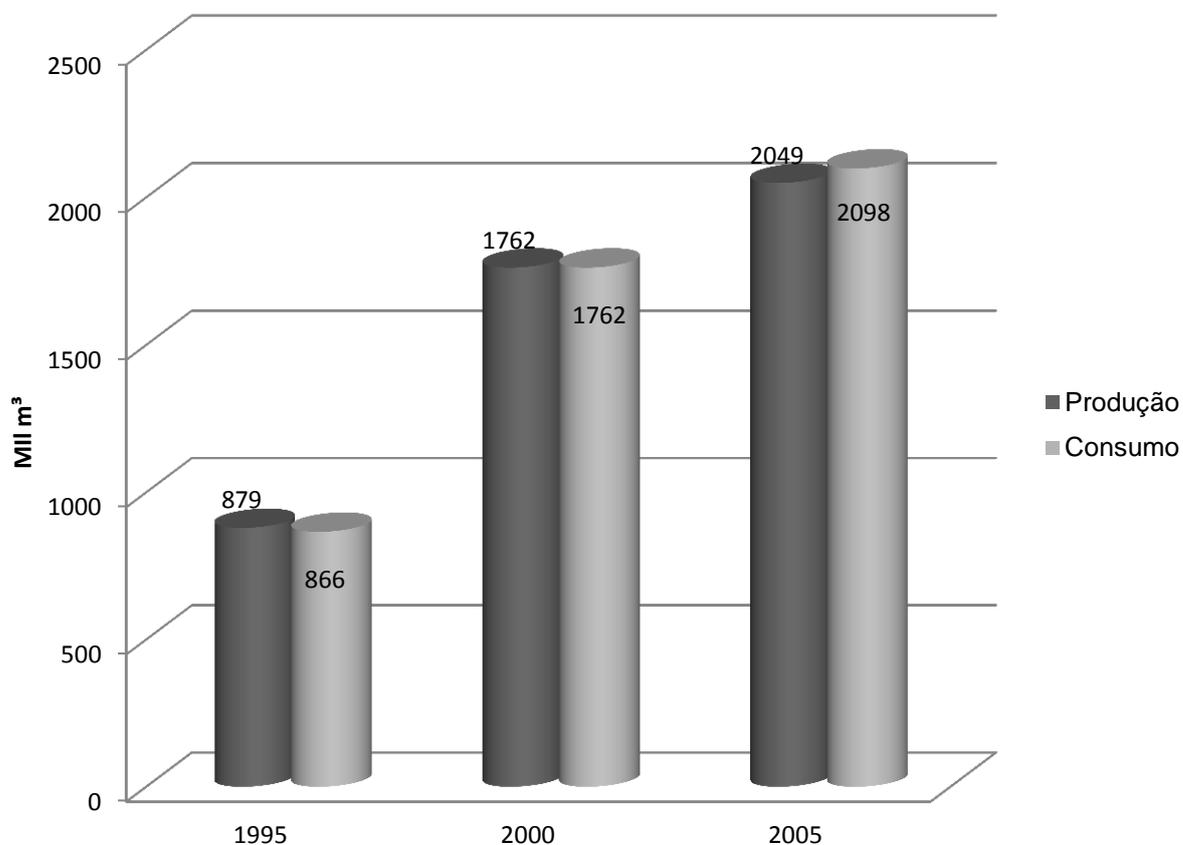


GRÁFICO 5 - PRODUÇÃO E CONSUMO DE AGLOMERADO

Fonte: FAO, 2005.

Em relação a exportações e importações mundiais a região do Canadá é a maior exportadora (34%) e a Ásia a maior importadora (36%).

4.4.1 Empresas Nacionais

Atualmente 80% das unidades fabris nacionais operam no sistema de prensa contínua, as vantagens desse sistema garantem reduzir o consumo de matéria prima, diminuir perdas durante o processo de lixamento e menor consumo de energia. O sistema de prensa continua é modernizado continuamente, permitindo flexibilidade no processo, permitindo a fabricação de diferentes tipos de chapas.

No Brasil as empresas produtoras de chapas aglomerada somam uma capacidade de 3,1 milhões de metros cúbicos. São localizados nas Regiões Sul e Sudeste, principais centros de consumo e onde se situam os polos moveleiros de maior expressão (ABIPA, 2007). A TABELA 3 apresenta os principais fabricantes de painéis.

TABELA 3 - PRINCIPAIS FABRICANTES BRASILEIROS DE PAINÉIS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA (mil m³/ano)

EMPRESAS	LOCAL	CAPACIDADE	%
Duratex	SP	1510	26
Satipel	MG, RS	1000	17
Tafisa	PR	640	11
Berneck	PR	640	11
Arauco	PR	630	11
Eucatex	SP	610	11
Fibraplac	RS	450	8
Masisa	PR	250	4
Bonet	SC	60	1
Total		5790	100

FONTE: ABIPA.

4.4.2 Preço de Mercado

O Aglomerado é a chapa de valor mais acessível comercialmente no Brasil, como mostra o GRÁFICO 6.

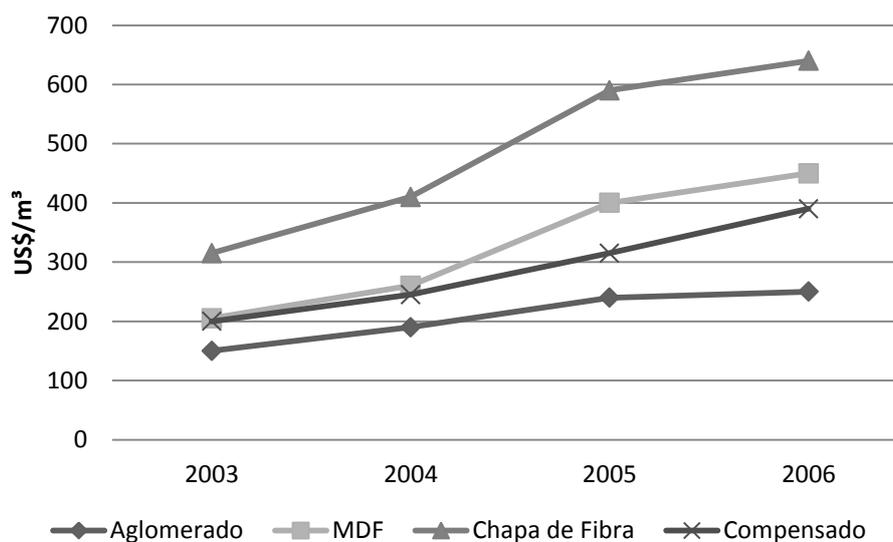


GRÁFICO 6 - PREÇOS DE PAINÉIS DE MADEIRA (Fonte: Abipa, 2004).

À medida que se agrega valor ao produto in natura, através de seu revestimento, o preço do aglomerado pode ser mais que duplicado, conforme ilustra a TABELA 4, onde são apresentados índices de preços indicativos praticados no mercado brasileiro.

TABELA 4 - PREÇOS RELATIVOS AO AGLOMERADO NACIONAL

TIPO DE PAINEL	ÍNDICE DE PREÇO (R\$)
Não revestido	100
Revestido com Finish Foil	150
Papel Melamínico	180
Lâmina de Madeira	220

Fonte: STCP, Engenharia de Projetos – 2008.

4.5. CONSUMO DE MADEIRA RECONSTITUÍDA RECICLADA

Nos dias atuais há uma grande necessidade do reaproveitamento de materiais, neste contexto há o desenvolvimento do consumo de madeiras reconstituídas reciclada, mas no Brasil tem um baixo consumo e exportação desses produtos, não havendo dados confiáveis sobre produção e mercado de tais produtos.

Segundo Motta (1996), a geração de resíduos sólidos é um dos principais problemas ambientais. Os resíduos não coletados configuram uma carga. Os resíduos coletados, em sua maioria, tem destino inadequado - em aterros ou a céu aberto e em áreas.

Autores comentam sobre o aumento do consumo de madeira – tanto em toras quanto reconstituída – em oposição, o mercado apresenta redução da oferta da mesma. Neste cenário, nascem estudos sobre o aumento das quantidades de resíduos, gerados durante o desdobro da madeira e de resíduos de produtos madeireiros, que tem sua vida produtiva encerrada e não possuem utilização na indústria onde foram gerados, mas que ainda podem ser reciclados. (AMBIENTE, M. D,2009 ; TEIXEIRA, 2005)

As formas comuns para reciclagem de resíduos de madeira são a geração energética, produção de painéis de madeira, celulose para papel,

fabricação de pequenos objetos, embalagens, cama para animais, entre outros (BRAND *et al.*, 2002).

Smith (2004) cita o estudo realizado pela CPA (Composite Panel Association) onde mostra o auge do interesse em reciclagem de madeira na década de 90 e vem declinando.

Recentemente foi sancionada pelo governo federal a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, dispondo sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL/MMA, 2010).

Ainda com relação aos resíduos sólidos existem várias normas publicadas pela ABNT, que adquirem caráter de obrigatoriedade na medida em que as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA indicam tais parâmetros, a serem seguidos pelo gerador.

No âmbito dos resíduos sólidos, devem ser observadas também as legislações estaduais e municipais que tratam do transporte, condicionamento, reaproveitamento, entre outros.

Madeira reconstituída

Segundo TEIXEIRA, M. G (2005) as tecnologias de madeira reconstituída, permite corrigir limitações físicas, tornando painéis como produtos com propriedades homogêneas em toda a sua extensão através da reorientação das partículas e das fibras. Esses produtos tem a característica de possuírem maior estabilidade em comparação ao uso de madeira na sua forma natural e pela possibilidade de produzir painéis de grandes dimensões.

Outro ponto favorável ao uso da madeira reconstituída é o maior aproveitamento da matéria prima em relação à madeira serrada, que possui perdas consideráveis. Este aspecto é favorável no cenário da reciclagem onde aparas, refugos, lascas, costaneiras, produtos com vida útil encerrada, entre outros podem ser reutilizados no processo de produção de madeiras reconstituídas. (WEBER, C., 2011)

Os resíduos de madeira são bastante heterogêneos, devido às muitas variedades apresentadas, sendo de baixa densidade e não são tóxicos, se no seu volume não houver outros materiais - como conservantes, fungicidas, inseticidas, vernizes e tintas, que possam emitir gases ou vapores tóxicos durante processos de reciclagem (QUIRINO, op cit). O material, quando livre de contaminantes, é biodegradável, classificado pela NBR 10004 (ABNT, 1987) como classe 2, com possibilidades de ser reaproveitado em processos de reciclagem.

Outros autores, como Gay *et al* (2001) dão destaque ao surgimento dos painéis de madeira pela necessidade de inovação do uso da madeira como matéria-prima, explorando esse material da melhor forma. Esse fato é apresentado fortemente na história, quando a madeira em tora passa a ser transformada em lâminas e posteriormente reconstituída em painéis compensados.

4.6. PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO

As propriedades dos painéis de madeira devem ser criteriosamente avaliadas e garantidas, pois isto reflete diretamente em seu uso final e qualidade. Para a garantia destes parâmetros técnicas e parâmetros são controladas durante toda a produção das chapas. (ALBUQUERQUE, C. E. C., 2002)

Os parâmetros a serem controlados são: resistência, uso interior ou exterior, uniformidade da superfície, tolerância à usinagem, resistência à fixação de parafusos, entre outros, conforme a Associação Brasileira de Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (MATTOS, R. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. DAS, 2008).

Existem ainda outras características existentes durante o processo de produção de chapas de madeira, como a transferência de calor e umidade, uma consideração a ser feita é que quanto mais elevado o teor de umidade das partículas, menor será o tempo para o miolo de o painel atingir 100°C e manter-se constante até as chapas possuírem teores de umidade menores que 10%. (NAPOLI, L. M. *et all*, 2013)

Segundo SETSUO, A. I. (2002), quanto mais elevada à temperatura de prensagem, maior será o fluxo de vapor, melhorando densificação das camadas internas dos painéis, elevando a resistência interna e reduzindo flexão estática.

A umidade juntamente com a elevada temperatura configura a plasticização da madeira, reduzindo à resistência a compressão da chapa. Kelly citou que 12% representa o teor de umidade ótimo para um colchão de distribuição uniforme de partículas. Umidades inferiores comprometem ligações entre partículas.

A umidade é um importante parâmetro a ser controlado durante a prensagem. O teor de umidade no processo configura a densidade do painel, sendo mantido e controlado pelo tempo total de prensagem. A prensagem por pratos aquecidos é o método mais comum na indústria, caracterizando início da cura nas camadas superficiais até às camadas internas. (NAPOLI, L. M. *et al*, 2013)

4.7. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

4.7.1. Densidade

A densidade é uma característica importante e se relaciona diretamente com as propriedades físicas e mecânicas que caracterizam diferentes espécies de madeiras e também produtos obtidos a partir delas. Sendo que para painéis pode ser considerada como a propriedade mais importante a ser relacionada com a espécie da madeira e entre o painel que se pretende produzir.

Industrialmente encontram-se painéis aglomerados no intervalo de densidade de 0,60 a 0,70 g/cm³.

4.7.2. Gradiente vertical de densidade

Painéis aglomerados tem a característica de prensagem por prensas aquecidas, conferindo uma densidade uniforme através de suas espessuras, o

que difere da madeira sólida, pois há um gradiente vertical de densidade interno dos painéis aglomerados.

O gradiente vertical de densidade normalmente apresenta alta densidade próxima às faces e baixa densidade no miolo. O gradiente de densidade é muito dependente da geometria das partículas, distribuição de umidade no colchão, razão de compactação, tempo de fechamento da prensa, temperatura dos pratos da prensa, reatividade da resina, e resistência à compressão das partículas.

Um gradiente de densidade homogêneo tem propriedades mecânicas, como MOR, MOE e ligação interna, em consonância com a densidade média do painel.

Alguns autores citam que aglomerados com teor de resina elevado apresentaram densidades 11% superiores nestas regiões quando comparados com painéis com teor de resina inferior. O gradiente vertical de densidade é influenciado diretamente pelo teor de umidade, chapas com alta umidade nas faces e baixa umidade na parte central, conferem um aumento na densidade máxima existente no gradiente vertical de densidade, em até 22% e 12%, respectivamente, em chapas de 0,5 e 0,7 g/cm³ de densidade média. O teor de umidade das partículas não influencia na densidade final média do painel, mas afeta o gradiente vertical de densidade deste.

4.7.3. Absorção de água e inchamento em espessura

Autores citam a relação da absorção de água com a densidade do painel, onde a absorção de água diminui com o aumento da densidade do painel.

O efeito da densidade da chapa no inchamento em espessura deve-se mais à umidade relativa de exposição, sendo que o maior inchamento deve ocorrer em painéis com maior densidade.

O tamanho das partículas também tem influência direta na absorção de água, formados com partículas grossas tem maior absorção de água.

O inchamento em espessura constitui-se em uma das propriedades mais importantes em termos de estabilidade dimensional em painéis. Esta

propriedade pode ser afetada pela espécie da madeira, geometria das partículas, densidade dos painéis, eficiência na aplicação da cola, e condições de prensagem segundo Brito (1995).

Painéis aglomerados de pinus industrialmente apresentam em média para a absorção de água a 2 horas 14,48% e após 24 horas a média de 49,55%.

Já para o inchamento tem estudos que mostram que para aglomerados de Pinus a média do inchamento em espessura das amostras em 2 horas de imersão em água foi de 3,99% e após 24 horas foi de 41,51%.

4.7.4. Geometria das partículas

O comprimento, largura, espessura e forma das partículas implicam diretamente nas propriedades da chapa aglomerada.

As propriedades mecânicas e físicas como resistência e rigidez à flexão, tração perpendicular à superfície, ligação interna (LI), resistência ao arrancamento de parafusos e pregos, absorção de água e inchamento em espessura são afetadas pela geometria das partículas.

A estética dos painéis é determinada pelas partículas usadas, dependendo do comprimento e da espessura das partículas, além de influenciar diretamente nas propriedades físicas e mecânicas das chapas.

4.7.5. Módulo de ruptura

Na fabricação de chapas de madeira aglomerada, em espessuras entre 14 e 20 mm, segundo NBR 14.810 ABNT (2006), o módulo de ruptura deve ser de 16MPa.

4.7.6. Módulo de elasticidade

A norma NBR 14.810 da ABNT (2006) não indica limites para o módulo de elasticidade, um recurso é a comparação com valores estabelecidos na

norma CS 236-66 (COMMERCIAL STANDARD, 1968 – “Mat formed Wood particleboard”), que o limita a um mínimo – convertido – de 2450 MPa.

5. METODOLOGIA

5.1. PRIMÍCIAS

Foram produzidos painéis testemunhas – num total de três – a partir de partículas puras de pinus; e foram produzidos três painéis com resíduos.

5.2. MATERIAL

A obtenção da matéria prima, para a confecção dos painéis de estudo, foi por doações da empresa DONCABO Indústria e Comércio de Artefatos de Madeira Ltda. – localizada na região de Campina Grande do Sul, Paraná. No local foram retirados diversos paletes de madeiras caracterizadas como resíduos que seriam destinadas a incineração.

As embalagens são em sua maioria *Pinus sp.*, havendo uma pequena porcentagem de *Eucalyptus spp.* A proporção de cada espécie não foi definida.

Após a coleta do material foi necessária à limpeza do mesmo – retirada de materiais metálicos, seguido da desmontagem das embalagens e redução da dimensão das madeiras, para adequar-se ao tamanho das facas do picador a ser utilizado.

Os procedimentos de geração de partículas, secagem e produção de painéis foram todos realizados no Laboratório de Painéis da Universidade Federal do Paraná.

5.3. GERAÇÃO DAS PARTÍCULAS E PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

A confecção dos painéis seguiu as seguintes etapas:

- I. Saturação dos tacos;

Tacos correspondem à primeira redução de dimensão do material coletado, foram cortados sem demissões específicas.

No laboratório os tacos ficaram submersos em água por duas semanas.

II. Geração de cavacos;

Após a saturação dos tacos, a próxima etapa foi à geração de cavacos por meio do picador, onde obtiveram dimensões aleatórias. (FIGURAS 3 (2))

III. Secagem dos cavacos;

Os cavacos foram primeiramente secos naturalmente por aproximadamente duas semanas, até atingirem a umidade ambiente, ao se encontrarem em equilíbrio permaneceram mais dois dias em estufa.

IV. Moagem:

No moinho foram utilizadas duas peneiras, primeiramente numa malha com 13 mm e depois uma segunda passagem numa malha de 6 mm. (FIGURAS 4 (3))

V. Classificação

A primeira classificação foi realizada com uma malha de 0,6 mm, com a intenção de remover o pó. A segunda etapa de classificação foi para a retirada de partículas Oversize com uma malha de 2,30 mm. (FIGURAS 5 e 6)

VI. Formação do colchão;

Foi visada a confecção de dois tipos de painéis nas dimensões de 50x38x13 mm.

- Painéis com as partículas de resíduos de embalagens de madeira;
- Painéis de partículas de pinus usado na indústria – doados pela empresa Berneck ao laboratório de painéis UFPR.

As partículas tiveram seu teor de umidade determinado e a partir disso a quantidade de materiais a ser aplicado foi determinada. Na encolagem das partículas do painel foi utilizada resina UF, catalisador e parafina.

As partículas foram misturadas com a resina e parafina por meio de pulverização em um aplicador de tambor do tipo rotativa, e então depositada manualmente em uma caixa nas dimensões pré-determinada (FIGURA 7).

VII. Prensagem do colchão;

Na prensagem do colchão a temperatura foi controlada em 140° com prensagem constante e controlada numa pressão específica de 40 kgf/cm² pelo tempo de oito minutos.

VIII. Acondicionamento dos painéis prontos

Os painéis permaneceram por aproximadamente um mês em climatização.

Após todas essas etapas os painéis foram submetidos a testes físicos-mecânicos de:

- Massa específica (Me);
- Flexão estática (F);
- Absorção de água (Aa);
- Inchamento em espessura (Ie);
- Ligação interna (Li);

Para a realização dos testes os corpos de provas foram tirados conforme a FIGURA 1.

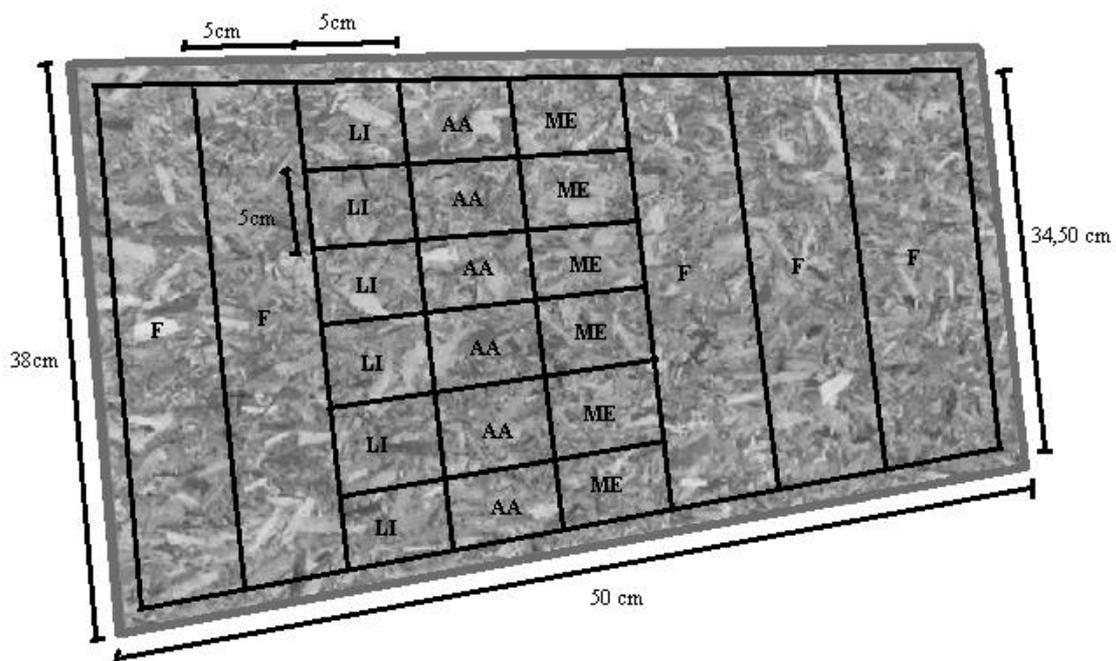


FIGURA 1 - LAYOUT DOS CORPOS DE PROVA DE CADA PAINEL

Fonte: o autor.

Com todos os testes realizados é possível realizar estudos da viabilidade técnica dos painéis, comparando com os dados dos painéis comerciais anteriormente expostos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

Os painéis foram fabricados nas dimensões 50×38×1,4 cm, resultando numa densidade média para os painéis testemunha de 0,89 g/cm³ e, para os painéis confeccionados a partir da reciclagem de paletes, ficam com uma densidade de, aproximadamente, 0,85 g/cm³.

A análise estatística realizada para densidade é apresentado, a seguir, na TABELA 5.

TABELA 5 - CONJUNTO ESTÁTISTICO PARA DENSIDADE

C.P.*	Nº DE C.P.*	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V.**	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	18	0,89779	0,080872	9,00789%	0,59586	-0,82294
Resíduos	18	0,855931	0,0469324	5,4832%	-2,03587	0,553624
Total	48	0,882093	0,072468	8,21546%	1,28133	0,115323

*C.P.:Corpo de Prova

**C.V.: Coeficiente de variação

A TABELA 5 mostra dados estatísticos para cada um dos dois grupos painéis estudados. A análise do coeficiente de variância é designada principalmente para comparar as médias dos diferentes níveis, os corpos de prova mostram uma grande distorção da densidade dentro de um mesmo painel, como mostra o GRÁFICO 7.

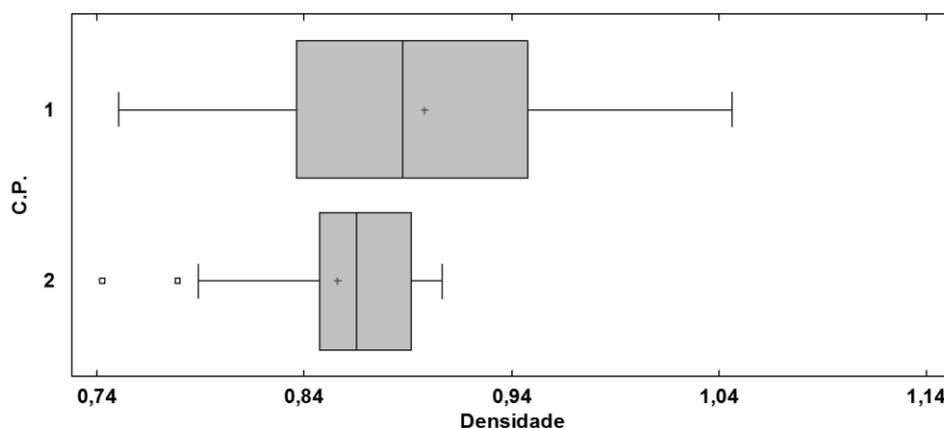


GRÁFICO 7 – BOXPLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DA DENSIDADE

As densidades encontradas para os painéis testemunha (1) variaram de $0,75\text{g/cm}^3$ a $1,04\text{g/cm}^3$ e os painéis de resíduos (2) variaram de $0,74\text{g/cm}^3$ a $0,9\text{g/cm}^3$.

Analisando a curtose e a assimetria do gráfico percebe-se anormalidades nos dados, mostrando que os dados não seguem distribuições normais.

Analisando estatisticamente os painéis estudados a partir da ferramenta ANOVA tem-se, conforme apresentado na TABELA 6.

TABELA 6 - ANÁLISE ANOVA PARA DENSIDADE

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGNIFICADO DOS QUADRADOS	F - RELAÇÃO	P- IMPORTÂNCIA
Entre Grupos	0,0197126	1	0,0197	3,99	0,0516
Dentro dos Grupos	0,227113	46	0,0049		
Total	0,246826	47			

A TABELA 6, ANOVA, decompõe a variância da Densidade em dois componentes: um componente entre grupos e um componente dentro dos grupos. A F-relação, que neste caso é igual a 3,99264, é uma proporção da estimativa entre grupos para a estimativa dentro dos grupos. Uma vez que o valor de P do teste F é maior do que ou igual a 0,05, que não é uma diferença

estatisticamente significativa entre a média da densidade a partir de um nível de confiança 95,0%. A TABELA 7 apresenta os resultados da análise de Tukey para a densidade.

TABELA 7 - ANÁLISE TUKEY PARA DENSIDADE

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICÂNCIA	HOMOGENEIDADE DOS GRUPOS
Resíduos	18	0,855931	A
Testemunha	30	0,89779	A

*C.P.:Corpo de prova

Analisando os resultados nota-se que não há diferenças estatísticas relevantes entre cada teste realizado, considerando uma confiabilidade de 95%. O limite estático para os grupos testados é de 0,042168 e apresentou uma diferença de 0,041859.

A densidade procurada era de 0,7g/cm³, o erro derivou do cálculo onde a quantidade de madeira adicionada na mistura para o colchão, foi superdimensionada. Ao realizar-se o cálculo a umidade relativa das partículas foi definida (12%) – através do medidor de umidade digital.

De acordo com Larmore (1959) citados por Kelly (1977), se um painel aglomerado tiver sua densidade inferior à da madeira empregada, o resultado não será satisfatório para as propriedades mecânicas, considerando a massa específica do pinus como aproximadamente 0,5 g/cm³, somente pela densidade básica, pode-se considerar que o painel tem propriedades satisfatórias.

6.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA

6.2.1. Absorção de água (2h)

Para os testes de absorção de água nas duas primeiras horas obtiveram-se os seguintes resultados estatísticos, demonstrados na TABELA 8.

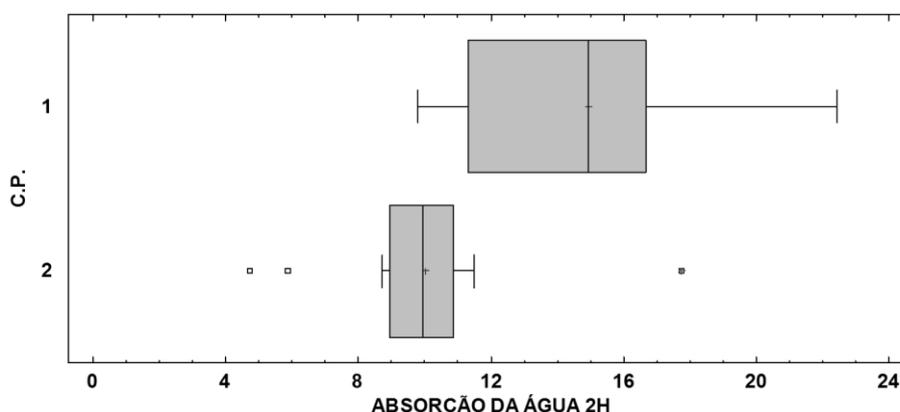
TABELA 8 - CONJUNTO ESTÁTISTICO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 2H

C.P.*	Nº DE C.P*	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V**	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	18	14,9294	3,48477	23,341%	0,86158	0,056197
Resíduos	18	10,0161	2,61965	26,154%	1,5774	4,02824
Total	36	12,4728	3,92928	31,502%	1,4989	0,313714

*C.P.: Corpo de Prova

**C.V.: Coeficiente de variação

Analisando a curtose dos dados percebe-se uma variação fora dos limites (+2 e -2) padrão, indicando uma anormalidade no grupo de dados, supõe que os dados não são provenientes de distribuições normais. Os dados também possuíram um elevado coeficiente de variação das médias, como pode ser visualizado no GRÁFICO 8. Os painéis testemunha (1) encontraram-se na faixa de 9,79% a 22,44% e os painéis de resíduos (2) entre 4,74% e 17,74%.

**GRÁFICO 8 - BOXPLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA 2H**

Para o teste ANOVA e Tukey obtiveram-se os dados apresentados nas TABELAS 9 e 10.

TABELA 9 - ANÁLISE ANOVA PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 2H

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGNIFICADO DOS QUADRADOS	F- FUNÇÃO	P - IMPORTANCIA
Entre grupos	217,268	1	217,268	22,86	0,0000
Dentro dos grupos	323,105	34	9,50307		
Total	540,372	35			

TABELA 10 - ANÁLISE DE TUKEY PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 2H

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICANCIA	HOMOGENIDADE DOS GRUPOS
Resíduos	18	10,0161	A
Testemunha	18	14,9294	B

*C.P.:Corpo de prova.

Analisando as TABELAS 9 e 10 é possível verificar que há diferenças estatísticas significantes nos grupos estudados, dentro de um meio com 95% de confiança. O nível estatístico para ambos os grupos de painéis estudados é de 2,08827 e o encontrado foi de 4,91333, mostrando a diferença na absorção de água nas duas primeiras horas entre os painéis estudados.

A partir dos dados observados para absorção de água nas duas primeiras horas, há diferença estatística entre os painéis testemunha (14,93%) e de resíduos (10,02%) os testes mostram terem seus valores médios para o parâmetro compatíveis com os painéis aglomerados de *Pinus* com 0,7g/cm³ (14,50%).

6.2.2. Absorção de água (24h)

Para os testes de absorção de água, após as 24h, são expostos os dados da análise estatística na TABELA 11.

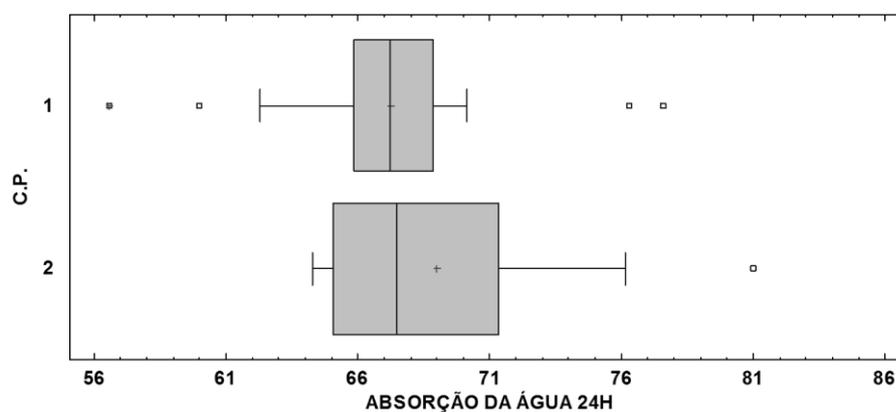
TABELA 11 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H

C.P.*	Nº DE C.P.*	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V.**	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	18	67,2561	4,88942	7,26985%	0,136259	1,2918
Resíduo	18	68,97	4,51325	6,54378%	2,26032	1,41797
Total	36	68,1131	4,71813	6,92691%	1,26805	1,84499

*C.P.:Corpo de prova

**C.V.:Coeficiente de variação

Analisando os dados observa-se uma variância na média não muito elevada, como pode ser visualizado no GRÁFICO 9. Os painéis testemunha (1) variaram de 56,55% a 77,6%, enquanto os painéis de resíduos (2) variaram de 64,28% a 81,02%.

**GRÁFICO 9 - BOXPLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DE ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H**

Para os testes de ANOVA e Tukey obteve-se os dados nas TABELAS 12 e 13.

TABELA 12 - ANÁLISE ANOVA PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H

FONTES	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGINIFICADOS DOS QUADRADOS	F – RELAÇÃO	P - IMPORTANCIA
Entre Grupos	26,4367	1	26,4367	1,19	0,2822
Dentro dos Grupos	752,689	34	22,1379		
Total	779,125	35			

TABELA 13 - ANÁLISE TUKEY PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICÂNCIA	HOMOGENEIDADE DOS GRUPOS
Testemunha	18	67,2561	A
Resíduos	18	68,97	A

*C.P.:Corpo de Prova

Dentro de análise com 95% de confiança não houve variação estatística significativa dentro dos grupos de painéis estudados. Os limites estatísticos para estes grupos teste é 3,19 e o encontrado é de 1,71, como o valor encontrado é menor mostra que não diferença entre os grupos.

A norma EN312 recomenda que para uso interno painéis aglomerados devam possuir 15% de absorção de água, os painéis estudados possuem valores superiores, o que os torna não viáveis para uso interno.

Os painéis estudados testemunha (67,26%) e de resíduos (68,97%) possuem valores superiores que os painéis comerciais (50,50%), evidenciando a menor higroscopicidade dos painéis testados.

6.2.3. Inchamento em espessura (2h)

Para os testes de inchamento em espessura para as duas primeiras horas os testes estatísticos para ambos os corpos de prova encontra-se na TABELA 14.

TABELA 14 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 2H

C.P.*	Nº DE C.P.*	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V.**	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	18	10,3283	1,44917	14,031%	0,558203	-1,33963
Resíduos	18	9,855	1,70219	17,2723%	-0,474175	-0,008820
Total	36	10,0917	1,57638	15,6206%	-0,287651	-0,43612

*C.P.:Corpo de prova

**C.V.: Coeficiente de variação

Analisando o coeficiente de variação sobre a média percebe-se uma variação abrangente, onde os painéis testemunha (1) variaram de 8,34% a 12,49% e, os painéis de resíduos (2), variaram de 6,08% a 12,73%, como pode ser visualizando no GRÁFICO 10.

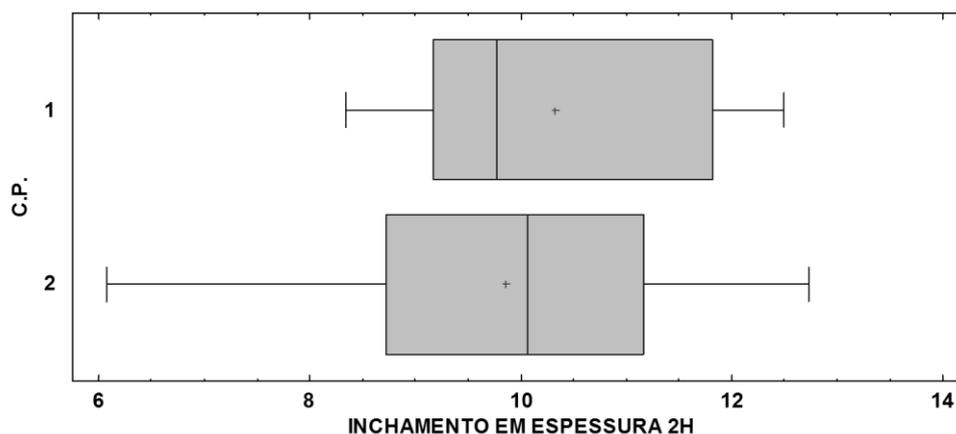


GRÁFICO 10 – BOX PLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DO INCHAMENTO EM ESPESSURA 2H

O teste ANOVA para os testes de inchamento em espessura nas duas primeiras horas e análise da variação significativa estatisticamente tem seus dados mostrados a seguir nas TABELAS 15 e 16.

TABELA 15 - ANÁLISE ANOVA PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 2H

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGNIFICANCIA DOS QUADRADOS	F – RELAÇÃO	P – IMPORTANCIA
Entre grupos	2,0164	1	2,0164	0,81	0,3753
Dentro dos grupos	84,9581	34	2,49877		
Total	86,9745	35			

TABELA 16 - ANÁLISE TUKEY PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 2H

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICÂNCIA	HOMOGENIEDADE DOS CORPOS
Resíduo	18	9,855	A
Testemunha	18	10,3283	A

*C.P.:Corpo de prova

As TABELAS 15 e 16 apresentam que os painéis não possuíram diferenças estatísticas significativas dentro de uma margem confiança de 95%. Os limites estatísticos para ambos os grupos é de 1,11 e o encontrado foi de 0,47, mostrando que os dados entre os painéis são homogêneos.

Em comparação dos painéis estudados – testemunha (10,33%) e de resíduos (9,85%) – com os painéis comerciais (5,00%), evidencia que para os testes de inchamento em espessura 2h os painéis estudados também possuem coeficientes elevados aos comerciais.

6.2.4. Inchamento em espessura (24h)

Para os testes de inchamento em espessura após um dia (24h) teve sua análise estatística exposta na TABELA 17.

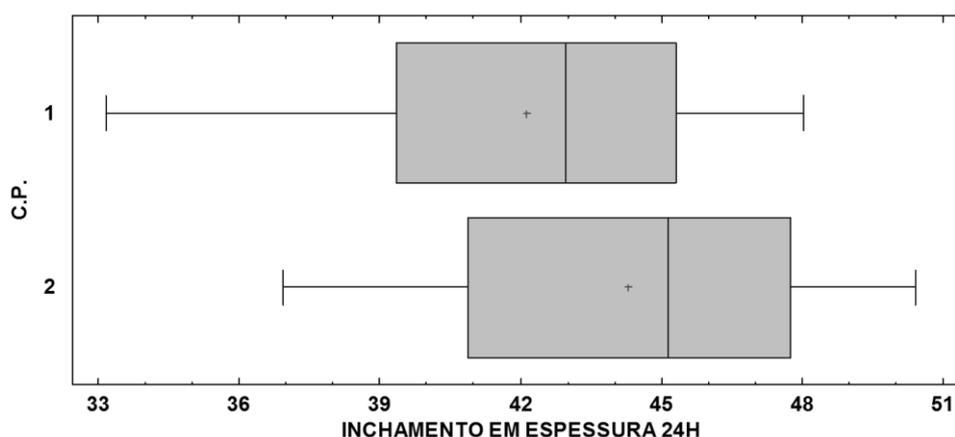
TABELA 17 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA INCHAMENTO 24H

C.P.*	Nº DE C.P.	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V.*	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	18	42,1161	3,93668	9,3472%	-0,958036	-
Resíduo	18	44,2861	4,02275	9,08355%	-0,556048	-0,961713
Total	36	43,2011	4,0741	9,43054%	-0,863305	-0,599507

*C.P.:Corpo de prova

**C.V:Coeficiente de variação

Os painéis testemunha (1) tiveram uma variação para inchamento após 24 horas de 33,18% a 48,03% e os painéis de resíduos (2) variaram de 36,93% a 50,42%, como é mostrado no GRÁFICO 11.

**GRÁFICO 11 - BOXPLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DO INCHAMENTO EM ESPESSURA 24H**

A partir dos testes ANOVA e de Tukey obteve-se os dados das tabelas 18 e 19 para averiguar se há diferença estatística nos demais casos entre os painéis estudados.

TABELA 18 - ANÁLISE ANOVA PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 24H

FONTE	DESVIO PADRÃO	DF	SIGNIFICANCIA DOS QUADRADOS	F – RELAÇÃO	P - IMPORTANCIA
Entre grupos	42,3801	1	42,3801	2,68	0,1111
Dentro dos grupos	538,559	34	15,84		
Total	580,939	35			

TABELA 19 - ANÁLISE DE TUKEY PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA 24H

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICANCIA	HOMOGENIDADE DOS CORPOS
Testemunha	18	42,1161	A
Resíduos	18	44,2861	A

*C.P.:Corpo de prova

Pelos testes estatísticos é possível afirmar que, com 95% de confiança, não há diferenças estatísticas entre os painéis estudados. O limite estatístico encontrado para os testes de inchamento em espessura após 24 hora é de 2,69608 e o limite encontrado é de 2,17 – o que demonstra a homogeneidade estática dentro da margem de confiabilidade dada.

Segundo BRITO (1995) a geometria das partículas, densidade dos painéis, teores de resina, teor de parafina, eficiência na aplicação da cola, e condições de prensagem podem afetar essa propriedade, como as quantidades de materiais e seleção de matérias foi padrão para os dois ensaios a homogeneidade dos resultados foi mantida.

Comparando os painéis testemunhas (42,12%) e os painéis de resíduos (44,29) com os painéis comerciais (41,50%), os painéis estudados encontram-se numa faixa para inchamento em espessura compatível com os painéis comerciais.

6.3. FLEXÃO ESTÁTICA E LIGAÇÃO INTERNA

6.3.1. Módulo de Elasticidade (MOE)

Para os testes de módulo de elasticidade obtiveram-se os resultados estatísticos expostos na TABELA 20, a seguir.

TABELA 20 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA MOE

C.P.*	Nº DE C.P.*	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V.**	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	12	2265,84	446,789	19,7185%	-1,29139	0,270824
Resíduos	12	2732,06	255,589	9,35518%	-0,706819	-0,483129
Total	24	2498,95	428,27	17,138%	-2,24153	1,35425

*C.P.:Corpo de prova

**C.V.:Coeficiente de variação

A TABELA 20 é destinada a análise da variância para comparar as médias. A assimetria, variância e média, também mostradas no GRÁFICO 12.

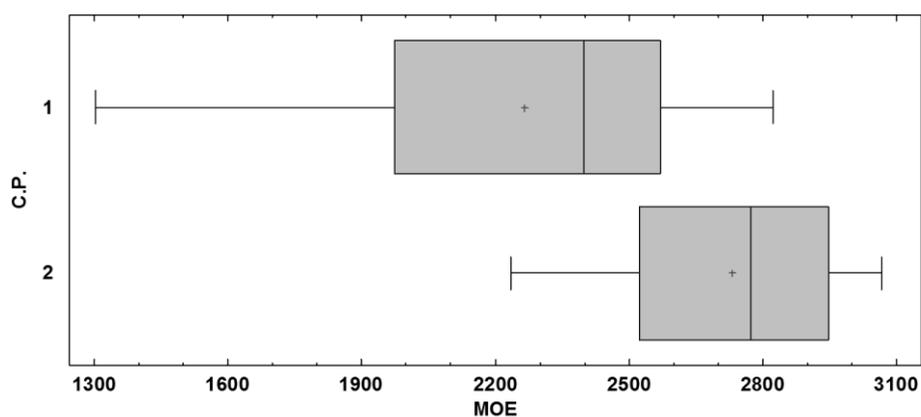


GRÁFICO 12 - BOXPLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DO MOE

No GRÁFICO 12 pode-se perceber uma maior variação dentro dos painéis testemunhas e maior uniformidade dentro dos painéis de resíduos. Os

painéis testemunhas (1) variaram o seu módulo de elasticidade 1302,42 MPa a 2823,56 MPa e os painéis de resíduos (2) variaram entre 2234,58 MPa a 3067,11 MPa.

Analisando os testes para modulo de elasticidade a partir da ANOVA, obtiveram-se os dados das TABELAS 21 e 22.

TABELA 21 - ANÁLISE ANOVA PARA MOE

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGNIFICANCIA DOS QUADRADOS	F – RELAÇÃO	P – IMPORTANCIA
Entre Grupos	1,30414E6	1	1,30414E6	9,84	0,0048
Dentro dos Grupos	2,91441E6	22	132473,		
Total	4,21855E6	23			

Tendo os dados do teste ANOVA é possível saber as diferenças estatísticas dentro dos grupos estudados.

TABELA 22 - ANÁLISE DE TUKEY PARA MOE

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICÂNCIA	HOMOGENIDADE DOS GRUPOS
Testemunha	12	2265,84	A
Resíduos	12	2732,06	B

*C.P.:Corpo de prova

Pelos dados é possível afirmar que houve diferença estatística dentre os painéis estudados, dentro de um nível de confiança de 95%. O limite estatístico dentre os grupos é de 308,156 e o encontrado é de 466,216, sendo superior e mostrando a não homogeneidade entre grupos.

Essa não homogeneidade era esperada pela qualidade dos materiais utilizados. Os painéis testemunhas são feitos de partículas de *Pinus* e, os de resíduos, a partir de madeiras degradadas e misto com *Pinus* e *Eucaliptus*, diferença essa que confere duas classes de materiais diferentes dentro de um mesmo grupo – painéis de madeiras aglomeradas.

O painéis estudados – testemunha (2265,84MPa) e de resíduos (2732,06MPa) – em comparação com os painéis comerciais (2450,00MPa) encontram-se em uma faixa de variação mínima podendo ser considerada como insignificante, logo o modulo de elasticidade dos painéis estudados e comerciais são compatíveis.

6.3.2. Modulo de Ruptura (MOR)

Para os testes de módulo de elasticidade obtiveram-se os resultados estatísticos expostos na TABELA 23, a seguir.

TABELA 23 - CONJUNTO ESTATÍSTICO PARA MOR

C.P.*	Nº DE C.P*	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	C.V.**	ASSIMETRIA	CURTOSE
Testemunha	12	17,995	3,79868	21,1096%	-0,945816	-0,384755
Resíduos	12	20,1008	2,42247	12,0516%	-1,52067	0,052994
Total	24	19,0479	3,29617	17,3046%	-2,04932	0,319224

*C.P.:Corpo de prova

**C.V.:Coeficiente de variação

Analisando a TABELA 23, percebe-se que o coeficiente de variância das médias dentro de cada grupo de painéis estudados é grande. Como é possível visualizar no GRÁFICO 13. Onde o modulo de ruptura dos painéis testemunha (1) encontram-se entre 11,1 MPa a 22,94 MPa e os painéis de resíduos (2) estão entre 15,25 MPa a 22,81 MPa.

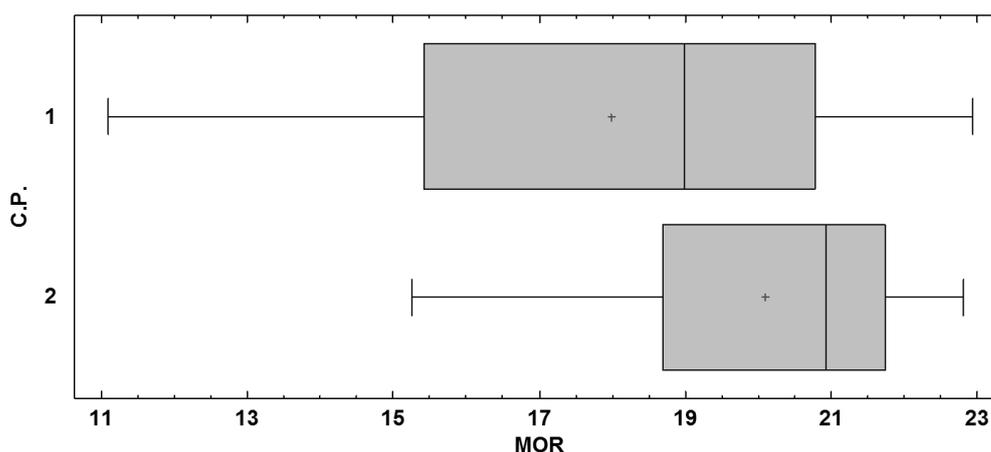


GRÁFICO 13 - BOXPLOT PARA VARIAÇÃO MÉDIA DO MOR

Para avaliar se há uma variação estatisticamente significativa usa-se da ferramenta ANOVA, onde os dados são expostos na TABELA 24.

TABELA 24 - ANÁLISE ANOVA PARA MOR

FORTE	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGNIFICÂNCIA DOS QUADRADOS	F - RELAÇÃO	P - IMPORTÂNCIA
Entre Grupos	26,6072	1	26,6072	2,62	0,1197
Dentro dos Grupos	223,281	22	10,1491		
Total	249,888	23			

Com o teste ANOVA é possível definir as variações com 95% de certeza, apresentadas na TABELA 25.

TABELA 25 - ANÁLISE DE TUKEY PARA MOR

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICÂNCIA	HOMOGENEIDADE DOS CORPOS
Testemunha	12	17,995	A
Resíduos	12	20,1008	A

*C.P.:Corpo de prova

Dentro de uma confiabilidade de 95% não há diferença entre nenhum painel estudado. O limite estatístico entre ambos os grupos é de 2,69726 e foi

encontrada uma diferença de 2,10583, o que mostra não haver diferenças significativas para os testes de MOR.

Comparando os painéis testemunha (17,99MPa) e o de resíduos (20,10MPa) com os painéis comerciais (16,00MPa) pode-se dizer que os painéis estudados possuem maior resistência a ruptura que os painéis comerciais.

6.3.3. Ligação Interna

Para os testes de ligação interna obtiveram-se os seguintes resultados estatísticos, demonstrados na TABELA 26.

TABELA 26 - CONJUNTO ESTÁTISTICO PARA LIGAÇÃO INTERNA

C.P.*	Nº de C.P.*	Média	Desvio Padrão	C.V**	Assimetria	Curtose
Testemunha	24	0,387	0,090	23,400%	0,183	-0,450
Resíduos	23	0,393	0,103187	26,221%	-1,591	0,552
Total	47	0,390	0,0959	24,588%	-1,149	-0,003

*C.P.: Corpo de Prova

**C.V.: Coeficiente de variação

Os dados também possuíram um elevado coeficiente de variação das, como pode ser visualizado no GRÁFICO 14, onde é apresentada a relação entre as médias dos painéis. O valores par ligação interna (MPa) variou entre 0,16 MPa a 0,58 MPa, tendo uma média de 0,39MPa.

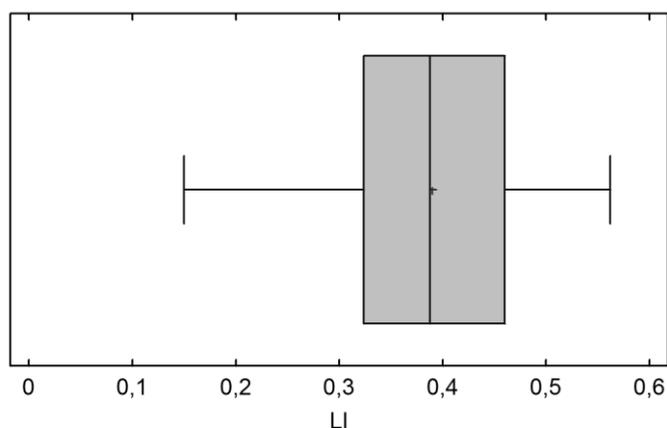


GRÁFICO 14 - GRÁFICO DE CAIXA PARA VARIAÇÃO MÉDIA DE LIGAÇÃO INTERNA

Para o teste ANOVA e Tukey obtiveram-se os dados nas TABELAS 27 e 28.

TABELA 27 - ANÁLISE ANOVA PARA LIGAÇÃO INTERNA

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS	DF	SIGNIFICADO DOS QUADRADOS	F-FUNÇÃO	P - IMPORTANCIA
Entre grupos	0,001	1	0,0005	0,05	0,8167
Dentro dos grupos	0,423	45	0,0093		
Total	0,423	46			

TABELA 28 - ANÁLISE DE TUKEY PARA LIGAÇÃO INTERNA

C.P.*	CONTAGEM	SIGNIFICANCIA	HOMOGENIDADE DOS GRUPOS
Resíduos	24	0,387	A
Testemunha	23	0,393	A

*C.P.:Corpo de prova.

Analisando as tabelas acima é possível verificar que não há diferenças estatísticas significantes nos grupos estudados, dentro de um meio com 95% de confiança.

Os dois grupos não apresentaram variação estatística por não possuírem grande variação de massa específica, dentro dos parâmetros estatísticos. A massa específica é um dos parâmetros de maior influência para os resultados de ligação interna. Os valores médios obtidos (0,39 MPa) atendem os parâmetros impostos pela Norma Europeia EN 312 (1993), que delimita um valor mínimo de 3,57 kgf/cm² (0,35MPa) para valores de ligação interna em painéis aglomerados.

7. CONCLUSÃO

- Os painéis, nos dois tratamentos, incluindo as testemunhas, não apresentaram diferença significativa de densidade. As densidades dos painéis estudados mostraram-se superiores aos painéis comerciais.
- Para os testes de absorção em imersão, por 2h, os painéis testemunha estudados apresentaram diferenças estatísticas
- Os painéis estudados encontram-se em uma faixa para absorção de água, em 2h de imersão, equivalente aos dos painéis comerciais.
- Para os testes de absorção de água, em imersão por 24h, não apresenta diferença estatística entre os painéis estudados.
- Os painéis estudados possuem coeficientes de absorção de água elevados, comparados aos coeficientes de absorção de água nos painéis de *Pinus* comerciais. Mas encontram na faixa mínima da norma, de 35%.
- Para os testes de inchamento em espessura, em imersão por 2h, não apresentaram diferenças estatísticas.
- Os painéis estudados apresentaram, para inchamento em imersão por 2h, altos valores, se comparados aos coeficientes dos painéis comerciais.
- Os painéis estudados não apresentam diferença estatística para os testes de inchamento em espessura por imersão por 24h
- Os painéis estudados encontram-se na mesma faixa de inchamento em espessura que os painéis comerciais
- Os painéis de resíduos apresentaram diferenças significativas para os testes de modulo de elasticidade, em comparação com os painéis testemunha. Devido à qualidade da matéria prima madeira utilizada.
- Os painéis encontraram-se na faixa dos painéis comerciais, para os testes de modulo de elasticidade.
- Os painéis não apresentam diferença estatística, para os testes de modulo de ruptura.

- Os painéis estudados apresentam maior resistência a ruptura que os painéis comerciais. Provavelmente influenciado pela maior densidade e, presume-se que a consolidação destes painéis tenha sido efetiva.
- Para os módulos de ruptura e modelo de elasticidade, os painéis a base de resíduos, e os painéis testemunhas, obtiveram valores superiores aos valores mínimos exigidos pela norma brasileira NBR 14. 810 da ABNT (2006), confirmando, então, a resistência mínima necessária para os painéis serem usados comercialmente. Provavelmente, influenciado pela maior densidade e, presume-se, que a consolidação destes painéis tenha sido efetiva.
- Pelos testes feitos, e resultados obtidos, a viabilidade técnica de painéis confeccionados, a partir de resíduos de paletes em *Pinus* e *Eucaliptos*, é compatível com a viabilidade dos painéis testemunha, confeccionados em *Pinus*, e com dados encontrados sobre painéis comercializados de mesmas características.

REFERENCIAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. de. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Curitiba: [s.n.], 2009. 29 p. (PROJETO PNUD BRA 00/20 - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental). Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao10012011032535.pdf. Acesso em: maio 2014

CALEGARI, L. et al. Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 193-204, jun. 2004. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/1793/1059>. Acesso em: 14 maio 2014.

FREIRE, C. de S. et al. Propriedades físicas de painéis aglomerados comerciais confeccionados com bagaço de cana e madeira. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 178-185, abr./jun. 2011. Disponível em: <http://www.floram.org/files/v18n2/v18n2a8.pdf>. Acesso em: 23 set. 2014.

GESTÃO de Resíduos Sólidos na Indústria Madeireira. **Revista da Madeira Wood Magazine**, Curitiba, n. 77, nov. 2003. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=467&subject=Res%Edduos&title=Gest%E3o%20de%20res%Edduos%20s%F3lidos%20na%20ind%Fastria%20madeireira. Acesso em: 23 maio 2014.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-uréia-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 323-328.

MATTOS, R. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. DAS. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **BNDS Setorial**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2706.pdf. Acesso em: set. 2014.

NAPOLI, L. M. et al. Propriedades físicas da madeira e de painéis aglomerados produzidos com mistura de espécies florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 475-484, jul/set. 2013.

SETSUIO, A. I. Painéis. **Revista da Madeira Wood Magazine**, Curitiba, n. 68, dez. 2002. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=268&subject=Pain%C3%A9is&title=Pain%C3%A9is>. Acesso em: jul. 2014.

SOUZA, A. C. **Cavacos gerados a partir dos tacos**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, A. C. **Classificação final das partículas para formação do colchão separadas das partículas oversize**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, A. C. **Corpos de prova para testes de flexão estática**. 2015. 1 fotografia, color., digital. SOUZA, A. C. **Corpos de prova para testes de inchamento em espessura, absorção de água e ligação interna**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, A. C. **Corpos de prova imersos para testes de absorção de água e inchamento em espessura**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, A. C. **Finos retirados na primeira peneira 0,6 mm**. 2015. 1 fotografia, color., digital. SOUZA, A. C. **Formação do colchão**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, A. C. **Moagem nas malhas de 13 mm e peneira de 6 mm**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, A. C. **Tacos obtidos da redução das embalagens de madeira**. 2015. 1 fotografia, color., digital. SOUZA, A. C. **Teste de flexão estática**. 2015. 1 fotografia, color., digital.

SOUZA, K. B. et al. Comparação das propriedades físicas de painéis aglomerados de Pinus de origem industrial e laboratorial. **Scientia Plena**, Piauí, v. 8, n. 4, 2012. Disponível em: <<http://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/viewFile/996/520>>. Acesso em: 23 set. 2014.

SOUZA JUNIOR, N. D. **Qualidade de superfície na produção de peças S2S no setor de usinagem de uma indústria de molduras de pinus**. 40 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/tccpublicados/tccnelsondiogo.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2014.

TEIXEIRA, M. G. **Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira**. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_marcelo_g_teixeira.pdf>. Acesso em: maio 2014.

Torquato, L. P. **Caracterização dos painéis MDF comerciais produzidos no Brasil.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

WEBER, C. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos de compensados, mdf e mdp para produção de painéis aglomerados.** 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

APENDICE

FIGURA 2 - TACOS OBTIDOS DA REDUÇÃO DAS EMBALAGENS DE MADEIRA

Fonte: o autor. 2015, a.



FIGURA 3 - CAVACOS GERADOS A PARTIR DOS TACOS.

Fonte: o autor. 2015, b.



FIGURA 4 - MOAGEM NAS MALHAS DE 13 mm E PENEIRA DE 6 mm
Fonte: o autor. 2015, c.



FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO FINAL DAS PARTICULAS PARA FORMAÇÃO DO COLCHÃO SEPARADAS DAS PARTICULAS OVERSIZE Fonte: o autor. 2015, d.

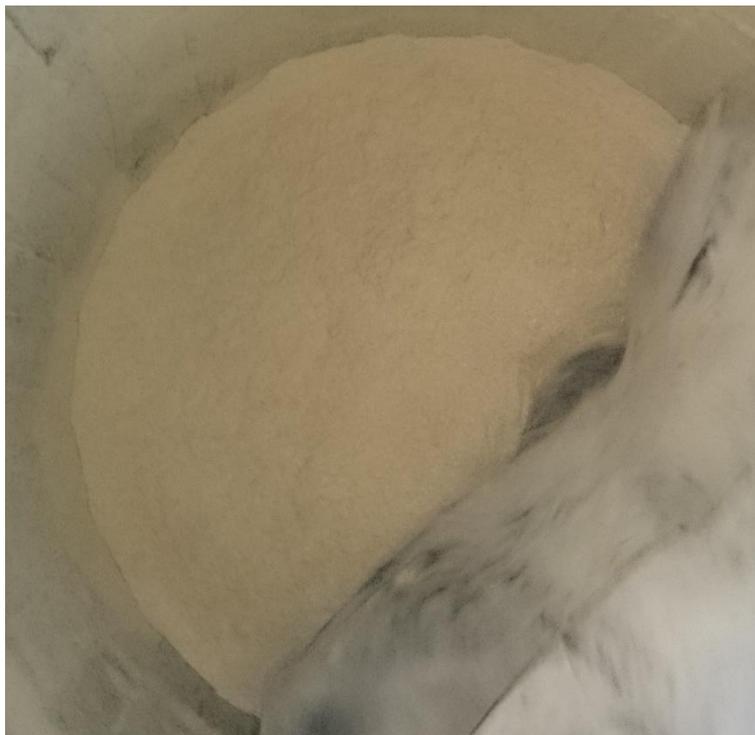


FIGURA 6 - FINOS RETIRADOS NA PRIMEIRA PENEIRA 0,6 mm
Fonte: o autor. 2015, e.



FIGURA 7 - FORMAÇÃO DO COLCHÃO
Fonte: o autor. 2015, f.



FIGURA 8 - CORPOS DE PROVA PARA TESTES DE FLEXÃO ESTÁTICA
Fonte: o autor. 2015, g.

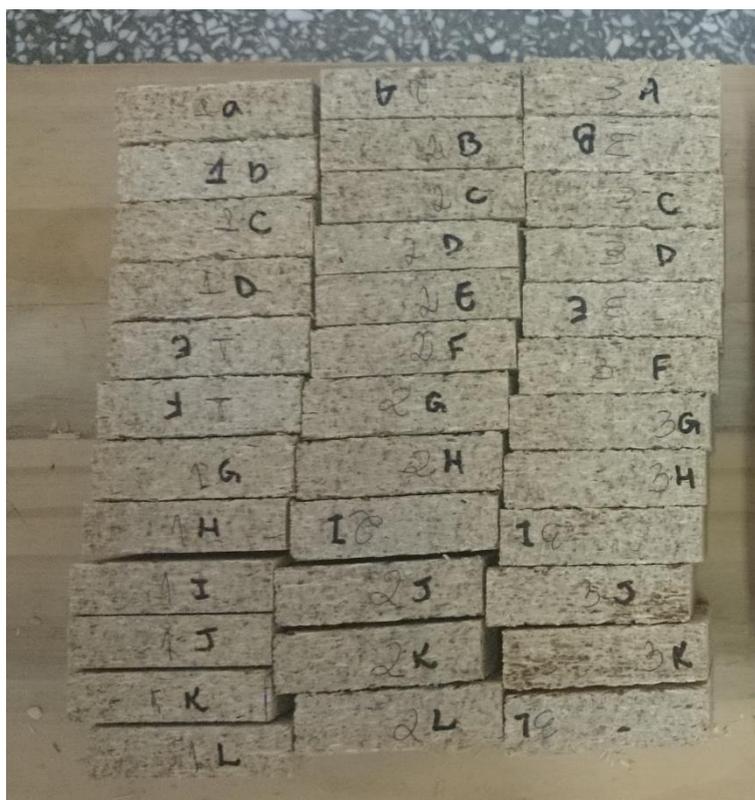


FIGURA 9 - CORPOS DE PROVA PARA TESTES DE INCHAMENTO EM ESPESSURA, ABSORÇÃO DE ÁGUA E LIGAÇÃO INTERNA
Fonte: o autor. 2015, h.

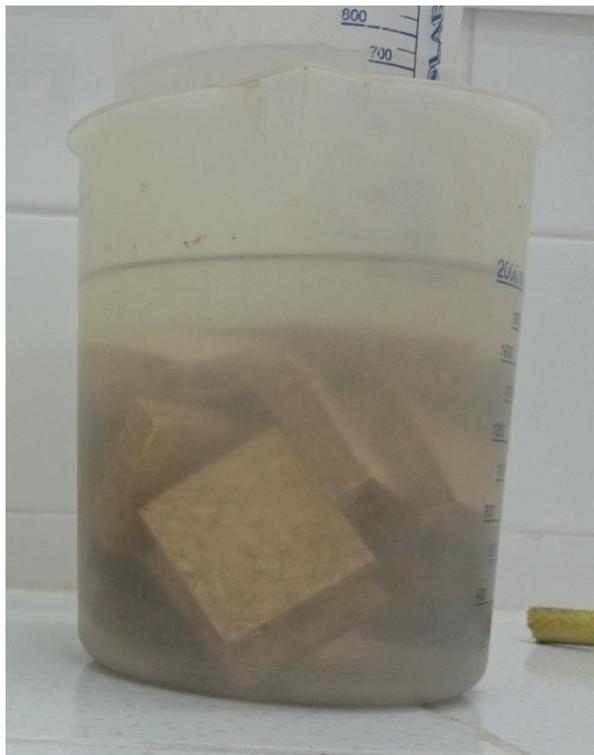


FIGURA 10 - CORPOS DE PROVA IMERSOS PARA TESTES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA
Fonte: o autor. 2015, i.



FIGURA 11 – TESTE DE FLEXÃO ESTÁTICA
Fonte: o autor. 2015, j.

Detalhamento de cálculos

Visando confeccionar painéis de $0,7 \text{ g/cm}^3$ com dimensões de $50 \times 38 \times 1,3 \text{ cm}$, totalizando 2470 cm^3 quando numa umidade de 12%, as constituições dos painéis serão:

- 100% de partículas secas (Ps);
- 8% de resina (SR);
- 12% água (AG);
- 1% parafina (PR);
- Totalizando 121% do peso seco.

As partículas estavam, inicialmente, a 5% de umidade, sendo esta a base de cálculos. A rotina de cálculos seguiu o formulário a seguir:

TABELA 29 - FORMULÁRIO PARA CALCULO DE RESINA E ADITIVO

VARIÁVEL	FÓRMULA
Peso da chapa (12% umidade)	$P = \frac{D_c}{V}$
Peso seco	$P_s = \frac{2470}{121} \times 100$
Peso resina	$SR = \frac{2470}{8} \times 100$
Peso de água	$AG = \frac{2470}{12} \times 100$
Peso de parafina	$PR = \frac{2470}{1} \times 100$
Quantidades de partículas úmidas	$PU = P_s \times \left(1 + \frac{T_u}{100}\right)$
Quantidade de Resina Líquida	$RL = \frac{SR}{T_s} \times 100$
Quantidade de Catalisador Sólido	$CL = \frac{CS}{25} \times 100$
Quantidade de Parafina	$Pr = \frac{21}{SP} \times 100$

Sendo:

- P: peso da chapa;
- Dc: densidade esperada da chapa (0,7 g/cm³);
- V: volume por chapa (2470 cm³);
- Ps: partículas secas (2042 g);

- SR: sólido resinoso (164g);
- AG: água (245g);
- PR: peso parafina (21g);
- PU: peso partículas úmidas (2144g);
- Tu: teor de umidade (5%)
- RL: Resina líquida (253g);
- Ts: teor de sólidos (65%)
- Cs: sólidos em catalisador (2g);
- CL: Catalisador (3,3g);
- Pr: quantidade de parafina (31g);

Sobre os valores calculados foram consideradas 15% de perdas, tendo então os valores utilizados para a formação dos colchões a seguir:

- Partículas úmidas: 2470 g;
- Resina Líquida: 291g;
- Catalisador: 3,8g;
- Parafina: 36g;

Totalizando o peso do colchão em 2441 g.

Com esses parâmetros foram confeccionados três painéis á base de resíduos de paletes de madeira e três painéis testemunha.