

CARLA PRISCILLA TÁVORA CABRAL

**PROPRIEDADES DE CHAPAS TIPO AGLOMERADO E OSB,  
FABRICADAS COM PARTÍCULAS E FLOCOS DE MADEIRA DE  
*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e  
*Pinus elliottii*.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2005

CARLA PRISCILLA TÁVORA CABRAL

PROPRIEDADES DE CHAPAS TIPO AGLOMERADO E OSB, FABRICADAS  
COM PARTÍCULAS E FLOCOS DE MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus*  
*urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*.

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Ciência Florestal, para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de maio de 2005.

---

Prof. Ricardo Marius Della Lucia  
(Conselheiro)

---

Prof. Alexandre Santos Pimenta  
(Conselheiro)

---

Prof. Carlos Pedro Boechat Soares

---

Pesq. Ana Márcia M. L. Carvalho

---

Prof. Benedito Rocha Vital  
(Orientador)

## **Dedico**

**Aos meus pais,**

**Jorge de Oliveira Cabral e Joselina de Siqueira Távora Cabral**

**A minha irmã,**

**Claudia.**

**Ao meu amado,**

**Vinícius.**

*"Se eu pudesse deixar algum presente a você, deixaria aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos. A consciência de aprender tudo o que foi ensinado pelo tempo a fora. Lembraria os erros que foram cometidos para que não mais se repetissem. A capacidade de escolher novos rumos. Deixaria para você, se pudesse, o respeito àquilo que é indispensável: Além do pão, o trabalho. Além do trabalho, a ação. E, quando tudo mais faltasse, um segredo: O de buscar no interior de si mesmo a resposta e a força para encontrar a saída."*

(Gandhi)

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, fonte suprema de conhecimento e inspiração.

Ao professor Benedito Rocha Vital, pelo conhecimento, orientação, dedicação, amizade e paciência.

À Universidade Federal de Viçosa e ao CNPq pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores Ricardo Marius Della Lucia e Alexandre Santos Pimenta, pela amizade e aconselhamento.

A pesquisadora Ana Márcia M. L. Carvalho, aos professores Carlos Pedro Boechat Soares e José de Castro Silva pelas sugestões.

Aos amigos Fernando, Aderlan, Gilson, Angélica de Cássia, Graziela, Roberta, Pedro, Carlos, Andréa e Wescley.

Aos funcionários do Laboratório de Painéis e Energia da Madeira, Hésio, “Maninho”, “Cida” e Aristeu.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira, Osvaldo e Gilberto.

Às empresas CAF, Gerdau e Plantar, pela doação das madeiras para a realização desta pesquisa.

A todos os amigos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

CARLA PRISCILLA TAVORA CABRAL, filha de Jorge de Oliveira Cabral e Joselina de Siqueira Távora Cabral, nasceu em 29 de Fevereiro de 1976, em Juiz de Fora-MG.

Cursou o ensino fundamental e o ensino médio em Juiz de Fora.

Em março de 1998, ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa. Em março de 2003, iniciou o programa de pós-graduação em Ciência Florestal, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, obtendo o título de mestre em maio de 2005.

## CONTEÚDO

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Aglomerados.....	5
2.1.1. Definição.....	5
2.1.2. Histórico.....	5
2.1.3. Utilizações e vantagens do aglomerado em relação à madeira serrada .....	6
2.2. OSB (Oriented Strand Board).....	7
2.2.1. Definição.....	7
2.2.2. Requisitos para a fabricação do OSB .....	8
2.2.3. Utilizações do OSB.....	9
2.3. Resíduos Florestais .....	10
2.4. A Indústria Brasileira de Painéis de Madeira .....	13
2.5. Acetilação .....	16
2.5.1. Reações de esterificação.....	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1. Aglomerado .....	30
A) Densidade .....	30
B) Teor de Umidade .....	31

C) Adsorção de vapor de água .....	33
D) Inchamento em espessura.....	35
E) Expansão linear .....	37
F) Dureza Janka .....	39
G) Arrancamento de parafuso .....	41
H) Compressão longitudinal.....	43
I) Tração Perpendicular .....	44
J) Módulo de Ruptura (MOR).....	46
K) Módulo de Elasticidade (MOE).....	48
4.2. OSB .....	50
A) Densidade .....	50
B) Umidade.....	51
C) Adsorção de água.....	53
D) Inchamento em espessura.....	54
E) Expansão Linear .....	55
F) Dureza Janka .....	58
G) Tração Perpendicular.....	59
H) Arrancamento de Parafuso .....	61
I) Compressão longitudinal .....	62
J) Módulo de Ruptura (MOR).....	65
K) Flexão Estática (MOE) .....	67
5. CONCLUSÕES.....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
APÊNDICE A.....	76
APÊNDICE B.....	79



## RESUMO

CABRAL, Carla Priscilla Távora Cabral, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Maio de 2005. **Propriedades de Chapas Tipo Aglomerado e OSB Fabricadas com Partículas e Flocos de Madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus elliottii*.** Orientador: Benedito Rocha Vital. Conselheiros: Ricardo Marius Della Lucia e Alexandre Santos Pimenta.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades de chapas de madeira aglomerada e de painéis OSB (oriented strand board). Foram utilizadas três espécies do gênero *Eucalyptus* (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus cloeziana*) oriundas dos municípios de Ponte Alta (Região do Vale do Rio Doce) e Três Marias (Região de Cerrado), no Estado de Minas Gerais. As densidades apresentadas pelas três espécies de eucaliptos, das duas regiões foram respectivamente: 0,55, 0,61, 0,70 g/cm<sup>3</sup> e 0,56, 0,58 e 0,69 g/cm<sup>3</sup>. Foi utilizada na constituição das chapas uma porcentagem de madeira de *Pinus elliottii*, oriundo da cidade de Viçosa, com densidade de 0,45 g/cm<sup>3</sup>, para manter as densidades próximas de 0,70 g/cm<sup>3</sup>. As chapas de aglomerado foram fabricadas empregando-se partículas de resíduos (maravalhas) e de flocos, ambas processadas em moinho de martelo, apresentando as seguintes dimensões, respectivamente: 0,74 x 9,14 mm e 1,19 x 5,55 mm. De acordo com as dimensões apresentadas, os coeficientes de esbeltez foram de 12,35 (partículas de flocos) e 4,66 (partículas de resíduo). Os flocos foram oriundos de tábuas e costaneiras, apresentando dimensões de 20,00 x 0,46 x 90,00 mm. O adesivo utilizado para a confecção das chapas de aglomerado foi o de uréia-formaldeído e, para as chapas de OSB, fenol-formaldeído; ambos foram

empregados na proporção de 8% de sólidos resinosos do adesivo, em relação à massa seca de partículas. Parte das chapas de OSB foi fabricada com flocos de eucaliptos acetilados. As chapas foram prensadas à temperatura de 170°C e 32 kgf/cm<sup>2</sup> de pressão. Os painéis foram testados segundo as normas da ABNT NBR 14810-3 (2002) e ASTM-D 1037 (1991). Os resultados foram comparados utilizando-se as normas ANSI/A – 208.1 (1993) e CSA 0437-93 (1993). Os painéis de aglomerado que apresentaram as maiores médias nos testes físicos foram fabricados com partículas com maior coeficiente de esbeltez, procedentes da região do Vale do Rio Doce. Para dureza Janka e compressão longitudinal, as maiores médias foram obtidas para os produzidos com partículas com menor coeficiente de esbeltez, e, o contrário foi observado para os testes de tração perpendicular, módulo de ruptura e módulo de elasticidade. Os painéis fabricados com madeira da região do Cerrado apresentaram maiores médias para os ensaios de compressão longitudinal, tração perpendicular e módulo de ruptura. As espécies que apresentaram as maiores médias foram: *Eucalyptus cloeziana* (dureza Janka e arrancamento de parafuso), *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla* (tração perpendicular, módulo de ruptura e módulo de elasticidade). As chapas acetiladas apresentaram menores médias para os testes físicos. Contudo, a acetilação reduziu a resistência à tração perpendicular, onde as chapas com 100% de flocos acetilados apresentaram resultados inferiores ao estipulado pela norma CSA 0437-0/93 (1993). Também, para os testes de arrancamento de parafuso, módulo de ruptura (sentido paralelo e perpendicular) e compressão longitudinal (sentido perpendicular), a acetilação exerceu efeito negativo nas chapas que tiveram 100% dos seus flocos acetilados, sendo estes fabricados com madeira de *Eucalyptus grandis*. As espécies que apresentaram, numericamente, as maiores médias foram: *Eucalyptus grandis* não-acetilado (dureza Janka) e *Eucalyptus cloeziana* misturado com *Pinus* sp (módulo de ruptura). Somente a resistência à compressão longitudinal foi afetada pela região de origem da madeira. Os painéis fabricados com madeira de *Eucalyptus urophylla*, da região do Cerrado, tiveram médias inferiores aos das chapas feitas com a mesma espécie, da região do Vale do Rio Doce.

## ABSTRACT

CABRAL, Carla Priscilla Távora, M.S., Universidade Federal de Viçosa, May, 2005. **Properties of particleboards manufactured with wood particles of *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus cloeziana* and *Pinus elliottii*.** Adviser: Benedito Rocha Vital. Committee members: Ricardo Marius Della Lucia and Alexandre Santos Pimenta.

The aim of this present paper was to evaluate the properties of particleboards and OSB boards (oriented strand board). Three species of the *Eucalyptus* genus (*Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus cloeziana*) were used, proceeding from the municipalities of Ponte Alta (Vale do Rio Doce Region) and the municipality of Três Marias (Cerrado Region), in the state of Minas Gerais. The densities presented by the three species of *Eucalyptus*, from the two regions, were respectively: 0.55, 0.61, 0.70 g/cm<sup>3</sup> and 0.56, 0.58 and 0.69 g/cm<sup>3</sup>. In the formation of the boards, one used a wood percentage of *Pinus elliottii*, proceeding from the city of Viçosa, with a density of 0.45 g/cm<sup>3</sup>, in order to keep the densities close to 0.70 g/cm<sup>3</sup>. The particleboards were manufactured using residues (wood chips) and flakes particles, both processed in a hammer mill, presenting the following dimensions, respectively: 0.74 x 9.14 mm and 1.19 x 5.55 mm. According to the dimensions presented, the coefficients of slenderness were of 12.35 (flakes particles) and 4.66 (residues particles). The flakes were derived from boards and slab, presenting dimensions of 20.00 x 0.46 x 90.00 mm. The adhesive used for the manufacturing of the particleboards was the one of Urea-formaldehyde and, for the OSB boards, phenol-formaldehyde; both were applied at the rate of 8% of solids, as related to the dry mass of particles. Part of the OSB boards was manufactured with flakes of acetylated *Eucalyptus*. The boards were pressed at the temperature of 170°C and 32 kgf/cm<sup>2</sup> of pressure. The boards were

tested according to the norms of ABNT NBR 14810-3 (2002) and ASTM-D 1037 (1991). The results were compared using the ANSI/A – 208.1 (1993) and CSA 0437-93 (1993) norms. The particleboards that presented the highest averages in the physical tests were manufactured with particles with a higher coefficient of slenderness, proceeding from the Vale do Rio Doce region. For Janka hardness and parallel compression, the highest averages were those of the boards with particles with the lowest coefficient of slenderness and the opposite was observed for the tests of perpendicular traction, rupture and elasticity. The boards manufactured with wood from the Cerrado region presented higher averages for the tests of parallel compression, perpendicular traction and rupture. The species that presented the highest averages were: *Eucalyptus cloeziana* (Janka hardness and screw pulling), *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus urophylla* (perpendicular traction, rupture and elasticity). The acetylated boards presented lower averages for the physical tests. However, there was reduction in the resistance to the perpendicular traction, in which the boards with 100% of acetylated flakes presented results inferior to the stipulated by the CSA 0437-0/93 (1993) norm. Also, for the tests of screw pulling, rupture (parallel and perpendicular) and parallel compression (perpendicular direction), the acetylation had a negative effect on the boards that had 100% of their flakes acetylated, those being manufactured with *Eucalyptus grandis* wood. The species that presented, numerically, the highest averages were: no acetylated *Eucalyptus grandis* (Janka hardness) and *Eucalyptus cloeziana* mixed with *Pinus* sp (rupture module). Only resistance to parallel compression was affected by the wood origin region. The boards manufactured with *Eucalyptus urophylla* wood, proceeding from the Cerrado region, had averages lower than those of the boards made of the same species, yet, proceeding from the Vale do Rio Doce region.

## 1. INTRODUÇÃO

O desdobro de toras apresenta rendimentos em madeira serrada que variam de 38 a 65%; conseqüentemente a porcentagem de resíduos varia de 35 a 62%. Tais variações dependem do diâmetro das toras, dos equipamentos e dos métodos utilizados para o desdobro da madeira. Os resíduos são formados por costaneiras (14 a 25%), aparas (6 a 30%) e serragem (10 a 15%) (BORGES, 1993). O processamento tradicional da madeira, nas marcenarias e fábricas de móveis, produz mais resíduos. Usualmente, de cada 100 m<sup>3</sup> de toras que chegam à serraria, apenas 30 m<sup>3</sup> são, efetivamente, transformados em móveis. Além disso, a casca das árvores, que representa, pelo menos, 13% do volume, não é utilizada nos processos industriais, exceto, para a geração de energia.

Em outros países, como Estados Unidos, Canadá e alguns países da Europa, os resíduos das serrarias e laminadoras são aproveitados para a fabricação de chapas de compósitos, integrando a indústria de base florestal. A atual diversidade de chapas, composta pelo aglomerado, chapas de fibra, MDF e OSB, permite que os resíduos, com diferentes dimensões, possam ser aproveitados. Além disso, é possível utilizar materiais não madeireiros na fabricação dos compósitos (MALONEY, 1993). Por razões de ordem cultural e técnica isso não acontece no Brasil, ocasionando problemas ambientais e impedindo um melhor aproveitamento da madeira.

Embora seja uma prática tradicional em diversos países, a utilização de resíduos da indústria madeireira depende das suas dimensões e, também, do tipo de

chapa a ser fabricada. As menores restrições ao uso desses resíduos partem da indústria de aglomerado que emprega partículas com geometria e dimensões diferentes. Os flocos empregados na fabricação das chapas do tipo OSB, são, normalmente, produzidos a partir de madeira roliça. Por serem longos, é possível, no entanto, produzir flocos de boa qualidade a partir de resíduos de maiores dimensões, como das costaneiras. Considerando a variabilidade das propriedades da madeira nos sentidos radial e longitudinal do tronco (PANSHUN e De ZEUIW, 1980; TSOUMIS, 1991), é de se esperar que ocorram diferenças nas propriedades das chapas produzidas, a partir de uma árvore integral ou de partes localizadas da árvore.

As propriedades das chapas de aglomerado e OSB dependem, dentre outros fatores, de alguns parâmetros da matéria-prima, tais como, densidade, estabilidade dimensional, acidez e capacidade-tampão (MALONEY, 1993). A densidade é o fator mais limitante e a indústria, normalmente, trabalha com madeiras com densidades inferiores a  $0,60 \text{ g/cm}^3$  (MALONEY, 1993). Densidades superiores a  $0,60 \text{ g/cm}^3$ , normalmente, não são aceitas para a fabricação de chapas de compósitos porque produzirão chapas com densidades superiores àquelas aceitas pelo mercado. Madeiras com elevada variação dimensional, como é o caso do gênero *Eucalyptus*, podem ocasionar tensões nos pontos de cola, contribuindo para a desagregação das chapas (KELLY, 1977).

Segundo VITAL (1973), a mistura de madeiras de diferentes densidades se apresenta como alternativa para o aproveitamento de madeiras mais densas, resultando em chapas com densidade e propriedades aceitáveis pelo mercado.

A estabilidade dimensional pode ser melhorada, tratando-se as partículas com agentes estabilizantes (ROWELL et al., 1986).

No Estado de Minas Gerais, a SATIPEL é a única fábrica de chapas de madeira reconstituída. A maioria dos painéis de madeira consumidos em Minas Gerais é importada de outros estados. Segundo o BNDES (2002), a estimativa da demanda brasileira de painéis de madeira reconstituída para o período 2002/2005 deverá apresentar uma taxa média de crescimento em torno de 10% para o

aglomerado e, de 17%, para o MDF. O OSB não foi considerado porque ainda não há informações suficientes sobre o seu mercado no Brasil, uma vez que a primeira fábrica entrou em produção, em dezembro de 2001. Empregando esta taxa de crescimento, o BNDES estima que a demanda de chapas de aglomerado, a partir de 2005, será superior à oferta projetada. Para o MDF, o equilíbrio entre oferta e demanda dependerá de novos nichos de mercado como, por exemplo, a exportação. Segundo IWAKIRI (1999), a utilização de chapas OSB tem crescido significativamente, para finalidades antes exclusivas aos compensados, em virtude de fatores, tais como:

- 1- Redução da oferta de toras de boa qualidade para a laminação;
- 2- Utilização de toras de qualidade inferior;
- 3- As dimensões das chapas OSB dependem da tecnologia de produção e não do comprimento das toras.

Para o Estado de Minas Gerais, a construção de fábricas de madeira reconstituída, poderá contribuir para a redução da importação deste produto além da geração de emprego e renda. Considerando que a implantação e o funcionamento de uma planta deste tipo demora algum tempo, é conveniente que o Estado estabeleça metas para uma base florestal que dê sustentabilidade ao futuro empreendimento, incluindo a caracterização das madeiras disponíveis.

Diante do exposto anteriormente, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar as propriedades de chapas de madeira aglomerada e OSB, fabricadas com madeira de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla*, misturadas com madeira de *Pinus*.

Os objetivos específicos são:

- i. Determinar as propriedades de chapas do tipo aglomerado, produzidas com resíduos de serraria;
- ii. Determinar as propriedades de chapas do tipo OSB, produzidas com costaneiras e madeiras das extremidades das toras com menor diâmetro e não passíveis de desdobro;

- iii. Determinar o efeito da acetilação nas propriedades das chapas do tipo OSB;
- iv. Determinar a viabilidade técnica de se produzir chapas com densidade homogênea, adicionando-se partículas de *Pinus elliottii* às partículas de eucalipto.



## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Aglomerados**

#### **2.1.1. Definição**

Aglomerado (*particleboard*) é um painel manufaturado a partir de partículas de madeira ou de outro material ligno-celulósico unidas com um aglutinante e um ou mais dos seguintes agentes: calor, pressão, umidade, catalisador etc. (BRASIL, 2002).

Segundo CARNOS (1988), os painéis aglomerados são um produto composto de fragmentos de madeira ou outro material lignocelulósico, que são unidos por adesivos de resina sintética, em presença de calor e pressão. Os fragmentos de madeira são, geralmente, formados por fibras e partículas, dispostas aleatoriamente, gerando as chapas de partículas aglomeradas convencionais.

#### **2.1.2 Histórico**

As chapas de partículas de madeira aglomerada surgiram na Alemanha, no início da década de 1940, como forma de viabilizar a utilização de resíduos, face à dificuldade de obtenção de madeira de boa qualidade para a produção de lâminas para compensados, devido ao isolamento do país durante a Segunda Guerra Mundial.

A produção foi paralisada pouco tempo depois, devido a indisponibilidade de adesivo, tendo em vista a prioridade de uso de petróleo para finalidade militar. Ao final da guerra, em 1946, o desenvolvimento do processo foi retomado nos Estados Unidos, com aperfeiçoamento dos equipamentos e processos produtivos. A partir da década de 60, houve uma grande expansão nas instalações industriais e avanços tecnológicos, que culminaram no desenvolvimento de chapas estruturais do tipo waferboard e OSB, que passaram a ser produzidas comercialmente na década de 70 e, atualmente, estão difundidas pelo mundo (MENDES, 2003).

No Brasil, a produção de aglomerado iniciou-se em 1966; o MDF e o OSB passaram a ser produzidos a partir de 1998 e 2002, respectivamente. As matérias-primas mais utilizadas no Brasil são as madeiras do gênero *Eucalyptus* e madeiras do gênero *Pinus*, em função, principalmente, da facilidade do manejo e do seu rápido crescimento (BENADUCE, 1998).

### **2.1.3. Utilizações e vantagens do aglomerado em relação à madeira serrada**

Atualmente, o aglomerado é muito utilizado pelos setores de mobiliário, embalagens, caixas acústicas, indústria automobilística, enchimento de portas, divisórias e revestimentos.

Entre as principais vantagens de se utilizar o aglomerado, citam-se:

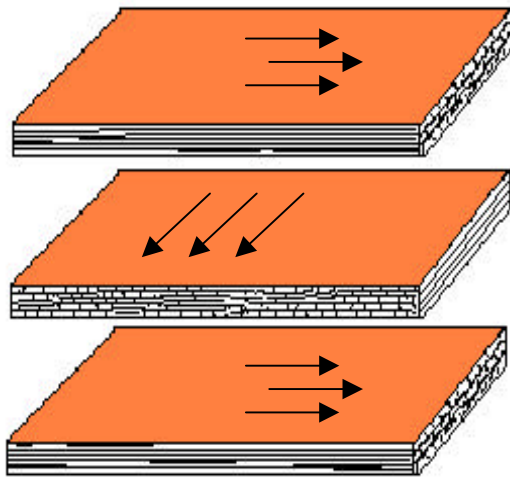
- . Pode ser produzido com resíduos de indústrias que trabalham com outros produtos de madeira;
- . Podem ser produzidos painéis de elevada espessura e grande estabilidade;
- . Podem ser produzidos painéis em grandes dimensões, sendo que o fator limitante para o processo é a dimensão da prensa;
- . As chapas podem ser moldadas durante sua formação;
- . Não há necessidade de orientação das partículas na formação do colchão,

## 2.2. OSB (Oriented Strand Board)

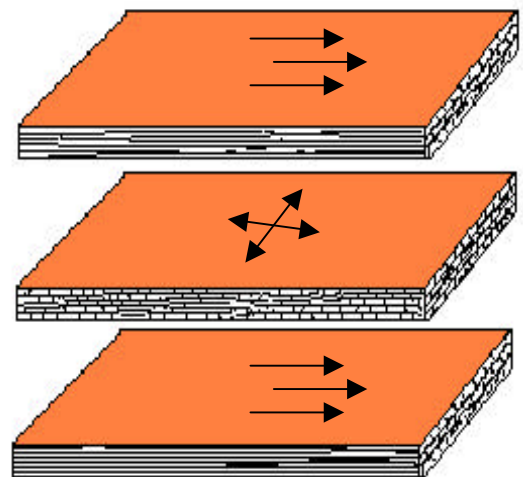
### 2.2.1. Definição

Segundo MALONEY (1996), OSB é um painel reconstituído de partículas orientadas de madeira, unidas com resina à prova d'água sob prensagem a quente, tornando-o um painel com alta resistência mecânica e grande rigidez. O painel é ideal para construções, embalagens, móveis e decorações.

No OSB, as partículas (flocos) apresentam dimensões que, geralmente, variam de 25 mm de largura por 80-150 mm de comprimento, podendo estar dispostas na camada interna, perpendicularmente, às camadas externas, conforme mostra a Figura 1, ou de forma aleatória, conforme mostra a Figura 2 (MENDES, 2001). Devido às dimensões dos flocos, não é possível utilizar resíduos de pequenas dimensões, em sua fabricação.



**Figura 1** - Orientação perpendicular das partículas da camada interna em relação às da face.



**Figura 2** - Orientação aleatória das partículas da camada interna.

Os painéis de partículas orientadas são um tipo de painel aglomerado estrutural, que apresenta maior estabilidade dimensional do que os outros tipos de aglomerados. O principal concorrente dos painéis OSB é o compensado, que é mais estável. Os métodos propostos para a estabilização dimensional de painéis OSB ainda não são aplicados em nível industrial, em função dos custos e dos aspectos técnicos e operacionais (MENDES, 2001).

### **2.2.2. Requisitos para a fabricação do OSB**

Segundo GOUVEIA (2001), os painéis OSB podem ser produzidos a partir de árvores de pequeno diâmetro e toras de qualidade inferior. Algumas características, no entanto, precisam ser estabelecidas para a escolha da madeira. A qualidade da madeira para painéis OSB é diferente da requerida para madeira serrada e polpação. As principais características são densidade da madeira, tipo dos anéis de crescimento, teor de umidade e teor de extrativos.

Um dos fatores mais importantes é a densidade, pois está diretamente ligada à densidade do painel e à magnitude de suas propriedades mecânicas. Madeiras de baixa densidade permitem taxas de compactação mais elevadas, com alta superfície de contato entre as partículas de madeira. Além do mais, madeiras de baixa densidade geram painéis com maior uniformidade, que possuem alta capacidade de distribuição de forças entre os flocos, melhorando suas propriedades de resistência à flexão estática e ligação interna. Os valores ideais de densidade da madeira para painéis OSB variam entre 0,25 – 0,45 g/cm<sup>3</sup> (GOUVEIA, 2001). Espécies com densidade superior a essa faixa podem ser utilizadas, porém são menos desejadas e, freqüentemente, são empregadas em misturas com espécies mais leves.

Uma alta porosidade na madeira e a transição abrupta entre o lenho juvenil e tardio, proporcionam uma alta proporção de finos.

### **2.2.3. Utilizações do OSB**

O OSB pode ser utilizado em quase todas as situações onde se usam as chapas de partículas e compensados. No entanto deve-se ressaltar que, as chapas OSB se expandem quando são expostas diretamente à chuva ou alta umidade relativa, por longos períodos, por conseguinte, o uso se limita a construções protegidas e interiores.

Atualmente, os principais usos do OSB são:

- Forro para telhados;
- Base para paredes e pisos em construções residenciais;
- Embalagens;
- Pallets para estocagem a seco;
- Estandes para exibição;
- Armações para mobília;
- Assento e encosto de cadeira;
- Tampo de mesas industriais;
- Painéis de parede decorativos;
- Piso acabado;
- Base para tampo de escrivaninha;
- Tapumes e divisórias;
- Formas descartáveis para concreto;
- Paredes de carroceria de caminhões;
- Chalés rústicos;
- Cercas e janelas;
- Prateleiras e estantes;
- Painéis de apoio estrutural;
- Painéis estruturais isolantes (miolo de espuma);
- Garagens e barracões de ferramentas;

O OSB é considerado pelas normas canadenses e americanas de construção, como material equivalente ao compensado em aplicações nas

construções. Várias razões explicam a crescente demanda de OSB pelo mercado em relação ao compensado (ALBUQUERQUE, 1999):

- A largura do painel de OSB é determinada pela tecnologia de produção e não pelo comprimento das toras, como é o caso dos compensados;
- A disponibilidade de toras para lâminas de qualidade tem decrescido substancialmente;
- O OSB pode ser feito com espécies de baixo custo e toras de baixa qualidade; se comparar os custos de produção do OSB com os seus concorrentes (waferboard e o compensado), no mercado de painéis estruturais este se torna mais atrativo.

MALONEY (1984) afirmou que os painéis OSB estavam aumentando cada vez mais a sua participação no mercado, devido aos baixos custos de produção, aliados à alta resistência mecânica e estabilidade dimensional. Esta afirmação feita por MALONEY, cerca de 20 anos atrás, se confirma nos dias de hoje onde observamos a aquisição crescente deste painel no mercado mundial.

### **2.3. Resíduos Florestais**

Segundo SOUZA (1997), os resíduos florestais são definidos como subprodutos não-utilizáveis, decorrentes do desdobro primário e secundário, como também da utilização da madeira. Nas serrarias, são considerados resíduos a casca, costaneira, pontas, lascas, nós, pó-de-serra e maravalhas.

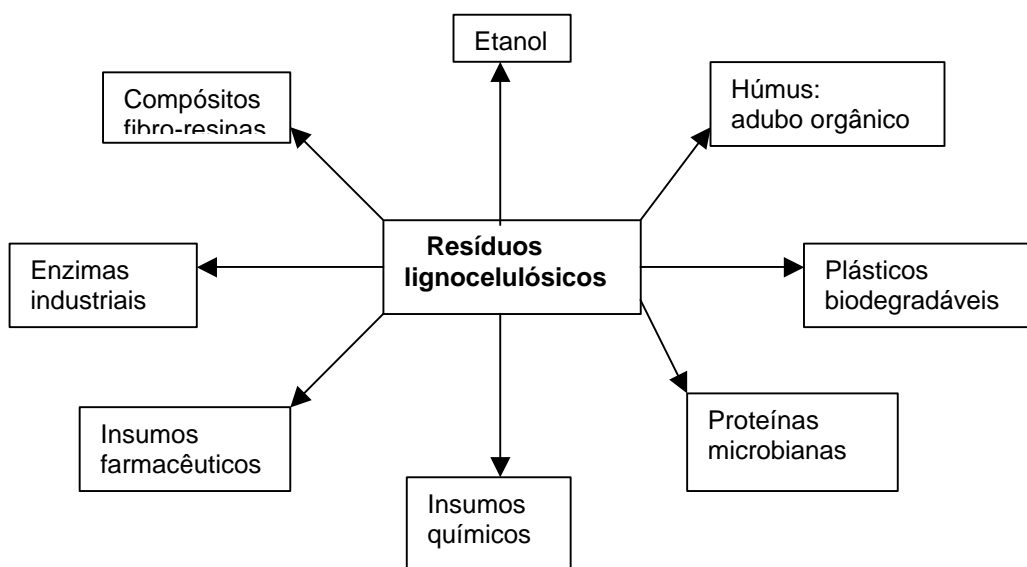
A geração de resíduos florestais e agrícolas no Brasil tem valores expressivos o que leva a considerar a sua utilização na cadeia produtiva. Os resíduos representam não só um problema econômico, através do desperdício, como, também, um sério problema ambiental.

Uma solução para o aproveitamento dos resíduos surgiu através da indústria de painéis reconstituídos de madeira, que foi desenvolvida com o intuito de converter madeira barata ou de baixa qualidade, resíduos agrícolas, florestais e de serrarias

em produtos com maior valor agregado. As flutuações nas safras, dificuldades de estocagem, distância entre madeireiras e indústrias de painéis e, sobretudo, a expansão desse segmento industrial, induziram à utilização de madeira reflorestada como a principal fonte de matéria-prima.

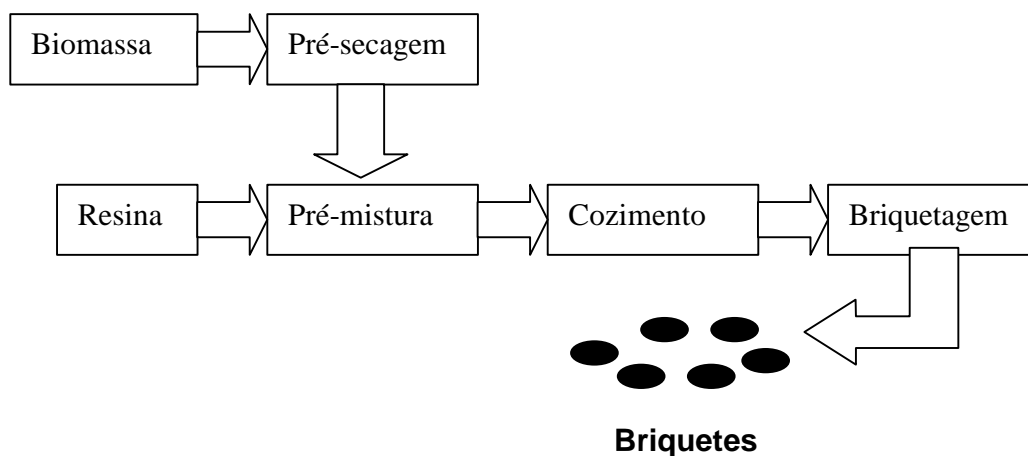
Em outros países, as principais fontes de matérias-primas utilizadas pelas fábricas de madeira aglomerada são resíduos industriais, resíduos de exploração florestal, madeiras de qualidade inferior, ou descartáveis para outros usos e madeira proveniente de desbastes. No Brasil, a madeira de florestas plantadas, especialmente de eucalipto e pinus, constitui-se na fonte mais importante de matérias-primas (REMADE, 2000).

Segundo TEIXEIRA (2003), os resíduos lignocelulósicos são constituídos de três elementos básicos: celulose, hemicelulose e lignina, distribuídos de forma relativamente organizada, formando as paredes das células vegetais, denominadas, genericamente, de fibras. Os demais componentes são os extrativos orgânicos e os elementos inorgânicos, que também compõem a biomassa. Os extrativos, por constituírem uma pequena fração da biomassa florestal, são tidos como elementos secundários de pouca importância; em alguns casos, no entanto, ocupam posição de destaque como, por exemplo, na produção de taninos vegetais ou na utilização de óleos essenciais pela indústria farmacêutica, conforme mostra a Figura 3.



**Figura 3** – Potencial de utilização da biomassa lignocelulósica para produção de diversos insumos químicos, especialidades farmacêuticas e outros materiais (TEIXEIRA, 2003).

Segundo TEIXEIRA (2003), outra importante aplicação de resíduos lignocelulósicos baseia-se na produção de compósitos termo-moldáveis, onde a biomassa é misturada com resinas convencionais (termo-plásticos) para a produção de briquetes (Figura 4).



**Figura 4** – Esquema para produção de briquetes termo-moldáveis a partir de resíduos lignocelulósicos (TEIXEIRA, 2003).



Nos Estados Unidos, as indústrias do milho juntamente com universidades e instituições de pesquisas têm investido expressivos recursos em pesquisas para o desenvolvimento da tecnologia para a produção de plásticos biodegradáveis substituindo com isso os plásticos derivados de hidrocarbonetos de petróleo (KIELICH, 2000).

Entre os compostos fenólicos, os taninos constituem a maior fração dos extrativos presentes nas cascas de árvores. Eles têm ampla aplicação nas indústrias, especialmente a de couro, adesivos, estações de tratamento de água, onde exercem o papel de agente floculante, substituindo, assim, o sulfato de alumínio. As folhas que também são abandonadas no campo, após a colheita florestal, poderiam ser utilizadas para a produção de produtos farmacêuticos, devido ao grande teor de compostos carotênicos, clorofila e micro-nutrientes que apresentam em sua constituição.

#### **2.4. A Indústria Brasileira de Painéis de Madeira**

A crescente demanda por madeiras provindas de reflorestamento se deve à heterogeneidade, ao alto custo para se obter madeiras nativas e às dificuldades para retirar tais madeiras do local de origem e transportá-las até o pátio das empresas. Outro fato que também tem contribuído para aumentar a competitividade é a pressão das instituições ecológicas, impondo restrições ao comércio internacional de madeiras, provindas de florestas nativas.

As pesquisas feitas, anteriormente, visando ao melhoramento genético do eucalipto, tinham como objetivo atender às necessidades das empresas de papel, celulose e siderúrgicas. Atualmente, as instituições de pesquisa também estão voltadas para o melhoramento do eucalipto, visando à produção de madeira serrada de boa qualidade. Esta estratégia econômica também pode ser considerada como

ecológica, pois reduz a pressão sobre as florestas nativas, uma vez que as madeiras de rápido crescimento proporcionam ciclos de corte bem menores, além de produzir madeira com características homogêneas, o que aumenta o rendimento durante o processamento (MENDES,2003).

A utilização da madeira na confecção de chapas apresenta muitas vantagens, pois a conversão das toras em partículas é próxima de 100%. Dependendo do uso final do painel, podem ser acrescentadas pequenas quantidades de resíduos agro-industriais e da indústria madeireira.

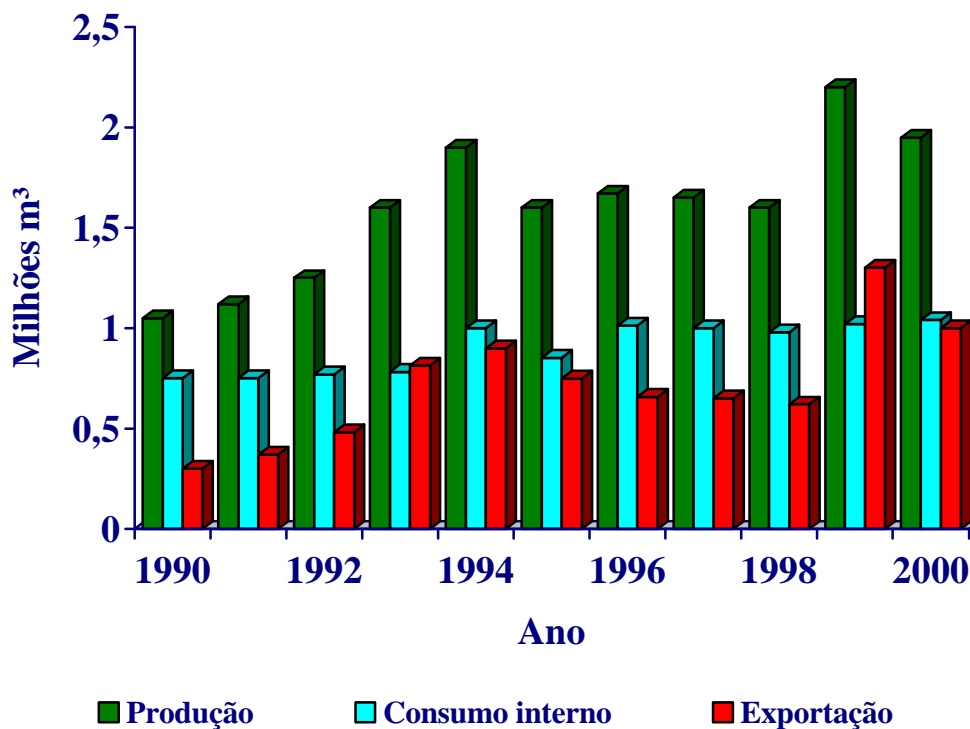
A indústria brasileira de painéis de madeira apresenta duas características distintas. Na indústria de painéis de partículas e de fibras predominam poucas empresas, em sua maioria, de grande porte, cujo referencial é a alta produtividade e modernidade. Com a busca de tecnologia na última década, essa indústria modernizou seu parque industrial e introduziu novos produtos; o MDF em 1997 e, o OSB, em 2002 (ABIPA, 2002).

Na indústria brasileira de compensado, há bastante fragmentação, predominando empresas de pequeno porte, com estrutura de produção tipicamente familiar. Estimativas da ABIMCI (2000) indicam que 60% do compensado brasileiro é produzido com madeira tropical, enquanto que os outros 40% são produzidos a partir de madeira proveniente de florestas plantadas nas regiões Sul e Sudeste, particularmente o pinus. Cabe salientar o compensado tropical, do tipo “combi” (face em madeira tropical e miolo em madeira de Pinus).

Ao longo dos últimos quinze anos, os principais países importadores do compensado brasileiro foram os EUA, o Reino Unido, Porto Rico e Alemanha. Durante estes anos, o Brasil teve um bom desempenho nas exportações de compensado, apresentando um crescimento de 12,8% ao ano, devido, principalmente, às condições atrativas e favoráveis do mercado, conforme mostra a Figura 5 (MENDES,2003).

Apesar do compensado apresentar uma demanda bastante significativa na exportação brasileira de chapas, nos últimos anos, o compensado e a chapa dura vêm perdendo espaço para o aglomerado no mercado interno e, mais recente, para o

MDF e o OSB. Assim, o Brasil segue a tendência mundial de substituição do compensado por outros tipos de painéis que ofereçam melhor relação preço/desempenho.



**Figura 5** - Evolução do mercado brasileiro da indústria de compensados.

Com o crescimento da produção de MDF e OSB, os preços de compensado tenderão a cair e, conseqüentemente, muitas empresas brasileiras de compensado perderão competitividade, não conseguirão cobrir seus custos e serão obrigadas a sair do mercado (ITTO, 2001).

A justificativa para a substituição do compensado pelos painéis de partícula e painéis de fibra, segundo WU e VLOSKY (2000) e SHOOK (1999), baseia-se nas características desses produtos. Os painéis de partículas e os painéis de fibra são denominados “produto de madeira engenheirado” (*engineered wood product*), esses apresentam melhor relação custo/benefício, melhor flexibilidade na utilização,

segundo suas propriedades físico-mecânicas, uniformidade na qualidade, variedade de tamanhos e densidades, e a constância na disponibilidade. Por isso, esses produtos têm-se tornado mais atrativos aos consumidores.

Segundo MENDES (2003), a oferta futura de madeira maciça possui uma tendência declinante. É de suma importância o desenvolvimento de esforços a fim de evoluir a oferta em variedade e quantidade de produtos reconstituídos, objetivando o maior aproveitamento da madeira, a exemplo do *fineboard*, que é um produto reconstituído a partir do pó da madeira.

## **2.5. Acetilação**

Segundo BURGER & RICHTER (1991), a madeira é um material altamente higroscópico e apresenta os fenômenos de contração e inchamento pela perda e absorção de umidade. A entrada de água entre as moléculas de celulose da parede celular provoca o afastamento das mesmas e, como consequência, o inchamento. O processo contrário produz a aproximação das moléculas de celulose, resultando na contração da madeira.

Segundo VICK & HOWELL (1989), a taxa de biodeterioração e a mudança dimensional, causada pela variação na umidade relativa, podem ser drasticamente reduzidas por uma modificação na estrutura química da parede celular, por exemplo, pelo processo de acetilação.

Hon e Bangi (1996), citados por MENDES (2001), demonstraram experimentalmente que se os flocos passarem por um pré-tratamento de acetilação pode-se melhorar, sensivelmente, a estabilidade dimensional dos painéis OSB.

Inúmeras pesquisas já foram feitas acetilando madeira, mais especificamente voltadas para acetilação da celulose, visando atender, principalmente, à indústria têxtil, como também a indústria de filmes fotográficos.

Krässig e Schrott, citados por KRÄSSIG (1993), estudaram a reatividade relativa das hidroxilas primárias e secundárias nas reações de acetilação homogênea e heterogênea. Mostraram que na acetilação homogênea da celulose, feita em

soluções diluídas de ácido fosfórico, a substituição das hidroxilas primárias sempre ocorre antes da substituição das hidroxilas secundárias. Na acetilação heterogênea das fibrilas de celulose reativa, a esterificação, inicialmente rápida das hidroxilas de moléculas, em regiões acessíveis ou ativadas da estrutura da fibrila, ocorre estatisticamente, isto é, em relação à ocorrência delas. Aumentar o grau de ativação, por exemplo, pela aplicação de mais agentes hidrofílicos de pré-inchamento na troca de solventes ou tratamentos de inclusão, amplia esse estágio de reação que ocorre estatisticamente para graus globais de substituição mais elevados.

As condições ótimas para se certificar de uma boa reatividade dos substratos fibrosos de celulose nas interações químicas são:

(1) Enfraquecimento da parede primária, no caso de celuloses nativas, tais como algodão, línter ou polpa dissolvida, por exemplo, por pré-tratamentos com hidrólise.

(2) Permanência ou alargamento dos capilares existentes, vazios ou interstícios fibrilares na morfologia da fibra e através de reações do substrato da fibra no estado recém-seco ou seco, sob condições apropriadas, tais como sob inclusão de compostos inertes para a reação subsequente.

(3) Aumento da superfície interna, acessível através do inchamento e/ou tratamentos de ativação atuando a nível interfibrilar, a fim de quebrar as interligações fibrilares.

(4) Seleção de meios de reação e condições capazes de abrir as ligações de hidrogênio intra e principalmente intermoleculares.

Ainda, segundo KRÄSSIG (1993), é impossível atribuir a um dado substrato de fibra de celulose (algodão, línter ou polpa dissolvente) acessibilidade ou reatividade características geralmente válidas para todos os tipos diferentes de reações de celulose. Um substrato de celulose, o qual demonstra boa reatividade, por exemplo, na nitração, não reage necessariamente de forma apropriada na acetilação, xantação ou metilação. Independente da morfologia e estrutura, a resposta deles a um determinado meio de reação é também dependente da pureza, por exemplo, a presença de ceras no caso do algodão natural, lignina residual ou

hemicelulose, no caso de polpas dissolventes, podem desempenhar um importante papel.

### **2.5.1. Reações de esterificação**

A celulose, bem como as hemiceluloses, são álcoois polifuncionais que possuem o potencial de formar ésteres, também com ácidos orgânicos. A complexidade da morfologia da fibra e a estrutura fina dos substratos da celulose, contudo, dificultam a obtenção de elevados graus de substituição em suas reações com muitos ácidos orgânicos e requerem métodos especiais. Mesmo na aplicação deles, o alcance de altos graus de esterificação é largamente limitado à reação com ácidos alifáticos normais e a um número limitado de ácidos aromáticos simples (KRÄSSIG, 1993). Nas hemiceluloses, as ligações químicas de esterificação são mais fáceis de ocorrer, devido a sua constituição química e a sua estrutura amorfa e ramificada (SJÖSTRÖM, 1993).

Ácidos acético, propiônico e butírico, em ebulição, esterificam de forma branda os substratos de fibra de celulose. O alcance da esterificação dependerá da reatividade do substrato de celulose. A inclusão de catalisadores de esterificação reforça a reação, porém leva a severa degradação na temperatura elevada (KRÄSSIG, 1993).

O processo de esterificação mais comumente aplicado é a reação com anidridos ácidos na presença de catalisadores ácidos minerais. Ele resulta na completa esterificação, na reação da celulose com os anidridos dos ácidos alifáticos, tais como o ácido acético, propiônico ou butírico. Para anidridos de ácidos alifáticos, de massa molecular mais elevada, ou ácidos aromáticos, a reatividade é muito baixa, devido à reduzida habilidade de penetração no substrato fibroso de celulose (KRÄSSIG, 1993).

A reação de esterificação dos anidridos ácidos e cloretos ácidos com substratos fibrosos de celulose é, em todos os casos, uma reação “topoquímica” heterogênea. Sem tratamentos especiais de ativação, a reação em fibras

completamente secas começa da superfície externa das fibras e prossegue relativamente lenta, camada por camada, para dentro do interior das mesmas (KRÄSSIG, 1993).

### **Acetato de celulose**

Segundo KRÄSSIG (1993), devido a sua importância comercial, numerosos estudos têm sido realizados para elucidar os fatores que determinam a reatividade dos substratos de celulose em reações de acetilação. Todas as descobertas sublinham o fato de que a reatividade de um dado substrato de fibra de celulose na acetilação é, primariamente, uma função da acessibilidade dos grupos de hidroxilas sob as condições de reação que prevalecem.

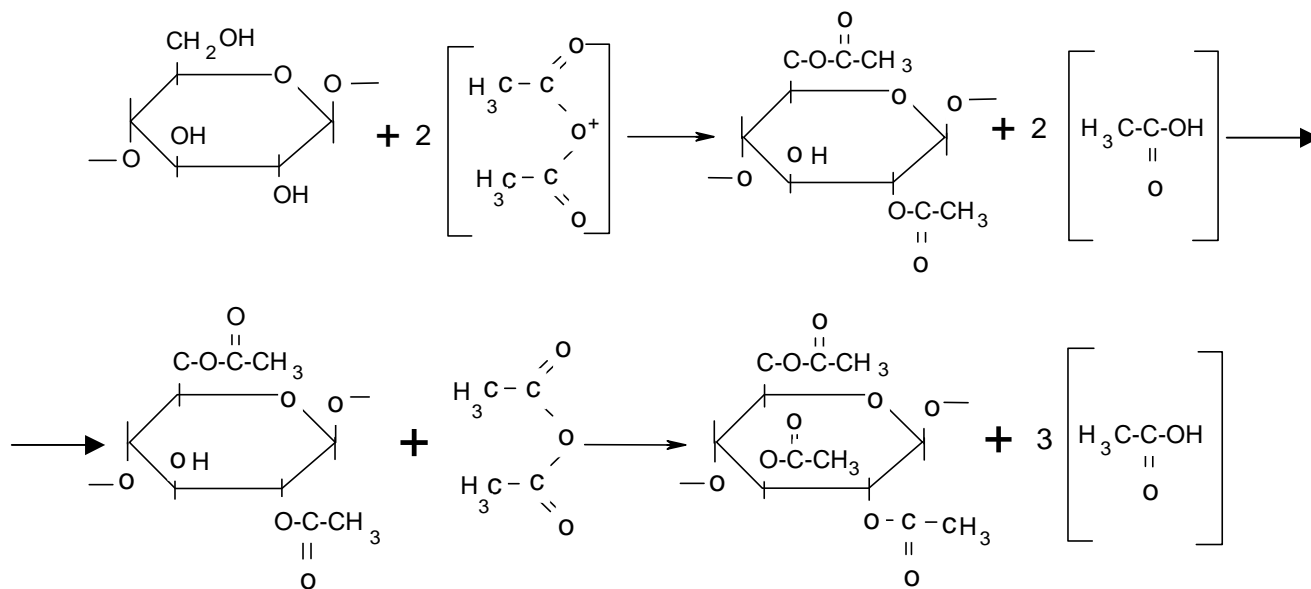
Os resultados do estudo da reação, com ácido acético e água de forma relativamente lenta e limitada da celulose, mostraram a partir da análise dos produtos, que aproximadamente 12% de todos os grupos de hidroxilas estão livres para reagir. Eles agem de acordo com a cinética da acetilação homogênea e devem, portanto, estar localizados em áreas livremente acessíveis, tais como as superfícies externas das fibras. As outras hidroxilas, estando aparentemente envolvidas na forte ligação com hidrogênio, acetilam muito lentamente e a taxa de reação delas é aparentemente controlada pela taxa de difusão dos constituintes dos meios de reação, isto é, água e/ou ácido acético, para o interior das fibras. Um aumento na temperatura melhora o efeito da ativação, ajuda a superar a barreira de energia das ligações de hidrogênio das hidroxilas e aumenta a taxa de difusão, aumentando, assim, o progresso da esterificação. Foi estudada através de uma técnica especial medindo a elevação da temperatura sob condições adiabáticas a taxa de acetilação da celulose ativada e não ativada. Foi descoberto que ambos os casos de acetilação ocorriam através de uma reação praticamente de primeira ordem.

Nos estágios iniciais da acetilação, a difusão do agente esterificador para dentro dos interstícios interfibrilares acessíveis é o fator de controle da reação.

Nesse estágio, a taxa de acetilação de ambos os tipos de hidroxilas pode ser substancialmente maior do que a taxa de difusão. Sob tais condições, as suas diferentes reatividades na acetilação não importarão e o resultado observado será a substituição simultânea das hidroxilas primárias e secundárias, na medida em que elas são alcançadas pelo reagente.

Na medida em que a reação passa para o interior, ocorre um melhor ordenamento das unidades fibrilares à taxa de difusão. Nessa fase, a reação mais lenta será influenciada pelo envolvimento das hidroxilas primárias e secundárias nas ligações de hidrogênio intermolecular (intra e interplanar). A penetração do agente de esterificação e o progresso da reação de substituição para dentro da treliça ocorrerá sob o rompimento das ligações de hidrogênio. Sob essas condições, o fator de controle da taxa de reação será a liberação das hidroxilas para a acetilação e, nesse caso, a usual reatividade mais elevada das hidroxilas primárias entrará em cena.

A Figura 6 exemplifica uma reação de acetilação levando a formação de um triacetato.



**Figura 6** - Acetilação de uma parte da molécula de β-D-anidroglicopiranoose, produzindo um triacetato de celulose.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A madeira de eucalipto, empregada na fabricação das partículas, foi obtida de plantios comerciais das empresas CAF, Gerdau e Plantar, na região do Vale do Rio Doce (município de Ponte Alta) e na região de Cerrado (município de Três Marias), no Estado de Minas Gerais. As espécies utilizadas foram *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla*. A madeira de *Pinus elliottii* foi coletada no campus da Universidade Federal de Viçosa. Os resíduos foram obtidos no Laboratório de Painéis e Energia e gerados no aplainamento ou desengrosso das tábuas.

Dependendo da região, uma mesma espécie pode apresentar comportamento diferente variando algumas de suas características conforme o local de ocorrência, isso se deve, principalmente, à influência das condições climáticas locais (BARROS e NOVAIS, 1990). A seguir, são apresentadas algumas características das regiões de Cerrado e do Vale do Rio Doce, de onde procederam as madeiras usadas no experimento:

Região de Cerrado (Município de Três Marias):

- Clima: quente e seco.
- Solo: latossolo vermelho-escuro álico ou distrófico.
- Altitude: 538 m.
- Temperatura média anual: 24,3°C.
- Topografia: ligeiramente acidentada, com serras e terrenos ondulados e altitudes de 1600 a 600 m.

Região do Vale do Rio Doce (Município de Ponte Alta):

- Clima: ameno e úmido.
- Solo: latossolo vermelho-amarelo.
- Altitude: 423 m.
- Temperatura média anual: 23,9°C.
- Topografia: acidentada, com serras.

As densidades básicas das espécies da região do Vale do Rio Doce foram: *E. grandis*: 0,55 g/cm<sup>3</sup>; *E. urophylla*: 0,61 g/cm<sup>3</sup>; *E. cloeziana*: 0,70 g/cm<sup>3</sup> e para as mesmas três espécies coletadas na região de Cerrado foram: 0,56 g/cm<sup>3</sup>; 0,58 g/cm<sup>3</sup> e 0,69 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. A densidade básica da madeira do *Pinus elliottii* foi de 0,45 g/cm<sup>3</sup>.

Inicialmente, desdobradas em tábuas, com 1 metro de comprimento e 2 cm de espessura. As tábuas e costaneiras foram novamente serradas, produzindo-se baguetas com 2 cm de espessura e 9 cm de largura. Após a saturação em água, as baguetas foram processadas num moinho de disco, produzindo-se flocos com as seguintes dimensões, 90 X 20 X 0,46 mm. Para a confecção das partículas, utilizou-se um moinho de martelo, para processar os flocos e gerar as partículas, com dimensões médias de 0,74 X 9,14 mm, tendo um coeficiente de esbeltez de 12,35. As maravalhas, oriundas do processamento nas plainas, também foram processadas em moinho de martelo obtendo-se partículas com dimensões de 1,19 X 5,55 mm e coeficiente de esbeltez de 4,66.

Os flocos e as partículas foram classificados com o auxílio de peneiras pela ação da gravidade. A peneira usada para classificar os flocos era manual, de formato retangular, com malha quadrangular de dimensão 179,94 mm<sup>2</sup>, e teve como finalidade separar os finos. As partículas foram classificadas também em peneiras manuais, porém redondas, com malhas quadrangulares das seguintes dimensões 43,60 mm<sup>2</sup> (separar as partículas maiores, que ficavam retidas) e 7,43 mm<sup>2</sup> (separar as partículas menores, que passavam pelos orifícios). Após esta seleção, as partículas e os flocos foram secos em estufa a uma temperatura de 70°C e

ventilação forçada, até atingir o teor de umidade de 3%. Em seguida, foram armazenadas em sacos plásticos até a fabricação das chapas.

Os flocos de eucalipto utilizados para a confecção das chapas acetiladas foram secos a uma temperatura de  $(100 \pm 3^\circ)\text{C}$ , com ventilação forçada por um período de 24 horas. Logo em seguida, foram pesados e colocados dentro de uma autoclave eletrônica e saturados, por uma hora, com anidrido acético.

O anidrido foi, então drenado e a autoclave aquecida a  $120^\circ\text{C}$ , permanecendo, assim, por três horas. Os flocos foram deixados por mais duas horas dentro da autoclave, sob efeito de vácuo. Depois desta etapa, eles foram retirados e deixados no pátio, por 24 horas. Após este tempo, foram levados novamente para a estufa, onde ficaram por mais 24 horas, para serem, em seguida, pesados e determinado o teor de acetilação.

Para a confecção das chapas de aglomerado e das chapas de OSB foram utilizados o adesivo uréia-formaldeído (CASCAMITE PB-3110) e fenol-formaldeído (CASCOPHEN HL-2080), ambos doados pela Empresa Alba Química. As propriedades dos adesivos utilizados são apresentados no Quadro 1.

**Quadro1** - Propriedades dos adesivos utilizados no experimento.

Adesivo	Tempo de gelatinização(seg)	pH (25°C)	Teor de sólidos resinosos (%)	Viscosidade (cp)
Fenólico	15,5	12,07	48	700
Uréia	1,47	8,13	65	500

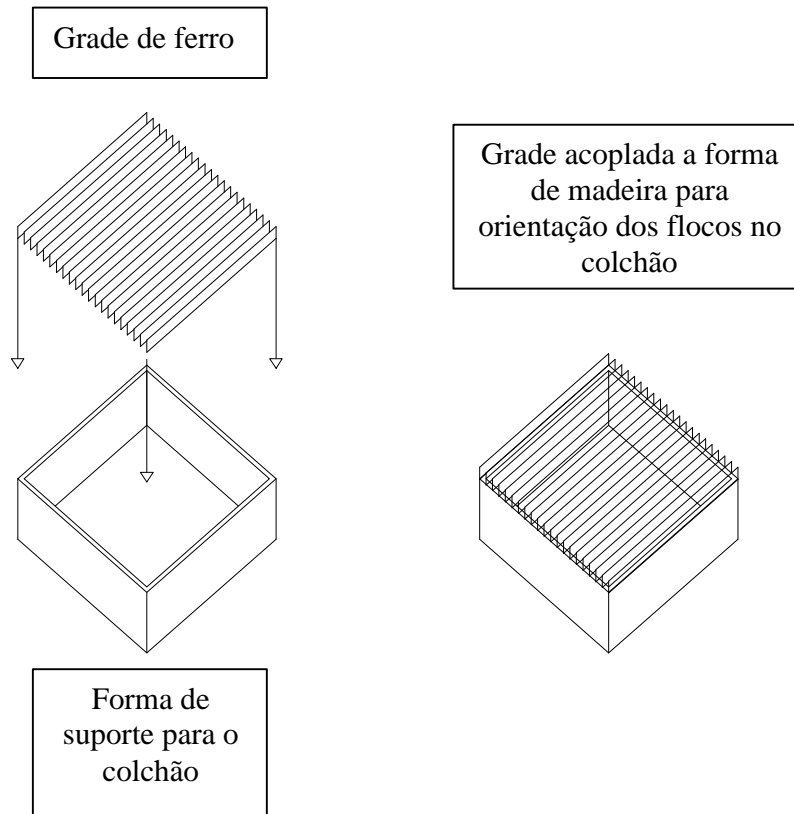
O catalisador endurecedor adicionado ao adesivo uréico foi o sulfato de amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (solução a 20%), na proporção de 1,5% em relação ao teor de sólidos do adesivo utilizado. Foi empregada, também, uma emulsão de parafina, preparada no laboratório, obedecendo à seguinte proporção: 380 partes de parafina, 360 partes de água, 40 partes de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (22%) e 40 partes de ácido esteárico.

A proporção de adesivo utilizado para a confecção das chapas foi de 8% de sólidos, em relação à massa seca de madeira. Todas as chapas receberam 0,5% de parafina.

A aplicação do adesivo e da parafina foi feita num “encolador” de tambor, dotado de uma pistola de pintura, acionada por ar comprimido.

Para a confecção do colchão da chapa de aglomerado foi utilizada uma forma de madeira, vazada, onde as partículas foram distribuídas, aleatoriamente, o mais uniformemente possível para evitar diferenças de gradiente na chapa.

As chapas de OSB foram formadas com os flocos das faces orientados perpendicularmente à camada interna, na proporção de 25% do total dos flocos, em cada face e 50% do total dos flocos na constituição da camada interna. Para a orientação dos flocos nas chapas de OSB foi utilizada uma grade de ferro com várias divisórias paralelas, conforme ilustrado na Figura 7.



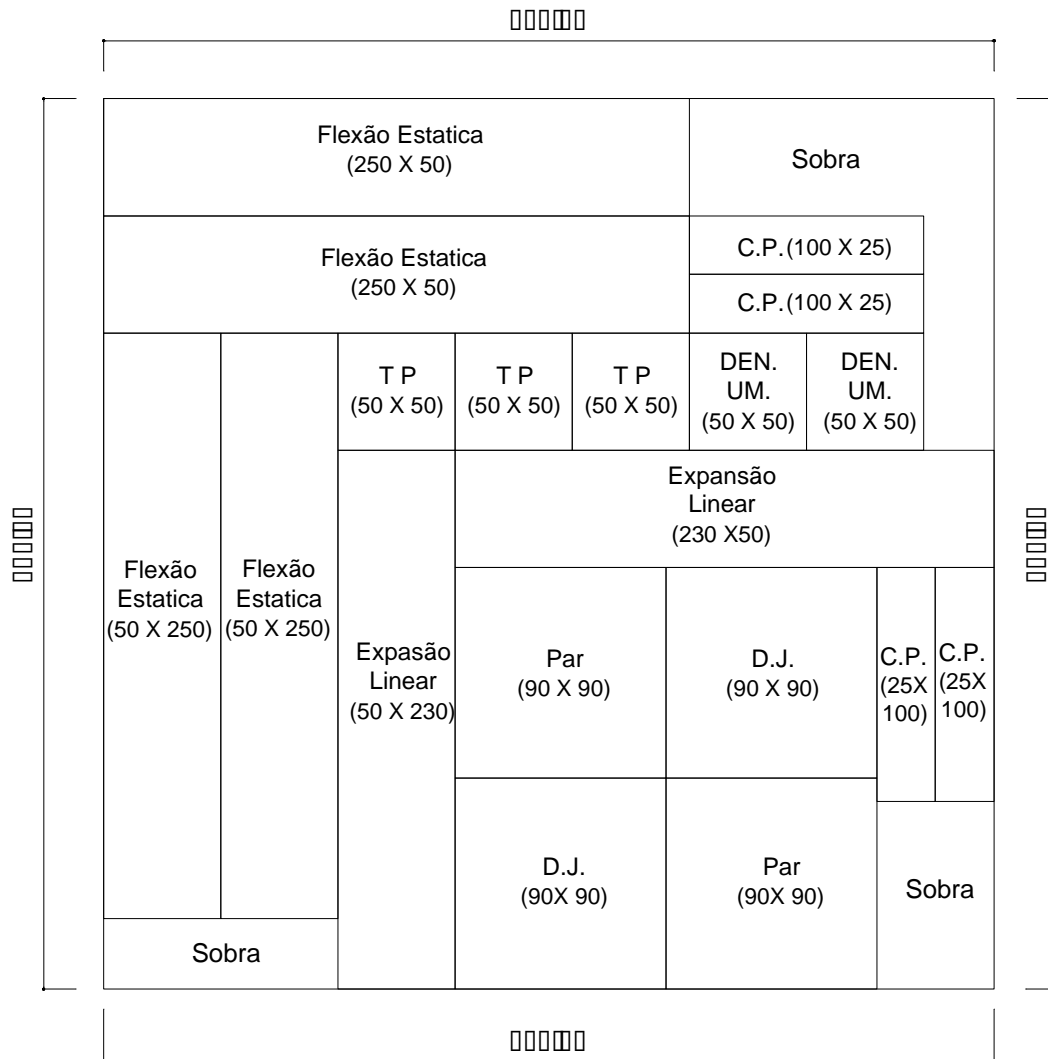
**Figura 7** – Modelo da caixa e da grade formadora do colchão.

Todas as chapas foram prensadas a uma temperatura de 170°C e a uma pressão de 32 kgf/cm<sup>2</sup>, por oito minutos, contados a partir do fechamento da prensa.

Todos os painéis foram preparados para a obtenção de uma densidade igual a 0,70 g/cm<sup>3</sup> e espessura igual a 1cm; para isso, as chapas feitas com madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus cloeziana*, tiveram, adicionada em sua constituição, madeira de *Pinus elliottii*, para possibilitar balancear suas densidades. O tamanho da chapa foi de 40 X 40 cm.

Após a prensagem, as chapas foram acondicionadas em uma caixa de madeira com tampa, por um período de sete dias.

Depois de uma semana, as chapas foram retiradas da caixa e esquadrejadas, apresentando dimensões de 380 mm x 380 mm x 10 mm. Em seguida, foram recortadas para obtenção dos corpos de prova, como mostra a Figura 8.



**Figura 8** – Representação da posição dos corpos de prova na chapa (medidas em mm).

Os corpos-de-prova foram climatizados até o equilíbrio, a uma umidade relativa de  $65 \pm 5\%$  e a uma temperatura de  $20 \pm 3^\circ \text{C}$ , conforme estabelecido pela normas ASTM-D 1037(1991) e ABNT NBR 14810-3 (2002).

Todos os ensaios foram realizados conforme a norma da ABNT: NBR 14810-3, 2002, e os valores obtidos nos testes foram comparados com a norma ANSI/A - 208.1 (1993). As chapas do tipo OSB tiveram os resultados avaliados com base na norma canadense CSA O437-93, conforme mostra o Quadro 2.

**Quadro 2** – Propriedades requeridas para chapas de partículas.

Classificação	Inchamento em Espessura			Expansão Linear (%)	Absorção em Água Tolerância (%)		Flexão Estática		Ligação Interna (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Dureza (kgf)	Arrancamento de Parafuso (Kgf)	
	Tolerância média do painel (%)				2 h	24 h	MOE (Kgf/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kgf/cm <sup>2</sup> )			Face	Borda
	Amb	2 h	24h									
H – 1	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24.000	165	9	222,5	180	132,5
H – 2	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24.000	205	9	445,0	190	155,0
H – 3	NE	NE	NE	NE	NE	NE	27.500	235	10	667,5	200	155,0
M – 1	NE	NE	NE	0,35	NE	NE	17.250	110	4	222,5	NE	NE
M – S	NE	NE	NE	0,35	NE	NE	19.000	125	4	222,5	90	80
M – 2	NE	6*	15*	0,35	10**	15**	22.500	145	4,5	222,5	100	90
M – 3	NE	NE	NE	0,35	NE	NE	27.500	165	5,5	222,5	110	100
LD – 1	NE	6	15	0,35	10	15	5.500	30	1,0	NE	40	NE
LD – 2	NE	NE	NE	0,35	NE	NE	10.250	50	1,5	NE	55	NE

Onde: H – Alta densidade (superior a  $800 \text{ kg/m}^3$ ).

M – Média densidade ( $640 - 800 \text{ kg/m}^3$ ).

MS – Densidade média especial (Propriedades físicas entre M-1 e M-2).

LD – Baixa densidade (menor que  $640 \text{ kg/m}^3$ )

NE – Não-especificado.

\* Norma DIN 68m761 (1) – 1961 (SANTANA & PASTORE, 1981) e \*\* norma CSA 0437-1993.

Fonte: Adaptado de ANSI/A 208.1 – 1993 “Wood Particleboard”

Para o ensaio de expansão linear, inchamento em espessura e adsorção de vapor de água, os corpos-de-prova (Figura 9) foram novamente climatizados até equilíbrio a uma temperatura de  $20 \pm 3^\circ \text{C}$  e uma umidade relativa de  $90 \pm 5\%$ .



**Figura 9** – Foto dos corpos de prova usados para avaliar as propriedades das chapas nos testes físicos.

Todas as chapas foram fabricadas em duplicatas, totalizando 24 tratamentos com duas repetições, assim discriminados. Sendo, região 1 a região do Vale do Rio Doce e Região 2 a região de Cerrado.

#### **A) OSB**

- T1- OSB de *E. grandis*, região 1.
- T2- OSB de *E. urophylla*, região1, 60% *E. urophylla* e 40% *Pinus*.
- T3- OSB de *E. cloeziana*, região1, 40% *E. cloeziana* e 60% *Pinus*.
- T4- OSB de *E. grandis*, região 2.
- T5- OSB de *E. urophylla*, região 2, 90% *E. urophylla* e 10% *Pinus*.
- T6- OSB de *E. cloeziana*, região 2, 45% *E. cloeziana* e 55% *Pinus*.
- T7- OSB de *E. grandis*, região 1, acetilado.



- T8- OSB de *E. urophylla*, região1, 60% *E. urophylla* e 40% *Pinus*, acetilado.  
T9- OSB de *E. cloeziana*, região1, 40% *E. cloeziana* e 60% *Pinus*, acetilado.  
T10- OSB de *E. grandis*, região 2, acetilado.  
T11- OSB de *E. urophylla*, região 2, 90% *E. urophylla* e 10% *Pinus*, acetilado.  
T12- OSB de *E. cloeziana*, região 2, 45% *E. cloeziana* e 55% *Pinus*, acetilado.

### **B) Aglomerado**

- T1- Aglomerado de resíduo de *E. grandis*, região 1.  
T2- Aglomerado de partículas processadas de flocos de *E. grandis*, região 1  
T3- Aglomerado de resíduo de *E. urophylla*, região1, 60% *E. urophylla* e 40% *Pinus*.  
T4- Aglomerado de partículas processadas de flocos de *E. urophylla*, região1, 60% *E. urophylla* e 40% *Pinus*.  
T5- Aglomerado de resíduo de *E. cloeziana*, região1, 40% *E. cloeziana* e 60% *Pinus*.  
T6- Aglomerado de partículas processadas de flocos de *E. cloeziana*, região1, 40% *E. cloeziana* e 60% *Pinus*.  
T7- Aglomerado de resíduo de *E. grandis*, região 2  
T8- Aglomerado de partículas processadas de flocos de *E. grandis*, região 2.  
T9- Aglomerado de resíduo de *E. urophylla*, região 2, 90% *E. urophylla* e 10% *Pinus*.  
T10- Aglomerado de partículas processadas de flocos de *E. urophylla*, região 2, 90% *E. urophylla* e 10% *Pinus*.  
T11- Aglomerado de resíduo de *E. cloeziana*, região 2, 45% *E. cloeziana* e 55% *Pinus*.  
T12- Aglomerado de partículas processadas de flocos de *E. cloeziana*, região 2, 45% *E. cloeziana* e 55% *Pinus*.

Os dados obtidos foram interpretados com o auxílio de análise de variância e as médias comparadas empregando-se o Teste Tukey em nível, de 5% de significância.

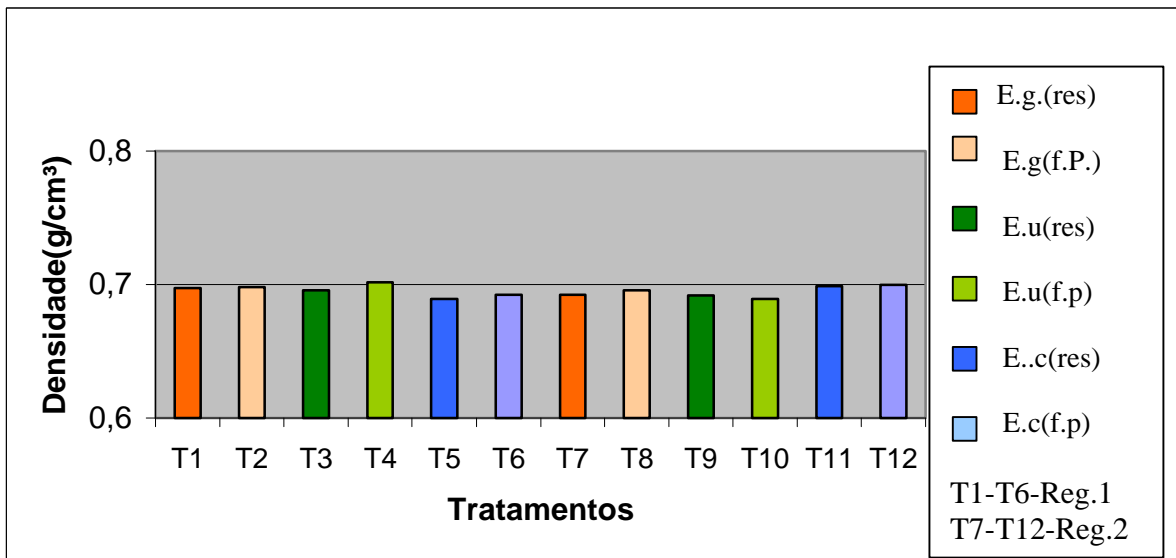
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Aglomerado

Os resumos das análises de variância são mostrados nos Quadros 1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B, 9B, 10B do Apêndice B.

#### A) Densidade

O valor médio da densidade dos painéis de aglomerado foi de, aproximadamente,  $0,70 \text{ g/cm}^3$ , conforme pode ser observado na Figura 10. Segundo a norma ANSI/A1-280/93 (1993), estes painéis são classificados como de densidade média. Apesar de terem sido usadas madeiras com densidades desiguais e superiores a  $0,55 \text{ g/cm}^3$ , a adição de partículas de *Pinus elliottii* resultou em painéis com densidades similares, não se observando diferenças significativas entre as mesmas, independente da região.



**Figura. 10** - Valores médios das densidades dos painéis (g/cm<sup>3</sup>) dos tratamentos e regiões, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

## B) Teor de Umidade

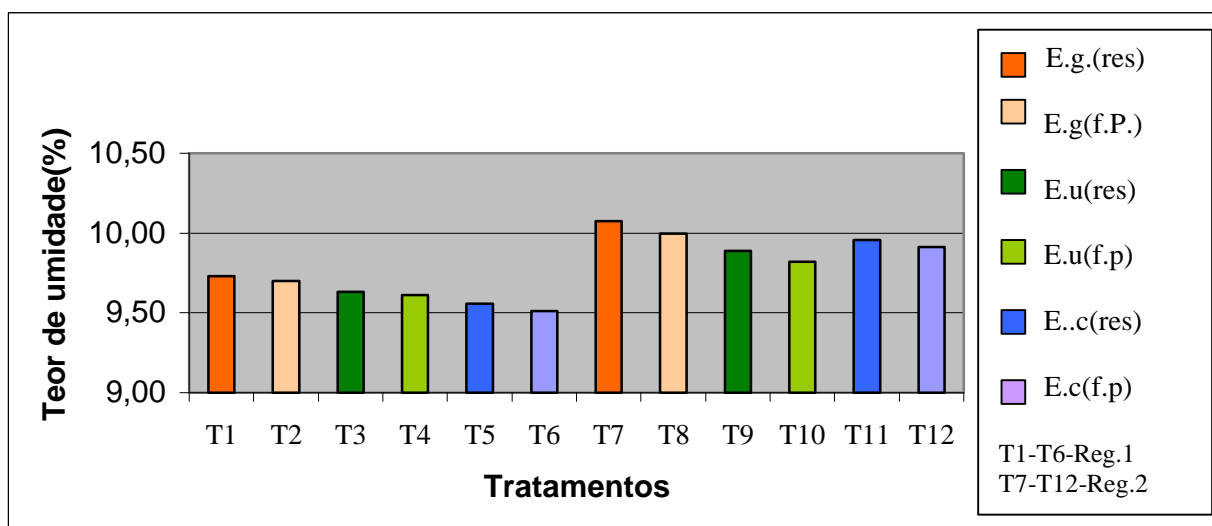
Os valores médios de umidade, após equilíbrio a 20° C e 65% de umidade relativa, são apresentados no Quadro 3 e Figura 11. Observa-se que estes valores variaram entre 9,51 e 10,07%, com um coeficiente de variação igual 0,98.

A comparação entre as médias gerais das duas regiões indicou que a umidade de equilíbrio foi significativamente maior para as chapas produzidas com madeira da região 2, contudo, não se observou diferença significativa, como é mostrado no Quadro 1B da ANOVA (Apêndice B), entre os painéis da mesma região e a interação entre o tipo de partículas e regiões não foi significativa.

**Quadro 3** - Valores médios de umidade (%) dos painéis para as duas regiões em questão.

Valores médios de umidade (%)	
Regiões	Médias
Região 1	9,62(b)
Região 2	9,94(a)

\*Médias seguidas de mesma letra, numa mesma coluna, não diferem, entre si, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 11** - Valores médios de umidade (%) para os diferentes tratamentos e regiões, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

### **C) Adsorção de vapor de água**

As chapas com a maior adsorção de vapor de água foram aquelas fabricadas com madeira de *Eucalyptus grandis*, tanto de resíduos, como de flocos processados.

A ANOVA indicou interação significativa entre o tipo de partícula e região, a adsorção de vapor de água pelos painéis pode ter sido influenciada, em parte, pela geometria das partículas. Pode-se dizer que quanto maior a área superficial da partícula, mais água o painel adsorveu.

Outro fator que também pode ter influenciado a adsorção de vapor de água é a espécie utilizada. Nesse experimento, observou-se que, para painéis produzidos somente com madeira de eucalipto, houve uma tendência em adsorver maior quantidade de água, do que os painéis produzidos com a mistura de madeira de eucalipto e pinus. Este caráter mais hidrofílico da madeira de eucalipto, provavelmente, se deve a sua constituição química e em função dos grupos hidroxilas não bloqueados.

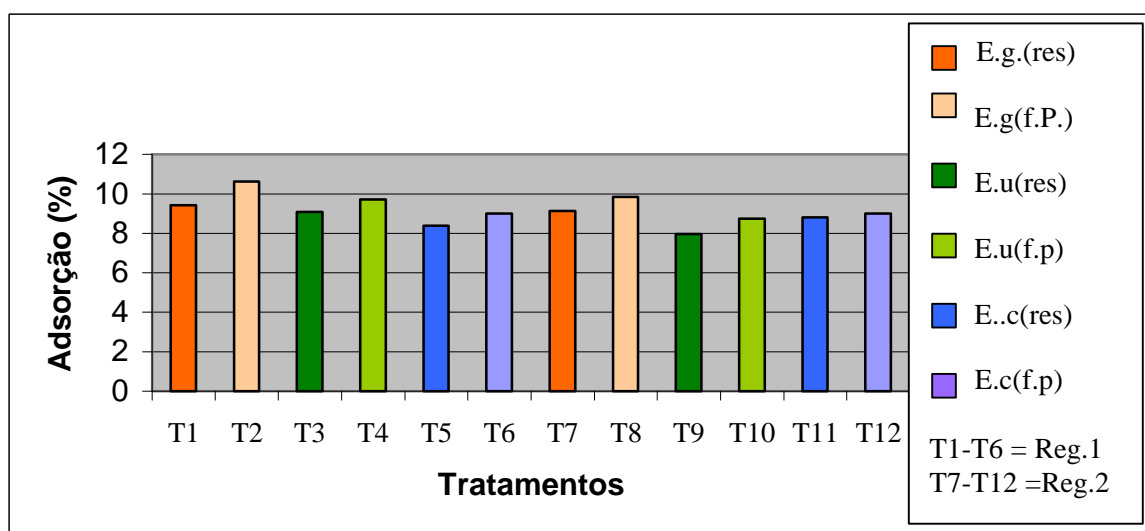
Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos resultados encontrados por HASELEIN (1989) que, trabalhando com misturas de madeiras, encontrou as maiores médias para adsorção de vapor de água em chapas com maior quantidade de madeira de eucalipto.

As normas consultadas (ABNT NBR 14810-3 (2002) e ASTM-D 1037 (1991)) não estabelecem valores máximos ou mínimos de adsorção de vapor de água exigidos para comercialização de painéis de madeira aglomerada. Neste trabalho, a alteração da condição de equilíbrio inicial de 20° C e 65% UR para 20° C e umidade de 90% ocasionou uma adsorção de vapor de água, que variou de 7,76 a 10,64 %, conforme pode ser observado no Quadro 4 e Figura 12. Também observou-se uma diferença significativa entre as duas regiões (Quadro 5).

**Quadro 4** - Valores médios de adsorção de água(%) para os diferentes tratamentos, e para as duas regiões em questão.

Valores médios de adsorção (%)		
Tipos de partícula	Região 1	Região 2
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	9,42(abc)A	9,12(ab)A
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	9,08(bc)A	7,97(c)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	8,38(c)A	8,82(bc)A
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	10,64(a)A	9,84(a)A
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	9,69(ab)A	8,73(bc)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	8,99(bc)A	8,98(abc)A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 12** - Valores médios de adsorção de vapor de água (%) para os diferentes tipos de tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

**Quadro 5** - Valores médios de adsorção(%) dos painéis, para as duas regiões em questão.

Valores médios de adsorção(%)	
Regiões	Médias
Região 1	9,37(a)
Região 2	8,91(b)

\*Médias seguidas de mesma letra ao longo da coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

#### **D) Inchamento em espessura**

As médias para o inchamento em espessura das chapas de aglomerado estão apresentadas nos Quadros 6 e 7 e Figura 13. Observou-se uma diferença significativa entre as chapas produzidas com diferentes tipos de partículas, bem como, entre madeiras das duas regiões.

Os tratamentos que resultaram em maiores inchamentos foram os mesmos que apresentaram maior índice de adsorção de vapor d'água, no caso, as chapas fabricadas com 100% de partículas de *Eucalyptus grandis*, nas duas regiões. Assim, como no teste anterior, estes resultados foram semelhantes aos encontrados por HASELEIN (1989).

**Quadro 6** - Valores médios de inchamento em espessura (%) para os diferentes tratamentos, para as duas regiões em questão.

Valores médios de inchamento em espessura (%)		
Tipos de partícula	Região 1	Região 2
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	6,43(ab) A	6,43(ab) A
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	6,12(ab) A	5,26(c) B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	5,79(b) A	6,06(abc) A
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	6,67(a) A	6,51(a) A
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	6,23(ab) A	5,62(bc) A
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	6,15(ab) A	6,11(abc) A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

**Quadro 7** - Valores médios de inchamento em espessura(%) dos painéis para as duas regiões em questão.

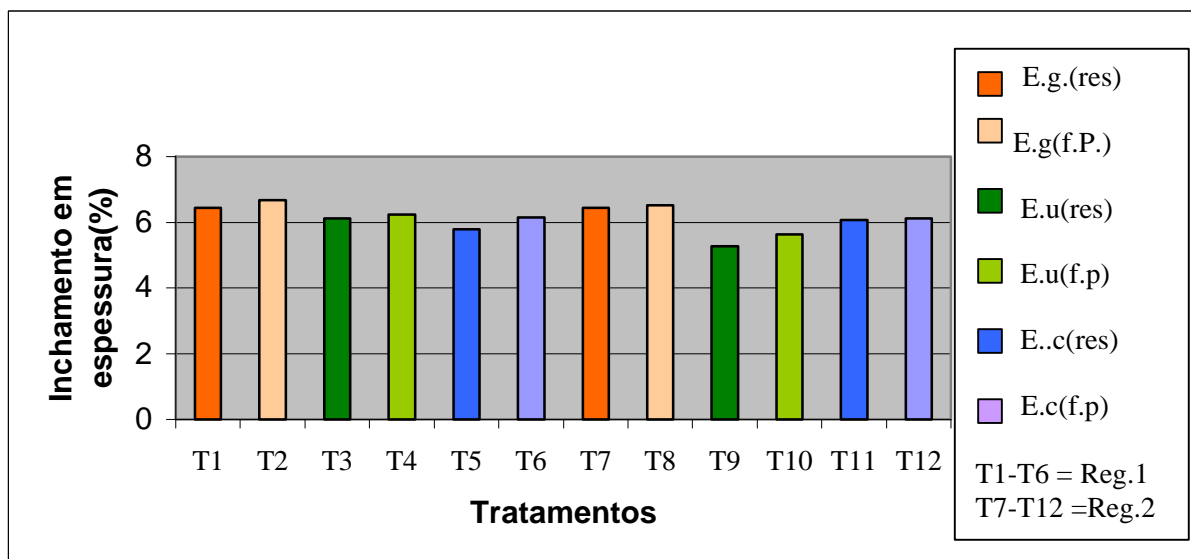
Valores médios de inchamento em espessura(%)	
Regiões	Médias
Região 1	6,23 (a)
Região 2	6,00 (b)

\*Médias seguidas de mesma letra ao longo da coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

Para os painéis de madeira reconstituída esta propriedade é muito importante, pois é um bom indício de como eles irão se comportar, quando expostos a condições de umidade relativa superior a 65%. Para a fabricação de móveis ou portas, que irão ser expostos a condições de umidade relativa, citada anteriormente, este teste é fundamental e, também, está associado ao uso de adesivos resistentes ou não à umidade.



A Figura 13 ilustra o inchamento dos painéis em resposta à adsorção de vapor d'água. O máximo valor para inchamento em espessura, acarretado por adsorção de água, não é estipulado nas normas.



**Figura 13** – Valores médios de inchamento (%) para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

### E) Expansão linear

Para a expansão linear os tratamentos que apresentaram maiores médias foram aqueles constituídos, exclusivamente, de partículas de *Eucalyptus grandis*, provindas do processamento de flocos. Os tratamentos que tiveram partículas de *Pinus*, em sua constituição, obtiveram médias mais baixas para o teste de expansão linear.

As médias de expansão linear estão apresentadas nos Quadros 8 e 9 e Figura 14. Observaram-se diferenças significativas, na expansão linear, entre os tipos de partículas e entre as regiões.

**Quadro 8** - Valores médios de expansão linear (%) para os diferentes tratamentos e para as duas regiões.

Valores médios de expansão linear (%)		
Tipos de partículas	Região 1	Região 2
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	0,1249 (b)	0,1222 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	0,1165 (c)	0,1102 (c)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	0,1121 (c)	0,1136 (c)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	0,1338 (a)	0,1301 (a)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	0,1181 (c)	0,1113 (c)
<i>Eucalyptus. cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	0,1146 (c)	0,1156 (c)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem, entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

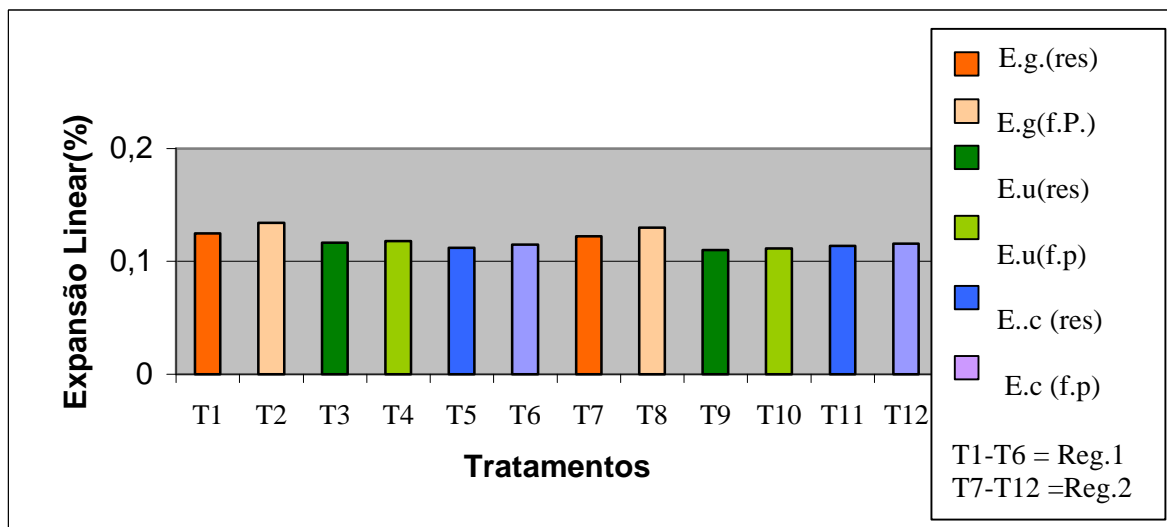
**Quadro 9** - Valores médios de expansão linear (%) dos painéis para as duas regiões em questão.

Valores médios de expansão linear (%)	
Regiões	Médias
Região 1	0,1200(a)
Região 2	0,1156(b)

\*Médias seguidas de mesma letra, ao longo da coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

Considerando o mesmo tipo de partícula (Quadro 8), não se observou diferença significativa oriunda das regiões.

A norma ANSI/A1-280/93 (1993) estabelece que os painéis de madeira aglomerada devem expandir, no máximo, 0,35%, portanto, todas as chapas atenderam a este requisito.



**Figura 14** - Valores médios de expansão linear (%) para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

As partículas provindas do processamento de flocos apresentam uma maior área superficial do que as partículas de resíduos, o que favorece uma maior adsorção de água, levando a uma maior expansão linear das chapas.

## F) Dureza Janka

Nas chapas fabricadas com partículas oriundas da região do Rio Doce, não se observou diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 10 e 17). O valor mínimo estipulado pela norma ANSI/A 208.1 (1993) é de 222,5 kgf, portanto, a dureza Janka de todas as chapas foi superior ao valor mínimo estabelecido pela norma.

Nas chapas produzidas com partículas oriundas de madeiras da região de Cerrado, observou-se que as fabricadas com partículas de *Eucalyptus cloeziana*, bem como partículas de resíduos de *Eucalyptus grandis*, foram mais resistentes do que as demais chapas (Quadros 10 e 11 e Figura 15). Observou-se, ainda, que apesar de nem sempre as diferenças serem significativas, todas as chapas fabricadas com resíduos foram numericamente mais resistentes do que aquelas

fabricadas com partículas de flocos processadas. Isto, provavelmente, se deve à diferença na geometria das partículas.

**Quadro 10** - Valores médios de dureza Janka (kgf) dos diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e espécies utilizadas, para as duas regiões em questão.

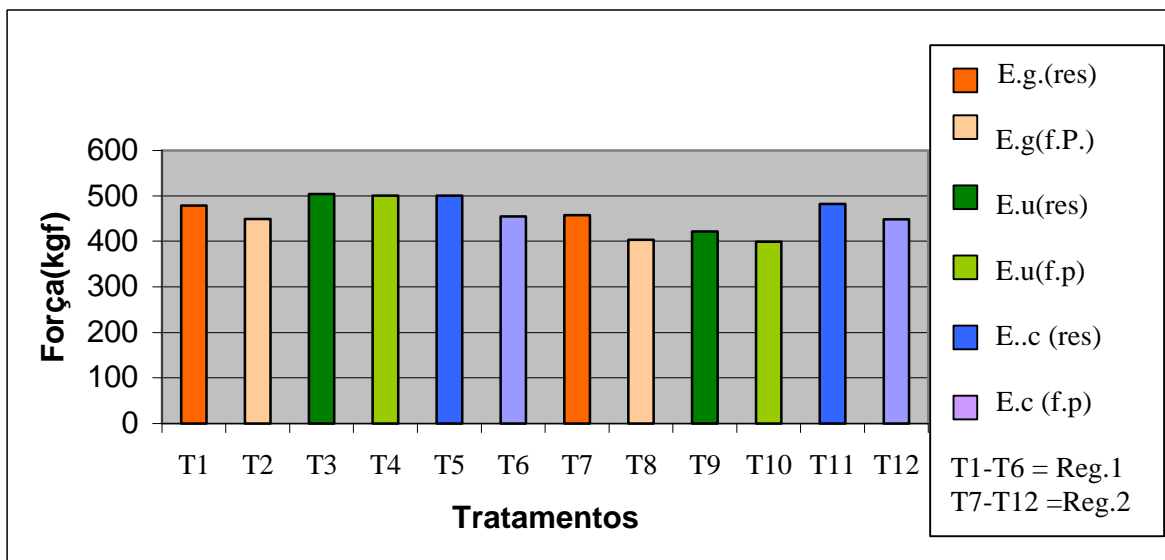
Valores médios de dureza Janka (kgf)		
Tipos de partículas	Região 1	Região 2
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	479(a) A	457(ab) B
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	505(a) A	422(bc) B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	501(a) A	483(a) A
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	450(a) A	404(c) A
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	500(a) A	399(c) B
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	456(a) A	448(ab) A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

**Quadro 11** - Valores médios de dureza Janka (kgf) dos painéis para as duas regiões em questão.

Valores médios de dureza Janka (kgf)	
Regiões	Médias
Região 1	481,69(a)
Região 2	435,75(b)

\*Médias seguidas de mesma letra, ao longo da coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 15** - Valores médios de dureza Janka (kgf) para os diferentes tratamentos, sendo: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

### G) Arrancamento de parafuso

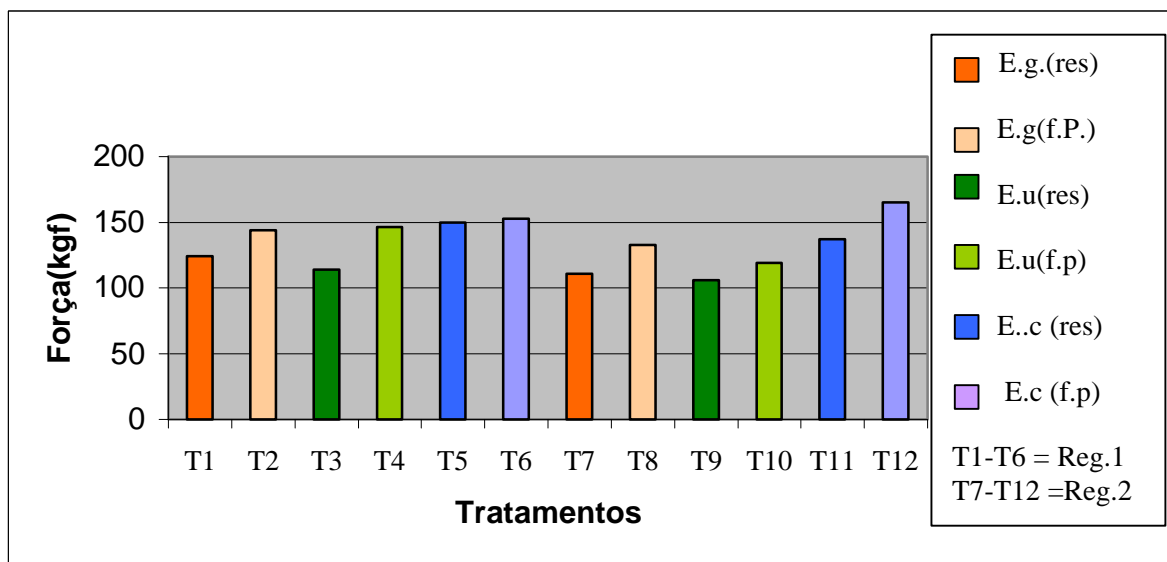
As médias da resistência ao arrancamento de parafuso podem ser observadas no Quadro 12 e Figura 15. Observaram-se diferenças significativas entre as chapas fabricadas com diferentes tipos de partículas. Contudo, não foi evidenciada diferença significativa entre regiões. Com exceção das chapas produzidas com *Eucalyptus cloeziana*, os maiores valores para resistência ao arrancamento de parafuso foram observados nas chapas fabricadas com flocos processados; portanto, a geometria das partículas teve um efeito significativo nesta propriedade. De modo geral, assim como observado para dureza Janka, as maiores resistências foram obtidas nos painéis fabricados com misturas de partículas de *Eucalyptus cloeziana* e *Pinus*.

Apesar da diferença significativa entre os painéis, todos eles apresentaram resistência ao arrancamento de parafuso superior ao valor mínimo de 100 kgf, estabelecido na norma ANSI/A 208.1-93 (1993), para este tipo de produto (Figura 16).

**Quadro 12** - Valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso (kgf) para os diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e espécies utilizadas, para as duas regiões em questão.

Valores médios de arrancamento de parafuso (kgf)			
Tipos de partículas	Região 1	Região 2	Média
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	124,25	110,75	117,50 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	114,00	106,00	110,00 (b)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	152,50	137,00	143,38 (ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	144,00	132,88	138,44 (ab)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	146,75	119,13	132,78 (ab)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	110,75	165,25	158,88 (a)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 16** - Valores médios de arrancamento de parafuso (kgf) para os diferentes tipos de tratamentos, sendo: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

## H) Compressão longitudinal

Observou-se diferença significativa entre painéis, ocasionada pelo tipo de partícula e entre regiões (Quadros 13 e 14). A região que apresentou maior média foi a região 2.

Na comparação entre as médias, sem considerar as regiões, observa-se que os maiores valores à compressão longitudinal foram obtidos nas chapas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. Não está especificado, na norma, o valor mínimo aceitável.

Os valores médios de resistência à compressão longitudinal estão apresentados nos Quadros 13 e 14 e Figura 17.

**Quadro 13** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tratamentos, para as duas regiões.

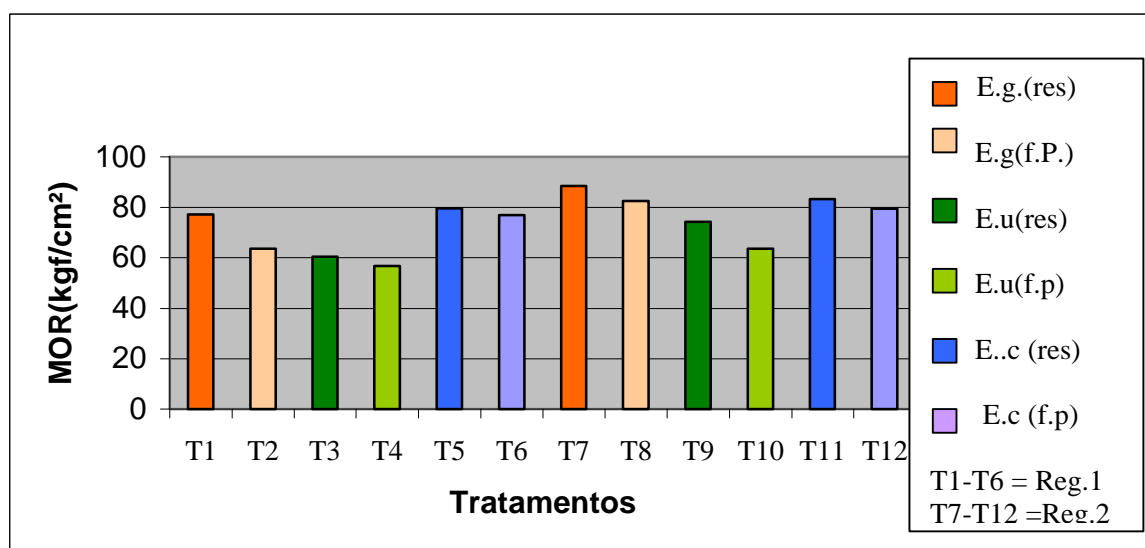
Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm <sup>2</sup> )			
Tipos de partículas	Região 1	Região 2	Médias
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	77,24	88,39	82,81(a)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	60,55	74,28	67,41(bc)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	79,56	83,41	81,48(ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	63,59	82,43	73,01(abc)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	56,72	63,67	60,19(c)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	77,02	79,35	78,18(ab)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

**Quadro 14** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>) dos painéis, para as duas regiões.

Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm <sup>2</sup> )	
Regiões	Médias
Região 1	69,11 (b)
Região 2	78,56 (a)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 17** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tipos de tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

### I) Tração Perpendicular

Este ensaio teve por finalidade avaliar a adesão entre as partículas, mostrando o grau de aderência entre as mesmas (Figura 18). Observou-se uma diferença significativa entre os tipos de partículas e entre as regiões (Quadros 15 e 16), porém, não houve interação significativa entre elas.

Comparando-se as médias, sem considerar as regiões, observa-se que, apenas as chapas fabricadas com partículas de resíduos de *Eucalyptus grandis*, diferiram das demais.



Apesar de não ter sido observada havido diferença estatística entre os painéis produzidos com partículas de resíduo e partículas de flocos processados, exceto para a chapa de *Eucalyptus grandis*, houve uma tendência dos painéis produzidos com partículas de maior coeficiente de esbeltez apresentar médias mais altas do que os painéis produzidos com resíduos (Quadro 15).

Segundo a norma ANSI/A1-280/93 (1993), o mínimo requerido para este ensaio em painéis de aglomerado de média densidade, é de 4,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Baseado nessa norma, observa-se que todos os tratamentos atenderam ao mínimo estipulado, para serem comercializados.

**Quadro 15** - Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e espécies utilizadas, para as duas regiões em questão.

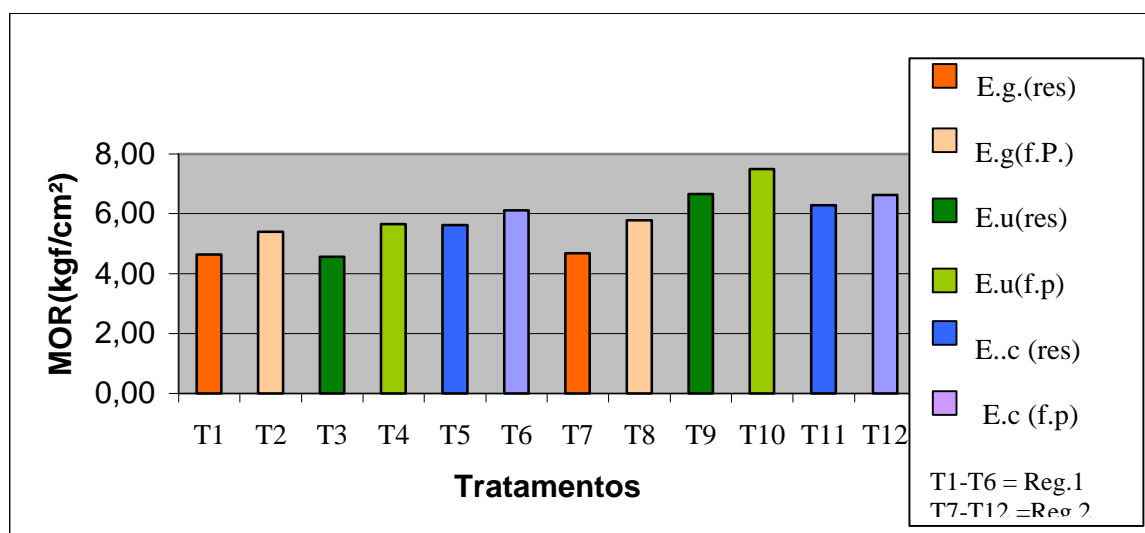
Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm <sup>2</sup> )			
Tipos de partícula	Região 1	Região 2	Médias
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	4,63	4,69	4,66 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	4,57	6,66	5,61 (ab)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	5,62	6,29	5,95 (ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	5,39	5,78	5,58 (ab)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	5,66	7,49	6,57 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	6,11	6,63	6,36 (ab)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

**Quadro 16** - Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm<sup>2</sup>) dos painéis para as duas regiões.

Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm <sup>2</sup> )	
Regiões	Médias
Região 1	5,34(b)
Região 2	6,26(a)

\*Médias seguidas de mesma letra, ao longo da coluna, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 18** - Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm<sup>2</sup>), para os diferentes tipos de tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

## J) Módulo de Ruptura (MOR)

Observaram-se diferenças significativas entre as médias oriundas dos tipos de partículas e regiões; entretanto, a interação entre ambos não foi significativa.

As chapas fabricadas com madeira oriunda da região 2 apresentaram melhor média, quando comparadas com a região 1. Comparando-se as médias sem considerar as regiões, observa-se, que apenas as chapas fabricadas com resíduos de madeira de *Eucalyptus grandis*, diferem das demais, apesar de não se observar diferenças significativas entre tratamentos. Observa-se que, os que tenderam a apresentar as melhores médias foram aqueles com partículas processadas de flocos,

ou seja, partículas que tinham maior coeficiente de esbeltez, o que leva a supor que uma melhor aderência entre as partículas influenciou no módulo de ruptura da flexão estática.

Segundo a ANSI/A 208.1 (1993), o valor mínimo exigido para painéis de média densidade é de 110 kgf/cm<sup>2</sup>. Com base nessa norma, pode-se observar que todos os painéis atingiram o valor de aceitação comercial.

As médias de resistência à flexão estão apresentadas nos Quadros 17 e 18 e Figura 19.

**Quadro 17** - Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e espécies utilizadas, para as duas regiões em questão.

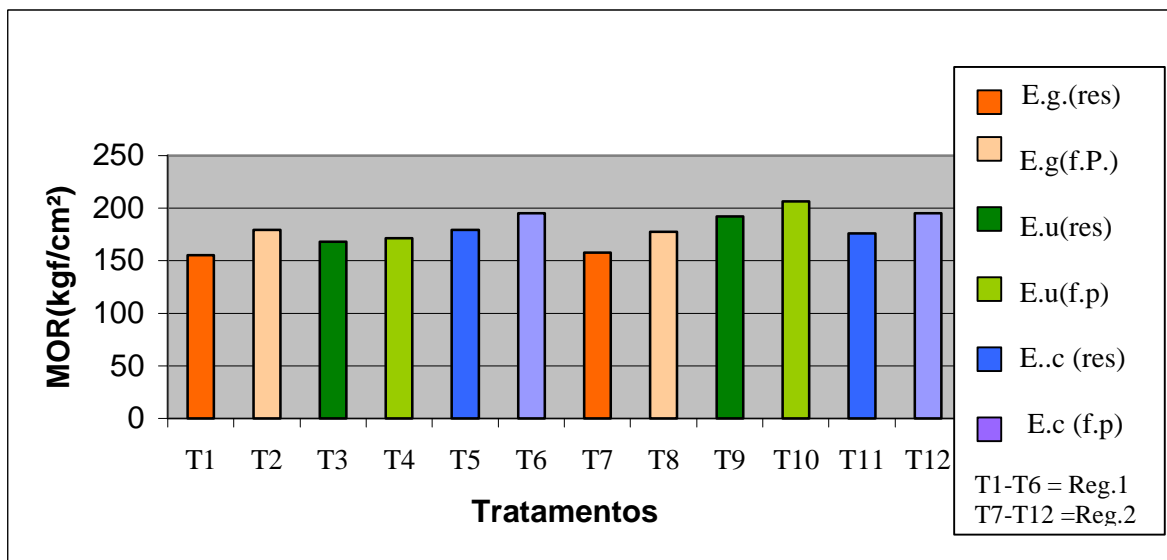
Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )			
Tipos de partículas	Região 1	Região 2	Médias
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	155,23	157,81	156,25 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	167,77	192,30	180,04 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	179,28	175,73	177,50 (ab)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	179,15	177,18	178,17 (ab)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	171,63	206,31	188,97 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	195,24	195,11	195,18 (a)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

**Quadro 18** - Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>) dos painéis, para as duas regiões em questão.

Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	
Regiões	Médias
Região 1	174,72(b)
Região 2	184,08 (a)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 19** - Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tipos de tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

### K) Módulo de Elasticidade (MOE)

Não se observou diferença significativa oriunda do tipo de partícula ou região.

Apesar de não ter havido diferença significativa, os resultados mostram uma tendência das médias serem maiores para tratamentos onde entrou uma quantidade maior de *Pinus elliottii* na composição do painel, como já era de se esperar. Mesmo tendo usado uma taxa igual de compactação para todos os painéis, os que tiveram uma maior quantidade de *Pinus elliottii* na mistura apresentaram um colchão mais volumoso, o que leva a supor que houve um maior adensamento das partículas, devido a uma maior força de compactação aplicada sobre as mesmas, a fim de se obter espessura igual para todos os painéis.

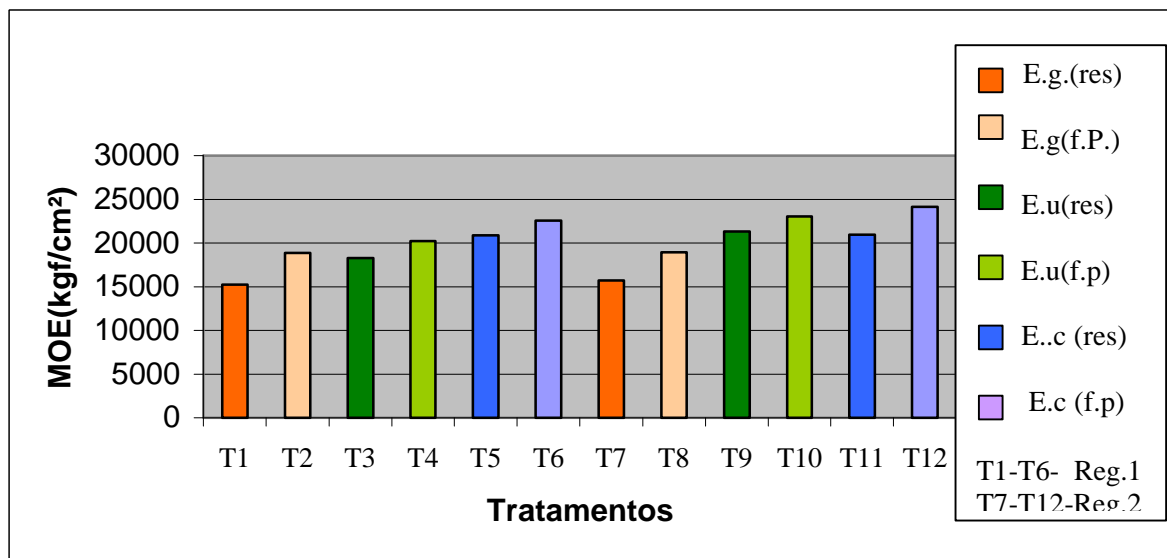
O valor mínimo exigido pela ANSI/A 208.1 (1993) é de 17250 kgf/cm<sup>2</sup>, para aceitação comercial dos painéis de aglomerado de média densidade. Assim, as chapas fabricadas com 100% de partículas de resíduos de *Eucalyptus grandis* não atenderam a este critério de classificação, devido a má adesão entre os flocos causada pela acetilação.

No Quadro 19 e Figura 20, estão mostrados os valores do módulo de elasticidade para as chapas fabricadas com madeira das duas regiões e tipos de partículas.

**Quadro 19** - Valores médios do módulo de elasticidade (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tratamentos, em função do tipo de partícula e espécies utilizadas, para as duas regiões em questão.

Valores médios do módulo de elasticidade (kgf/cm <sup>2</sup> )			
Tipos de partículas	Região 1	Região 2	Médias
<i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)	16162	16271	16216 (a)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	17860	27232	22546 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (resíduo)	21908	23584	22746 (a)
<i>Eucalyptus grandis</i> (flocos processados)	22063	22262	22162 (a)
<i>Eucalyptus urophylla</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	23211	28690	21628 (a)
<i>Eucalyptus cloeziana</i> + <i>Pinus</i> (flocos processados)	25635	25261	25448 (a)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 20** - Valores médios do módulo de elasticidade (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; res: resíduo; f.p.: flocos processados.

#### 4.2. OSB

Os teores de acetilação das espécies de eucalipto da região 1 (Rio Doce) e região 2 (Cerrado) foram, respectivamente: *Eucalyptus grandis* ( 21,24 e 21,23%), *Eucalyptus urophylla* (23,18 e 22,30%) e *Eucalyptus cloeziana* (20 e 20,71%).

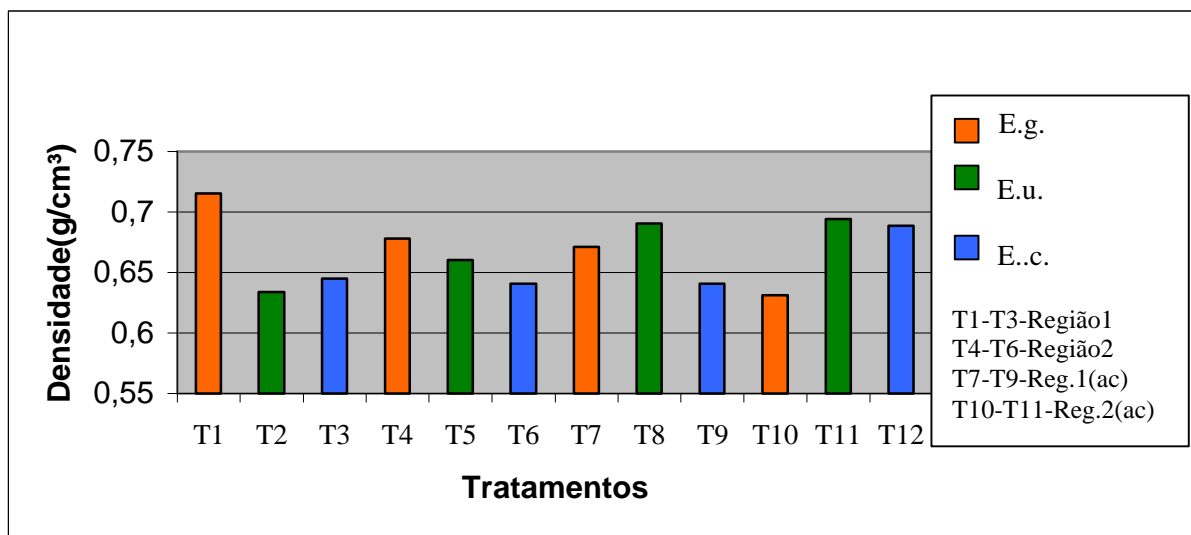
Os resumos das análises de variância são mostrados nos Quadros 11B, 12B, 13B, 14B, 15B, 16B, 17B, 18B, 19B, 20B, 21B, 22B, 23B, 24B, 25B do Apêndice B.

##### A) Densidade

Apesar dos valores numericamente diferentes de densidade, a análise de variância não indicou diferença significativa entre os tratamentos.

Segundo a ANSI/A1-280/93, os painéis com densidade variando entre 0,60 e 0,80 g/cm<sup>3</sup> , são classificados como painéis de densidade média.

A Figura 21 apresenta as médias de densidade dos painéis para as três espécies de *Eucalyptus* e para as respectivas regiões, as quais variaram entre 0,63 a 0,71 g/cm<sup>3</sup>.



**Figura 21** - Valores médios das densidades dos painéis (g/cm<sup>3</sup>) para os tratamentos e regiões, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

## B) Umidade

Os valores médios de umidade, após equilíbrio à 20°C e 65% de umidade relativa, são apresentados no Quadro 20 e na Figura 22. Comparando-se os valores encontrados neste trabalho, com aqueles encontrados por BORTOLETTO JÚNIOR e GARCIA (2004), para painéis OSB não-acetilados, observa-se que estão dentro do esperado, variando de 11 a 12%. Esta diferença, provavelmente é oriunda de diferenças na constituição das madeiras.

As maiores diferenças significativas entre as médias, conforme pode ser observado no Quadro 20, foram consequência da acetilação. Isto era esperado e está de acordo com resultados encontrados por outros pesquisadores, como por exemplo, VICK e ROWELL (1989) e ROWELL at all. (1994) e foi provocado pelo bloqueio dos sítios de adsorção pela acetilação.

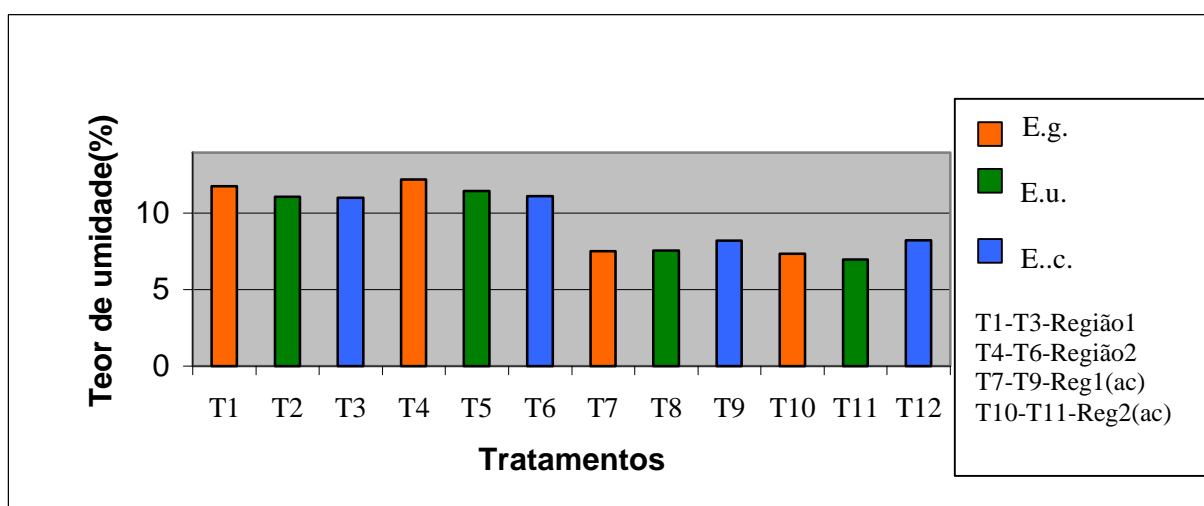
Observa-se, ainda, no Quadro 20 e Figura 22, que as chapas que equilibraram a teores de umidade mais elevados, foram aquelas contendo flocos de *Eucalyptus grandis*, dentre os não-acetilados, ou de *Eucalyptus cloeziana* dentre os acetilados.

Não se observaram diferenças significativas entre as duas regiões.

**Quadro 20** – Valores médios para umidade (%) após equilíbrio à 20°C e 65% de umidade relativa.

Valores Médios da umidade após equilíbrio (%).		
Espécies	Não-acetilado	Acetilado
<i>Eucalyptus grandis</i>	12,00 (a)A	7,44 (b)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	11,29 (b)A	7,27 (b)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	11,09 (b)A	8,22 (a)B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 22** - Valores médios do teor de umidade (%), para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.



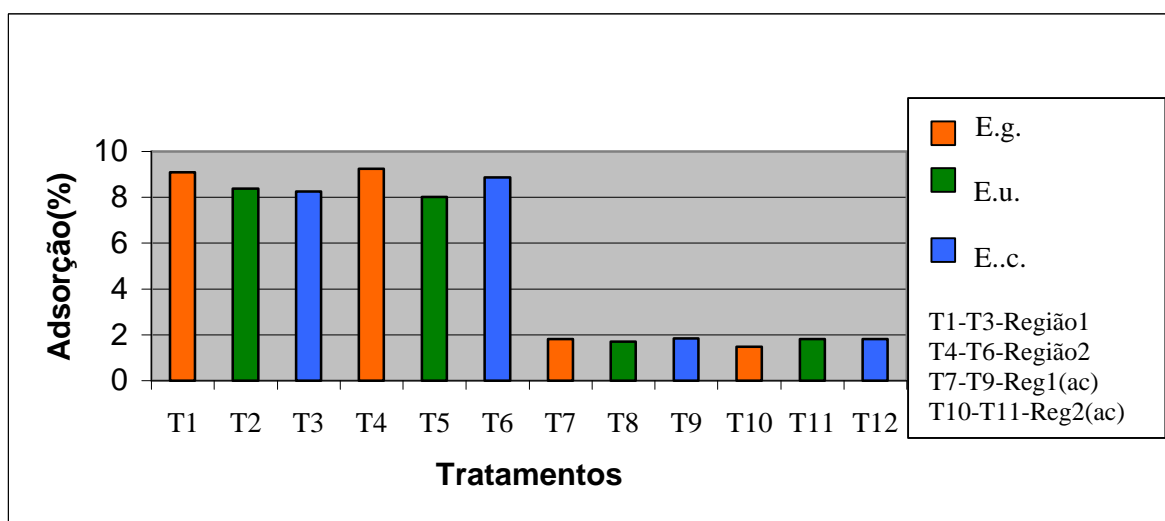
### C) Adsorção de vapor de água

Os valores médios de adsorção de vapor de água estão apresentados Quadro 21 e Figura 23. A acetilação reduziu a taxa de adsorção de água para todas as espécies. Este resultado era esperado e está de acordo com outros trabalhos, como VICK & ROWELL (1989). Isto ocorreu devido ao bloqueio dos sítios de adsorção pela acetilação.

**Quadro 21** – Valores médios de adsorção de vapor de água(%), em função da espécie e acetilação.

Valores médios de adsorção de água(%)		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	9,17 (a)A	1,64 (a)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	8,22 (b)A	1,76 (a)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	8,55 (b)A	1,82 (a)B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 23** - Valores médios de adsorção de vapor de água (%), para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

Nas chapas fabricadas com flocos não-acetilados, observou-se que aquelas contendo flocos de *Eucalyptus grandis* apresentaram uma maior adsorção de vapor de água. A acetilação eliminou esta diferença.

A região de origem da madeira não afetou significativamente a adsorção de água pelas chapas.

#### D) Inchamento em espessura

Vários fatores podem interferir no inchamento em espessura, como teor e tipo de adesivo, geometria das partículas, aditivos, taxa de compressão e densidade, adsorção de água, entre outros (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1984; KELLY, 1977). Verifica-se que o inchamento em espessura dos painéis fabricados com flocos não-acetilados foi afetado pela espécie e região de origem (Quadros 22, 23 e Figura 24). A espécie que provocou o maior inchamento foi o *Eucalyptus grandis*, que foi também aquela onde se observou a maior adsorção de água. Além disso, as chapas produzidas de flocos oriundos de madeira da região 2 apresentaram inchamento ligeiramente superior àquelas fabricadas com madeiras da região 1. As maiores diferenças numéricas foram observadas quando se comparam as chapas fabricadas com flocos não-acetilados. A acetilação reduziu de forma significativa o inchamento em espessura, não havendo diferença entre regiões e espécies de madeira.

O efeito da acetilação é decorrente da menor adsorção de água observada nestas chapas.

**Quadro 22** - Valores médios de inchamento em espessura (%), em função da espécie e acetilação.

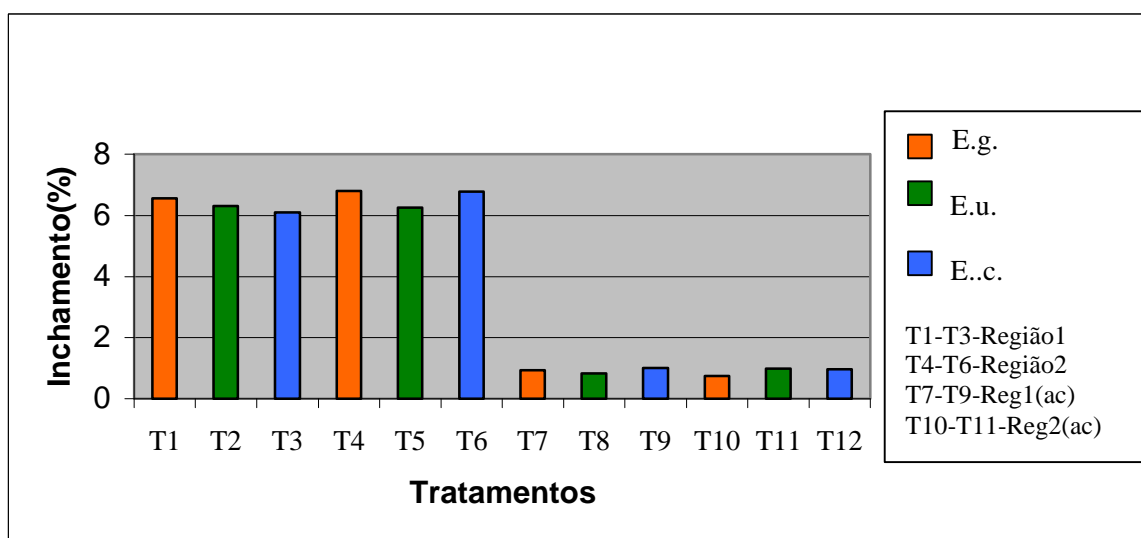
Valores médios de inchamento em espessura (%)		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	6,67 (a)A	0,84 (a)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	6,28 (b)A	0,91 (a)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	6,44 (ab)A	0,98 (a)B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

**Quadro 23** - Valores médios de inchamento em espessura (%) em função da região e acetilação.

Valores médios de inchamento em espessura (%)		
Regiões	Não-acetiladas	Acetiladas
Região 1	6,31 (a)A	0,92 (a)B
Região 2	6,61 (b)A	0,90 (a)B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 24** - Valores médios de inchamento em espessura (%), para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

### E) Expansão Linear

A acetilação dos flocos ocasionou uma redução significativa na expansão linear das chapas fabricadas com flocos das três espécies de eucalipto, tanto na direção paralela quanto na direção perpendicular.

A expansão linear paralela das chapas, fabricadas com flocos não-acetilados de *Eucalyptus grandis* foi, significativamente, superior aos das demais chapas. A

diferença, contudo, foi numericamente pequena. Entre as chapas fabricadas com flocos acetilados não houve diferença significativa (Quadros 24, 25 e Figuras 25, 26).

A expansão linear paralela foi afetada, ainda, pela origem da madeira. Os flocos não-acetilados e oriundos da região 2 resultaram em chapas menos estáveis do que aquelas oriundas da região 1.

A expansão na direção perpendicular foi afetada apenas pela acetilação que, conforme esperado, reduziu, significativamente, a magnitude da expansão.

Segundo a norma CSA O437-0/93, o mínimo exigido, comercialmente, para a expansão linear em chapas de OSB, é de 0,35% no sentido paralelo e 0,50%, no sentido perpendicular; todas as chapas atenderam a essa exigência.

**Quadro 24** - Valores médios de expansão linear (%) nas direções paralela e perpendicular, em função da espécie e acetilação.

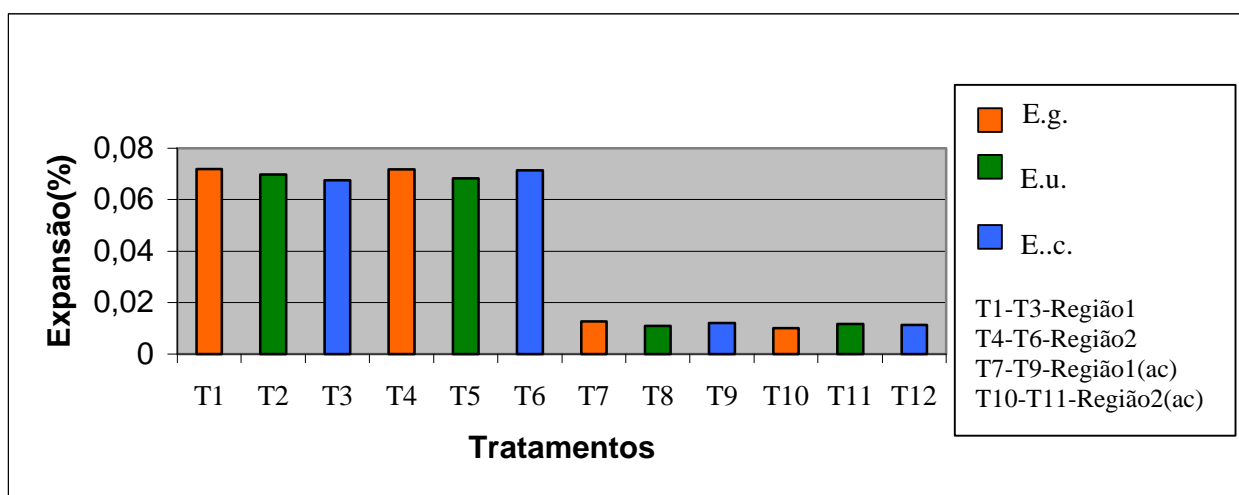
Valores médios de expansão linear (%)		
<b>Direção Paralela</b>		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,069 (a)A	0,011 (a)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,065 (b)A	0,010 (a)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,065 (b)A	0,011 (a)B
<b>Direção Perpendicular</b>		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,072 A	0,011 B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,069 A	0,011 B
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,069 A	0,010 B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

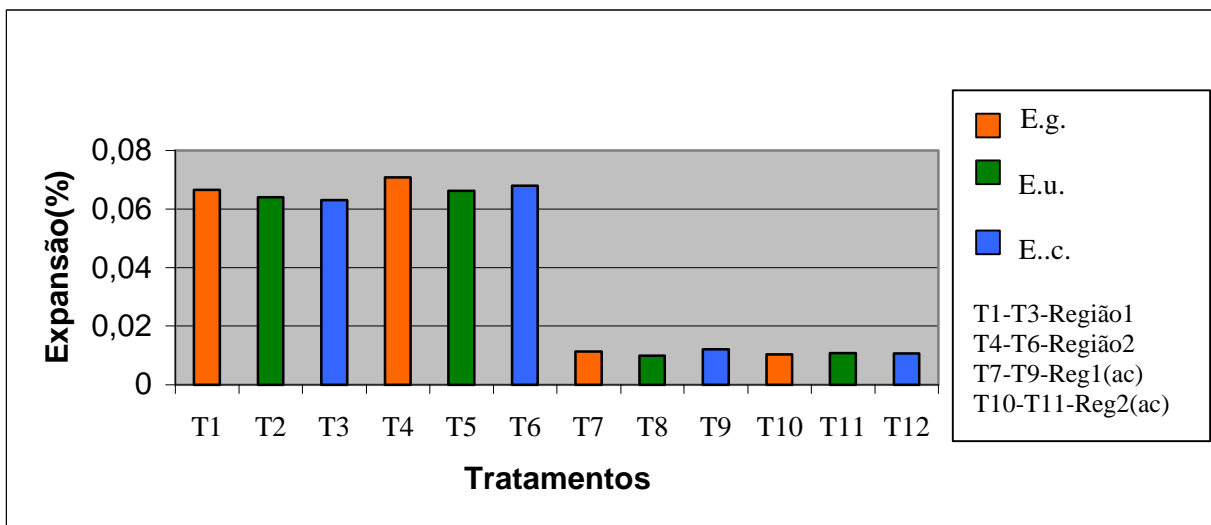
**Quadro 25** - Valores médios de expansão linear (%), nas direções paralela e perpendicular, em função da região e acetilação.

Valores médios de expansão linear (%)		
<b>Direção Paralela</b>		
Regiões	Não-acetiladas	Acetiladas
Região 1	0,064 (b)A	0,011(a)B
Região 2	0,068 (a)A	0,011(a)B
<b>Direção Perpendicular</b>		
Regiões	Não-acetiladas	Acetiladas
Região 1	0,069 A	0,011 B
Região 2	0,070 A	0,011 B

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 25** - Valores médios de expansão linear (%), direção perpendicular, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.



**Figura 26** - Valores médios de expansão linear (%), direção paralela, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

#### F) Dureza Janka

Para as chapas fabricadas com flocos não-acetilados, o maior valor de dureza foi observado para aquelas fabricadas com flocos de *Eucalyptus grandis*. Entre as chapas fabricadas com flocos acetilados não se observaram diferenças significativas.

A acetilação, de modo geral, resultou em chapas com melhores propriedades para dureza Janka; contudo, a diferença foi significativa apenas para as chapas fabricadas com flocos de madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus cloeziana* (Quadro 26 e Figura 27).

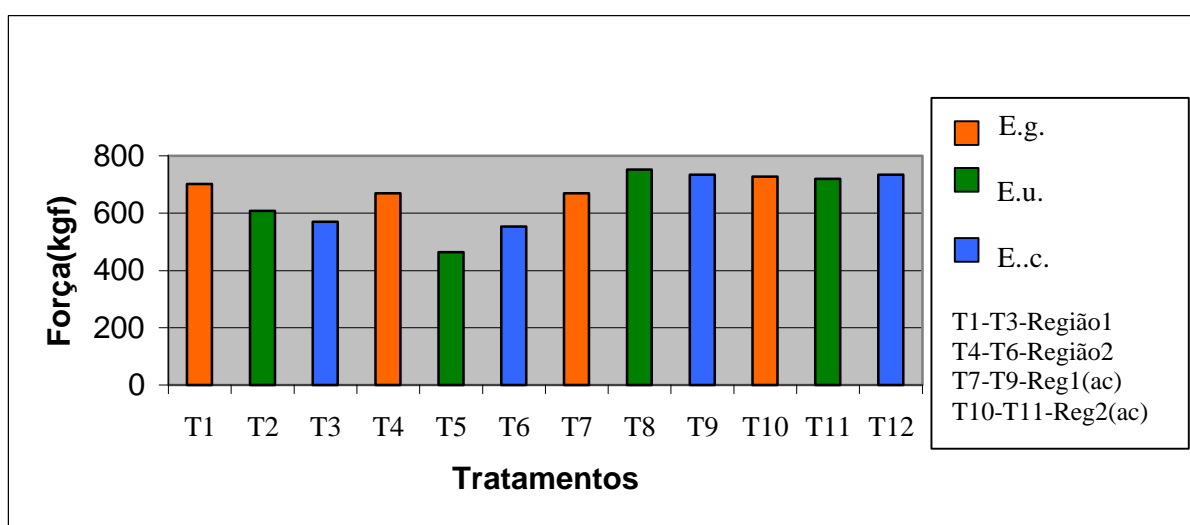
O fato de as partículas acetiladas apresentarem um teor mais baixo de umidade contribuiu para uma maior resistência do painel à penetração da esfera no teste de dureza. Quanto mais seca estiver a madeira, maior será a sua resistência e, quanto maior a umidade, menor será a sua resistência à penetração da esfera.

Na norma ANSI/A1-280/93, o mínimo exigido para atender às especificações do mercado é de 222,5 kgf; todos os painéis apresentaram um valor superior ao estipulado pela norma.

**Quadro 26** - Valores médios de dureza Janka (kgf), em função da espécie e acetilação.

Valores médios de dureza Janka (kgf)		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	685 (a)A	698 (a)A
<i>Eucalyptus urophylla</i>	536 (b)B	736 (a)A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	561 (b)B	734 (a)A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 27** - Valores médios de dureza Janka (kgf) para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

### G) Tração Perpendicular

O teste de resistência à tração perpendicular é, particularmente, importante, porque permite avaliar a adesão entre partículas e constatar eficiência do adesivo nos tratamentos.

Entre as chapas fabricadas com flocos não-acetilados, não se observaram diferenças significativas oriundas da espécie ou região. A acetilação, no entanto, reduziu a resistência das chapas fabricadas com flocos de *Eucalyptus grandis*, que

passou a ser, significativamente, menos resistente, quando comparado com as demais chapas (Quadro 27 e Figura 28) .

Os painéis que apresentaram maior valor de média para este teste foram aqueles constituídos de madeira de *Eucalyptus cloeziana* com *Pinus*. A adesão envolve mecanismos de ligações físicas e químicas que estão correlacionados com a disponibilidade dos sítios de adsorção na madeira. Quando os sítios de ligação estão bloqueados, observa-se uma queda na taxa de adesão entre as partículas, o que leva a desempenhos inferiores em testes que estão intimamente relacionados com a adesão. Se considerarmos que as partículas de *Eucalyptus cloeziana* apresentaram um valor, inferior ao das outras duas espécies, no teor de acetilação, isto leva a crer que esse fato contribuiu diretamente para um melhor desempenho na tração perpendicular.

Além de haver um baixo teor de acetilação das partículas de *Eucalyptus cloeziana*, também houve uma quantidade considerável de madeira de *Pinus* misturada na chapa que, de certo modo, pode ter contribuído para este resultado, já que os flocos de *Pinus* não foram acetilados.

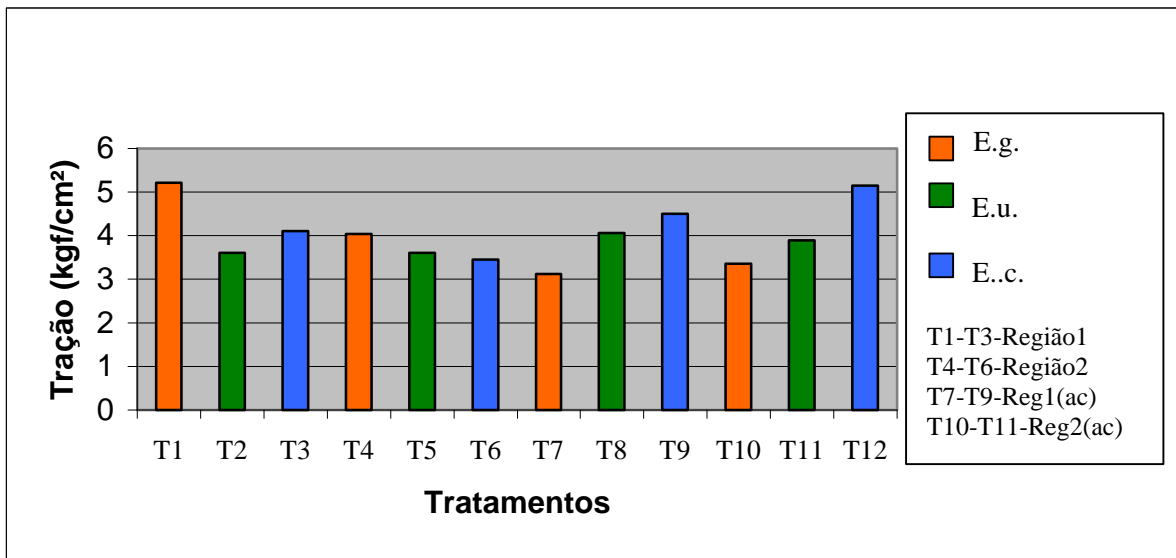
Na norma CSA O437-0/93, o mínimo exigido para atender às especificações do mercado é de 3,45 kgf. Todos os painéis, com exceção dos compostos com madeira de *Eucalyptus grandis* acetilada, apresentaram valor superior ao estipulado pela norma.

**Quadro 27** - Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm<sup>2</sup>) dos tratamentos nas regiões 1 e 2.

Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm <sup>2</sup> )		
Espécies	não-acetiladas	acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	4,62(a)A	3,24(b)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3,60(a)A	3,97(a)A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3,78(a)A	4,82(a)A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.





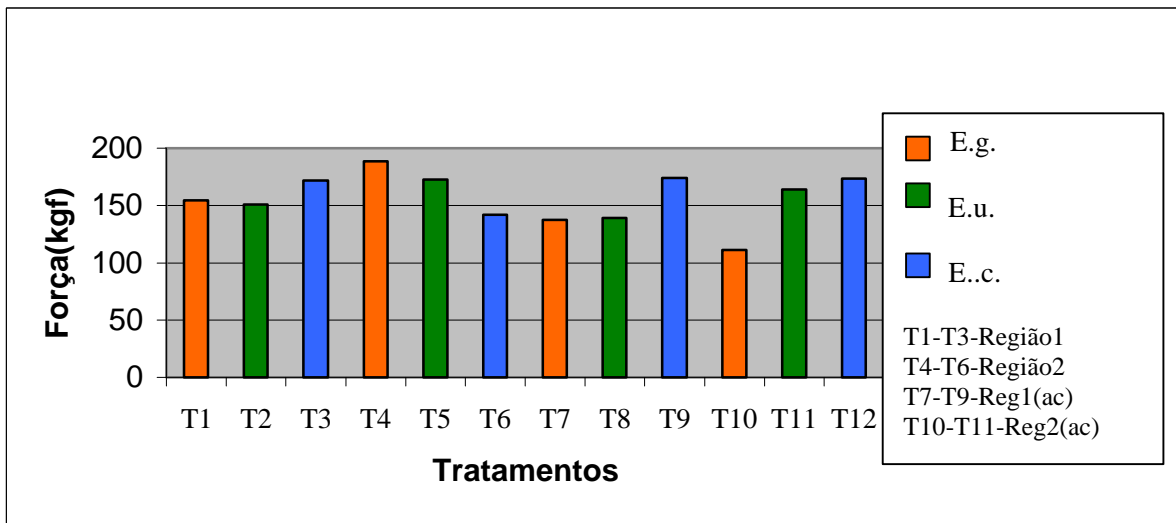
**Figura 28** - Valores médios de tração perpendicular (kgf/cm<sup>2</sup>) para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

## H) Arrancamento de Parafuso

Não foi observada nenhuma diferença significativa entre todos os tratamentos. Observou-se, contudo, uma leve tendência dos resultados a serem influenciados pela adesão. Quando o parafuso é tracionado, a força de adesão entre as partículas que o envolvem impedem a sua extração, ou seja, quanto mais forte a adesão entre as partículas, maior será a carga necessária para sua retirada do corpo-de-prova (Figura 29).

O tratamento que apresentou menor média foi aquele constituído somente de flocos de *Eucalyptus grandis* acetilado. A resistência média ao arrancamento de parafuso foi igual a 156,71 kgf.

Na norma ANSI/A 208.1-93 foi estipulado um mínimo de 100 kgf para painéis de média densidade, fabricados comercialmente. Todos os painéis superaram o mínimo estabelecido na norma.



**Figura 29** - Valores médios de arrancamento de parafuso (kgf), para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

### I) Compressão longitudinal

No sentido perpendicular à orientação predominante dos flocos da face, observou-se que, dentro da mesma região, não houve diferença significativa entre as espécies. Na região 2, no entanto, a resistência das chapas fabricadas com flocos de *Eucalyptus urophylla* foi significativamente menor do que aquelas fabricadas com flocos da mesma espécie, porém, oriundas da região 1 (Quadros 28, 29 e Figuras 30, 31).

A acetilação, de modo geral, não afetou esta propriedade. Observou-se uma redução na resistência à compressão longitudinal, na orientação predominante dos flocos das faces, para as chapas fabricadas com flocos acetilados de *Eucalyptus grandis*.

**Quadro 28** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>), na direção perpendicular à orientação predominante dos flocos das faces, em função das espécies e regiões de origem da madeira.

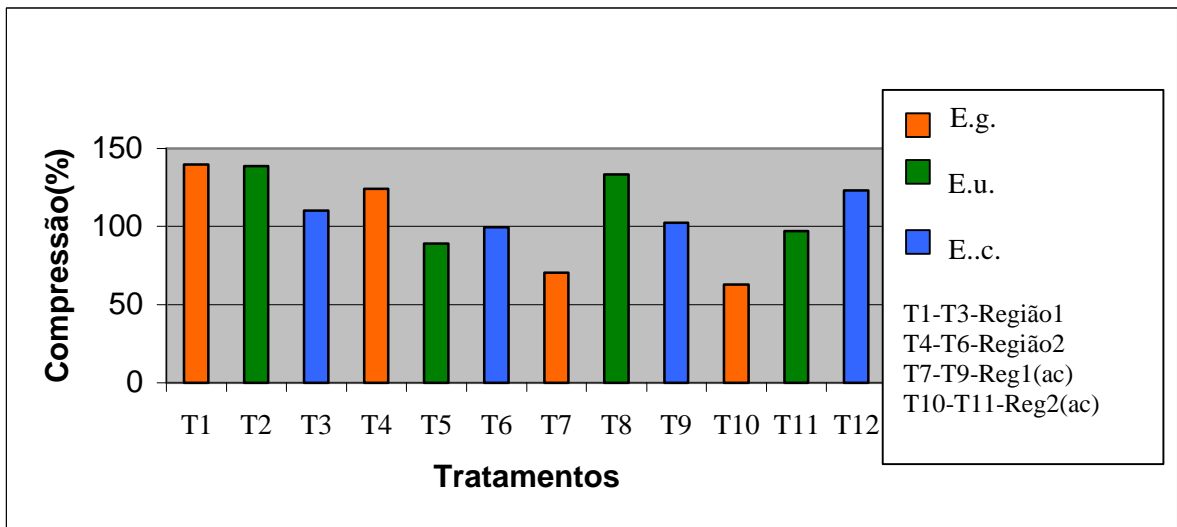
Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm <sup>2</sup> )		
<b>Direção Perpendicular</b>		
Espécies	Região 1	Região 2
<i>Eucalyptus grandis</i>	92,59 (a)A	73,68 (a)A
<i>Eucalyptus urophylla</i>	117,14 (a)A	75,43 (a)B
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	85,82 (a)A	101,37 (a)A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

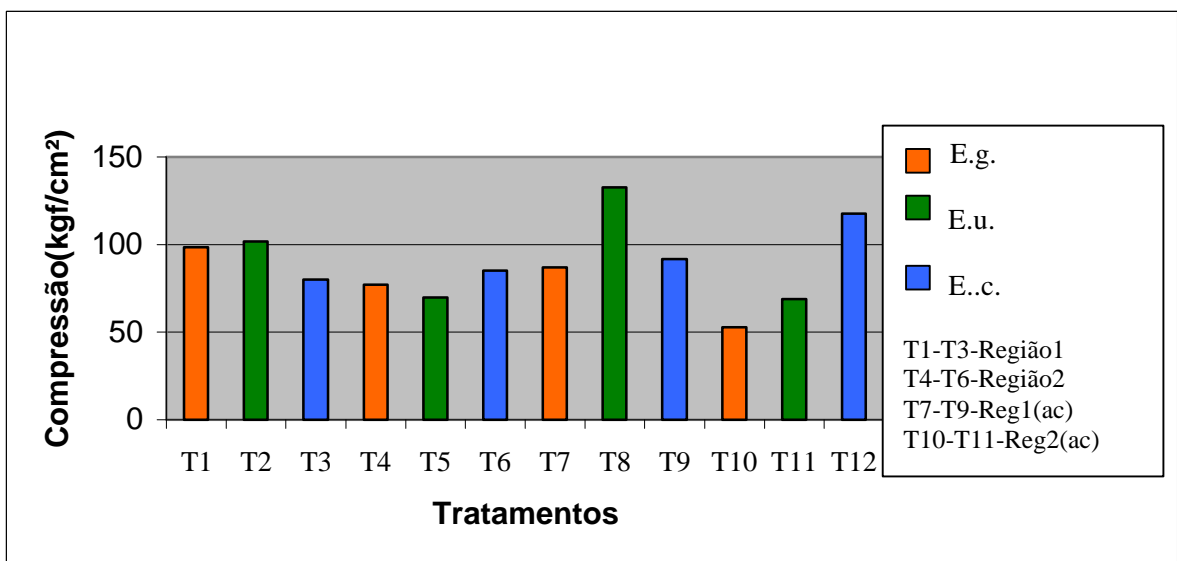
**Quadro 29** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>), nas direções perpendicular e paralela à orientação predominante dos flocos das faces, em função das espécies e acetilação.

Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm <sup>2</sup> )		
<b>Direção Paralela</b>		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	96,50 (a)A	69,76 (b)A
<i>Eucalyptus urophylla</i>	91,90 (a)A	100,67 (a)A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	82,55 (a)A	104,75 (a)A
<b>Direção Perpendicular</b>		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	131,91 (a)A	66,78 (b)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	113,96 (a)A	115,30 (a)A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	104,70 (a)A	112,00 (a)A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 30** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>), no sentido perpendicular predominante dos flocos da face, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.



**Figura 31** - Valores médios de compressão longitudinal (kgf/cm<sup>2</sup>), no sentido paralelo predominante dos flocos da face, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

## J) Módulo de Ruptura (MOR)

Tanto na direção paralela, quanto na direção perpendicular à orientação dos flocos, notou-se diferença significativa para as chapas fabricadas com flocos de *Eucalyptus grandis* acetilados e não-acetilados. Observou-se, ainda, que a resistência, tanto no sentido paralelo quanto no perpendicular, das chapas fabricadas com flocos de *Eucalyptus grandis*, foi inferior à resistência das demais chapas (Quadros 30, 31 e Figuras 32, 33).

Considerando a média geral, como mostra o Quadro 31, observou-se que as chapas fabricadas com flocos de *Eucalyptus cloeziana* foram, significativamente, mais resistentes do que aquelas fabricadas com flocos das demais espécies.

A norma CSA O437-0/93 estipula um valor mínimo de 290 kgf/cm<sup>2</sup>, para chapas orientadas no sentido paralelo, e um valor de 124 kgf/cm<sup>2</sup>, para chapas orientadas no sentido perpendicular. Todas as chapas tiveram resistência superior ao valor mínimo estabelecido pela norma.

**Quadro 30** - Valores médios de módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>), nas direções perpendicular e paralela à orientação predominante dos flocos das faces, em função das espécies e acetilação.

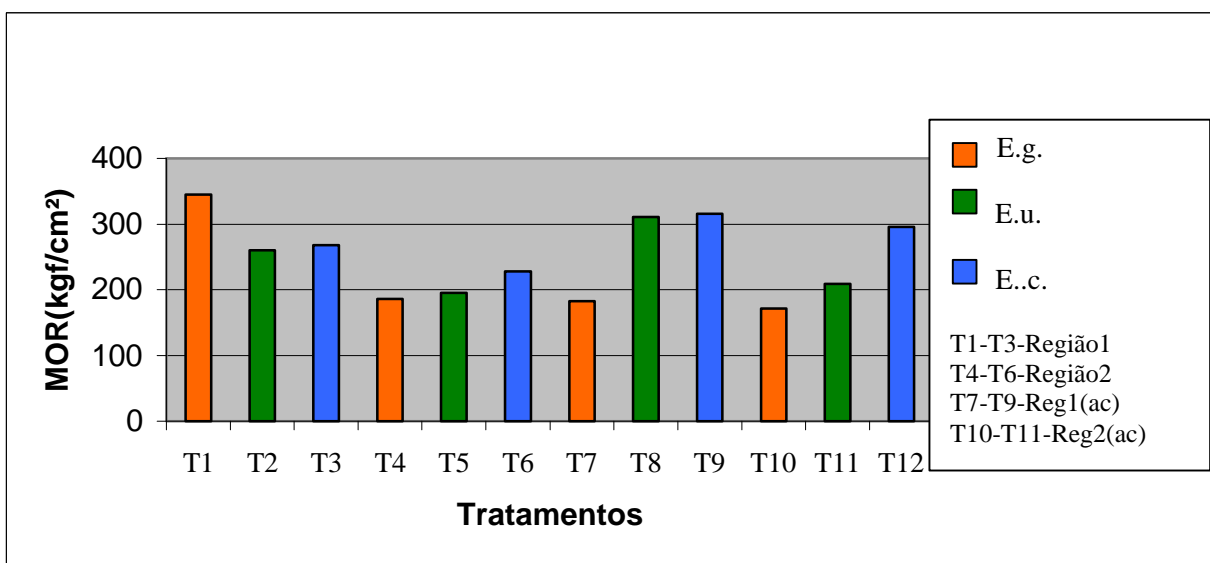
Valores médios de módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )		
<b>Direção Perpendicular</b>		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	265,06 (a)A	177,15 (b)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	227,64 (a)A	259,65 (a)A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	247,59 (a)A	305,61 (a)A
<b>Direção Paralela</b>		
Espécies	Não-acetiladas	Acetiladas
<i>Eucalyptus grandis</i>	338,45 (a)A	229,80 (b)B
<i>Eucalyptus urophylla</i>	313,00 (a)A	335,62 (a)A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	314,87 (a)A	371,94 (a)A

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula numa mesma coluna, ou mesma letra maiúscula na mesma linha, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.

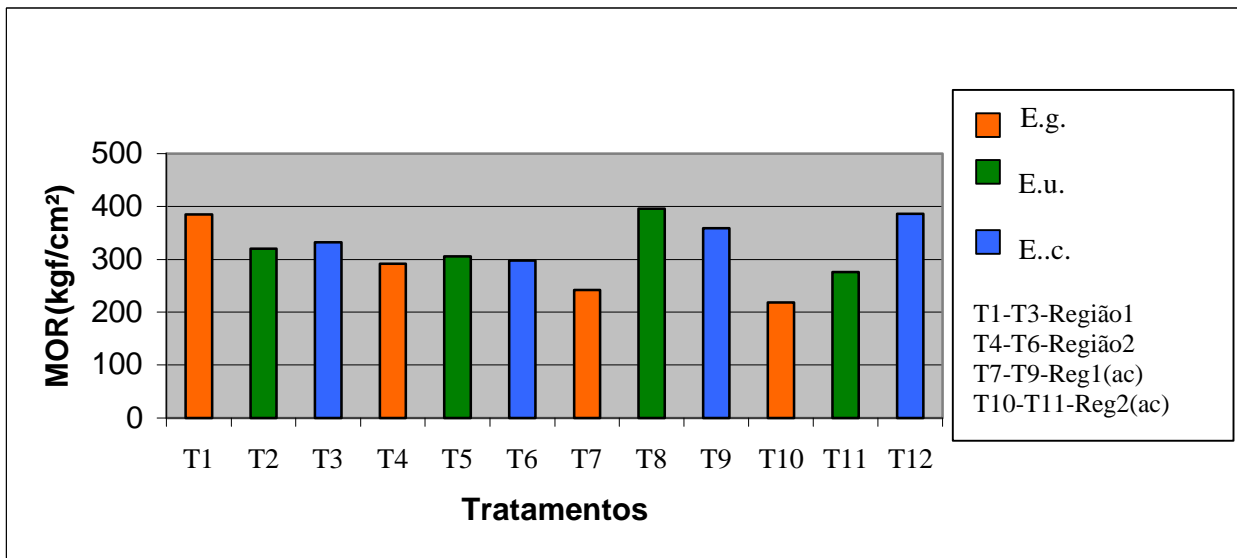
**Quadro 31** - Valores médios de módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>), em função das espécies.

Valores médios de módulo de ruptura (kgf/cm <sup>2</sup> )	
Espécies	Média geral
<i>Eucalyptus grandis</i>	284 (b)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	324 (b)
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	343 (a)

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula ao longo da coluna, não diferem entre si, estatisticamente, em nível de 5% de significância, pelo teste Tukey.



**Figura 32** - Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>), na direção perpendicular a orientação predominante dos flocos das faces, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

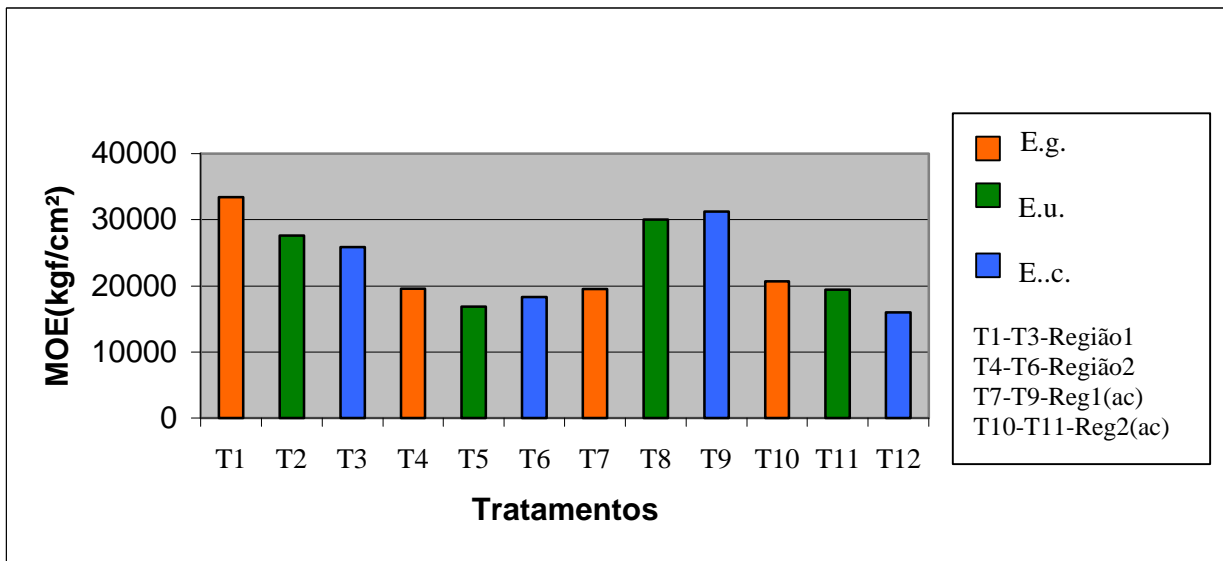


**Figura 33** - Valores médios do módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>), na direção paralela a orientação predominante dos flocos das faces, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.

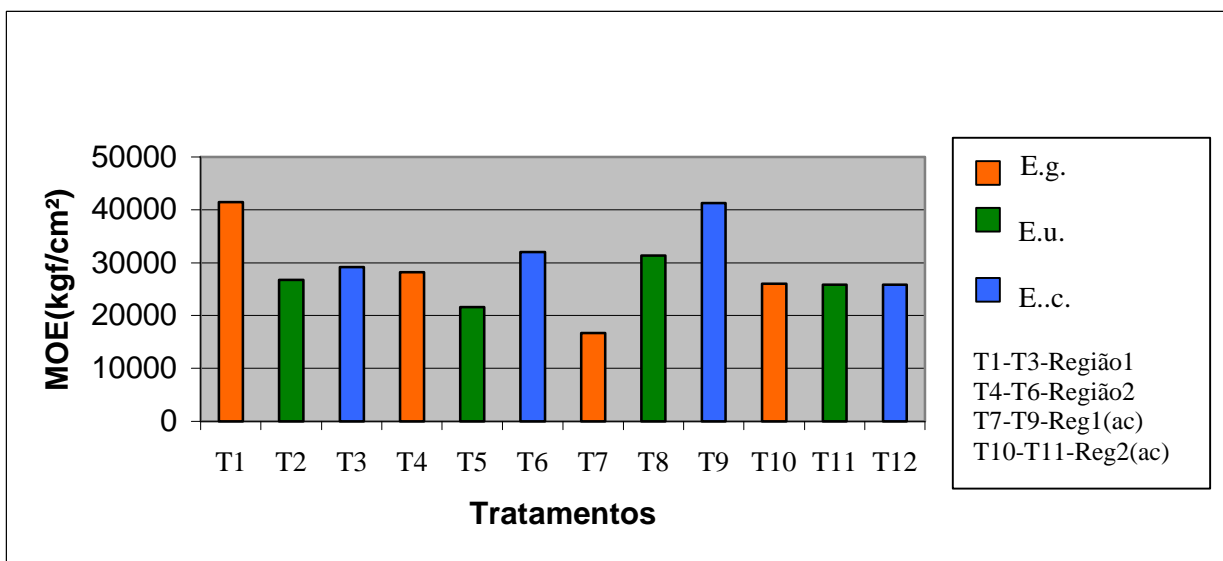
### K) Flexão Estática (MOE)

O valor médio do módulo de elasticidade, no sentido paralelo e perpendicular à orientação dos flocos das faces, foi igual a 28850 kg/cm<sup>2</sup> e 23115 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente, conforme mostra as Figuras 34 e 35. Não se observou diferença significativa nesta propriedade oriunda dos tratamentos.

Segundo a norma CSA O437-0/93, o valor mínimo exigido para o painel ser comercializado é de 55000 kgf/cm<sup>2</sup>, no sentido paralelo, e para o sentido perpendicular, o valor é de 15000 kgf/cm<sup>2</sup>. Nenhuma chapa no sentido paralelo obteve o valor mínimo comercial.



**Figura 34** - Valores médios do módulo de elasticidade (kgf/cm<sup>2</sup>), na direção perpendicular a orientação predominante dos flocos das faces, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.



**Figura 35** - Valores médios do módulo de elasticidade (kgf/cm<sup>2</sup>), na direção paralelo a orientação predominante dos flocos das faces, para os diferentes tratamentos, em que: E.g.: *Eucalyptus grandis*; E.u.: *Eucalyptus urophylla*; E.c.: *Eucalyptus cloeziana*; ac: acetilado.



## 5. CONCLUSÕES

### ➤ Aglomerado:

. A geometria das partículas afetou a propriedade de adsorção de vapor de água pelas chapas, sendo que as partículas oriundas de flocos processados tenderam a apresentar uma maior adsorção de vapor de água, em relação às aquelas oriundas de resíduos. Nos testes mecânicos como dureza Janka e compressão longitudinal, as médias tenderam a ser maiores para chapas fabricadas com partículas de menor coeficiente de esbeltez. Nos testes de tração perpendicular, módulo de ruptura e módulo de elasticidade, as maiores médias tenderam a ser das chapas fabricadas com partículas de maior coeficiente de esbeltez.

. No inchamento em espessura e na expansão linear, os maiores valores encontrados também foram das chapas fabricadas com partículas de maior coeficiente de esbeltez e com maior quantidade de madeira de eucaliptos.

. As chapas fabricadas com madeiras de eucaliptos da região de Ponte Alta apresentaram maiores valores médios para os testes físicos, especialmente as chapas com madeira de *Eucalyptus grandis*. Para os testes de compressão longitudinal, tração perpendicular e módulo de ruptura as chapas fabricadas com madeiras oriundas da região de Três Marias apresentaram melhores resultados.

. A espécie também influenciou nos resultados dos testes; para dureza Janka e arrancamento de parafuso, a espécie que apresentou maiores médias numericamente foi o *Eucalyptus cloeziana* misturado com *Pinus elliottii*. No teste de compressão longitudinal, as chapas que apresentaram maiores médias

numericamente foram as que tiveram, em sua constituição, maior quantidade de madeira de eucaliptos combinada com madeira de pinus. Para tração perpendicular, módulo de ruptura e módulo de elasticidade, as maiores médias tenderam para as chapas com maior quantidade de pinus em sua constituição.

De modo geral, praticamente, todos os painéis aglomerados atenderam os valores estipulados pelas normas.

#### ➤ OSB

. A acetilação reduziu a adsorção de água, inchamento em espessura e expansão linear e influenciou positivamente nos resultados para o teste de dureza Janka, onde as maiores médias encontradas foram as das chapas acetiladas. Nos testes de tração perpendicular, a acetilação diminuiu a resistência para chapas feitas com madeira de *Eucalyptus grandis*, ficando abaixo do valor estipulado pela norma CSA O437-0/93 (1993). Para o arrancamento de parafuso, módulo de ruptura (sentido paralelo e perpendicular) e compressão longitudinal (sentido perpendicular), as chapas com madeira de *Eucalyptus grandis*, novamente, teve a média mais baixa.

. Para os testes de adsorção de água, inchamento em espessura e expansão linear, as maiores médias foram das chapas fabricadas com madeira de *Eucalyptus grandis* não-acetilado.

. A origem da madeira não teve grande influência, nos testes físicos. Somente na expansão linear paralela, as chapas constituídas por flocos não-acetilados oriundos da região de Três Marias teve menor estabilidade dimensional, quando comparadas com as chapas de madeiras oriundas da região de Ponte Alta.

. A espécie que apresentou maior valor médio, de dureza Janka, foi o *Eucalyptus grandis* não-acetilado. Para o teste do módulo de ruptura, observou-se que as maiores médias foram do *Eucalyptus cloeziana* misturado com *Pinus* sp. Para o teste do módulo de elasticidade, todas as chapas orientadas no sentido paralelo foram reprovadas.

. Na resistência à compressão longitudinal, houve influência da procedência nos tratamentos. As chapas feitas com madeira de *Eucalyptus urophylla*, oriunda da

região de Três Marias, tiveram médias inferiores às das chapas feitas com a mesma espécie, porém, oriundas da região de Ponte Alta.

A acetilação foi bastante eficiente, em termos de estabilidade dimensional, e dureza Janka. Analisando estes resultados, pode-se pressupor que as chapas acetiladas apresentam boas características para serem utilizadas em condições de alta umidade e, principalmente, na fabricação de pisos e assoalhos. Porém, deve-se fazer uma ressalva quanto à proporção de partículas acetiladas que serão adicionadas às chapas, pois os melhores resultados, como foi mostrado neste trabalho, foram em misturas contendo parte dos flocos acetilada e parte dos flocos não-acetilada. O uso de chapas constituídas por 100% de flocos acetilados ocasionou problemas na adesão.

É necessário que mais trabalhos nesta área, sejam desenvolvidos, assim como métodos que proporcionem a melhoria da estabilidade dimensional de painéis OSB, e que, ao mesmo tempo, sejam viáveis econômica e operacionalmente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI. Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. **Disponível no site:** [www.abimci.com.br](http://www.abimci.com.br). Acessado em agosto de 2004.

ABIPA. Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira. **Relatório Setorial**. São Paulo, 2002. 22p.

ALBUQUERQUE, C. E. C., MENDES, L. M. OSB **Aspectos de Produção, Usos e Vantagens sobre outros Painéis**. Artigos técnicos: Remade, julho de 1999.

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **Mat-formed wood particleboard**: specification ANSI/A 208.1.1993. Gaithersburg: National Particleboards Association, 1993. 9p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM. **Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panels**: ASTM D 1037-91. Philadelphia: ASTM, v.04.09, 1991. (Annual Book of ASTM Standards).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de Madeira Aglomerada- Métodos de Ensaio**. ABNT NBR 14810-3. Março, 2002.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R., F. **Relação solo-eucalipto**. Departamento de Solos – Centro de Ciências Agrárias, UFV, Viçosa, 1990, 330p.

BENADUCE, K. **Fabricação de painéis de média densidade (MDF) a partir de fibras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden e *Pinus caribaeae* var. *hondurensis* Barret e *Golfari***. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira).Piracicaba: USP/ESALQ, 1998. 128p.

BNDES; (MATOS, R.; L.; G. ed.) **Painéis de madeira reconstituída**. BNDES: Brasília, 2002, 21p.

BORGES, A. S.; CINIGLIO, C. e BRITO, J.O. **Considerações energéticas e econômicas sobre resíduos de madeira processada em serraria**. IN: 1º Congresso Florestal Brasileiro – 7º Congresso Florestal Panamericano, SBEF, Curitiba, 1993, p. 603-605.

BORTOLETTO JÚNIOR, G., GARCIA, J. N. Propriedades de resistência e rigidez à flexão estática de painéis OSB e compensados. **Revista Árvore**, vol. 28, n.4, 2004, p.563-570.

BRASIL, A., A.; **As exportações brasileiras de painéis de madeira**. (Dissertação – Mestrado na Área de Economia e Política Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. 74p.

BURGER, L. M., RICHTER, H., G., **Anatomia da Madeira**. Nobel: São Paulo, SP. 1991. 154p.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **OSB and Waferboard**. CSA 0437.0 – 93. Ontario: 1993. 18p.

CARNOS, B. **Madeira aglomerada: conceito e utilização**. Ed. SAGRA, 1988, 118p.

GOUVEIA, F. N. **Produção de chapas de partículas orientadas (OSB) a partir das espécies *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e *Pinus elliottii* Engelm.** (Dissertação – Mestrado em Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001. 68p.

HASELEIN, C. R. **Análise de parâmetros para a fabricação de chapas de partículas aglomeradas de madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) e embaúba (*Cecropia sp.*)**. (Dissertação – Mestrado em Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1989. 75p.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION - ITTO. **Annual Review and Assessment of the World Timber Situation**, 2000. Yokohama, 2001. 196p. (Document GI-7/00).

IWAKIRI, S. Painéis de partículas orientadas OSB. **Revista da Madeira**, ABPM, n. 41, p. 52-53, 1999.

KELLY, M. W. **Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard**. Madison, Forest Products, (Laboratory General Technical Report FPL-10), 1977, 64 p.

KIELICH, C. Department of Energy; **Office of public Affairs**; Washington; DC; p. 20585, 2000.

KRÄSSIG, A. H. **Cellulose: structure, accessibility and reactivity**. Ed. Gordon and Breach Science Publishers, Philadelphia. USA, p.287-298, 1993.

MALONEY, T.M. **The development in the United States and Canada of Waferboard, oriented strand board, and medium density fibreboard**. Holz Als Roh Und Werkstoff, Berlin, v. 42, n.10, p. 361-365. 1984.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. Miller Freeman: San Francisco, USA, 1993, 696 p.

MENDES, L. M. ***Pinus spp.* na Produção de Painéis de Partículas Orientadas (OSB)**. (Tese – Doutorado em Ciências Florestais, Área de Concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). UFP: Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira. Curitiba, 2001. 156p.

MENDES, L. M., ALBUQUERQUE, C. E. C., IWAKIRI, S. **A Indústria Brasileira de Painéis de Madeira**. Artigos Técnicos: Remade, maio de 2003. Disponível no Site: [WWW.remade.com.br](http://WWW.remade.com.br). Consultado em 2003.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. Carbandale: Southern Illinois University Press, USA, 1974, v.1. 243p.

OLIVEIRA, J. T. S.; **Características da Madeira para a Construção Civil**. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 95p.

PANSHIN, A.J. & ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. NewYork, MacGraw-Hill, 1980, 722 p.

**Revista da Madeira**. Nº 59 , Ano 11 - setembro 2001.

ROWELL, R. M.; TILLMANN, A. M.; SIMONSON, R. A simplified procedure for the acetylation of hardboard and softwood flakes for flakeboard production. **Journal of Wood Chemistry Technology**. V. 6, p. 427-448, 1986.

SHOOK, S.R. **Forecasting adoption and substitution of successive generations of structural wood panel products in the United States**. Forest Science, v.45, n.2, p. 232-248, 1999.

REMADE, **disponível no site: [www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)**, atualizado em julho de 2001. Consultado em 2003.

REMADE, **disponível no site: [www.remade.com.br](http://www.remade.com.br)**, atualizado em junho de 2000. Consultado em 2004.

SJÖSTRÖM, E., **Wood Chemistry - Fundamentals and Applications**. Academic Press: San Diego, California, USA, 293p, 1993.

SOUZA, M.R., Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: Experiência do Laboratório de Produtos Florestais – IBAMA, na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. **Workshop sul-americano sobre usos alternativos de resíduos de origem florestal e urbana**. Curitiba, p 49-70, setembro de 1997.

TEIXEIRA, L. C. Resíduos Florestais: Tecnologias Disponíveis e suas Tendências de uso. **II Seminário de Produtos Sólidos de Madeira de Eucalipto**, Belo Horizonte, MG, Brasil, p.191-201, 2003.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. Van Nostrand Reinold, New York, USA, 1991, 441 p.

VICK, C. B., ROWELL, R. M., Adhesive bonding of acetylated wood. **Wood Research - Bulletin of the wood research Institute**, Kyoto University, Kyoto, Japan, 1989.

VITAL, B. R. **Effects of species and panel densities on properties of hardwood particleboard**. (Tese M.S.), University of Wisconsin, Madison, USA, 1973. 11 p.

WU, Q.; VLOSKY, R.P. Panel products: perspective for furniture and cabinet manufacturers in the Southern United States. **Forest Products Journal**, v.50, n.9, p.45-50, 2000.

## **APÊNDICE A**

### **- Dimensões das partículas -**

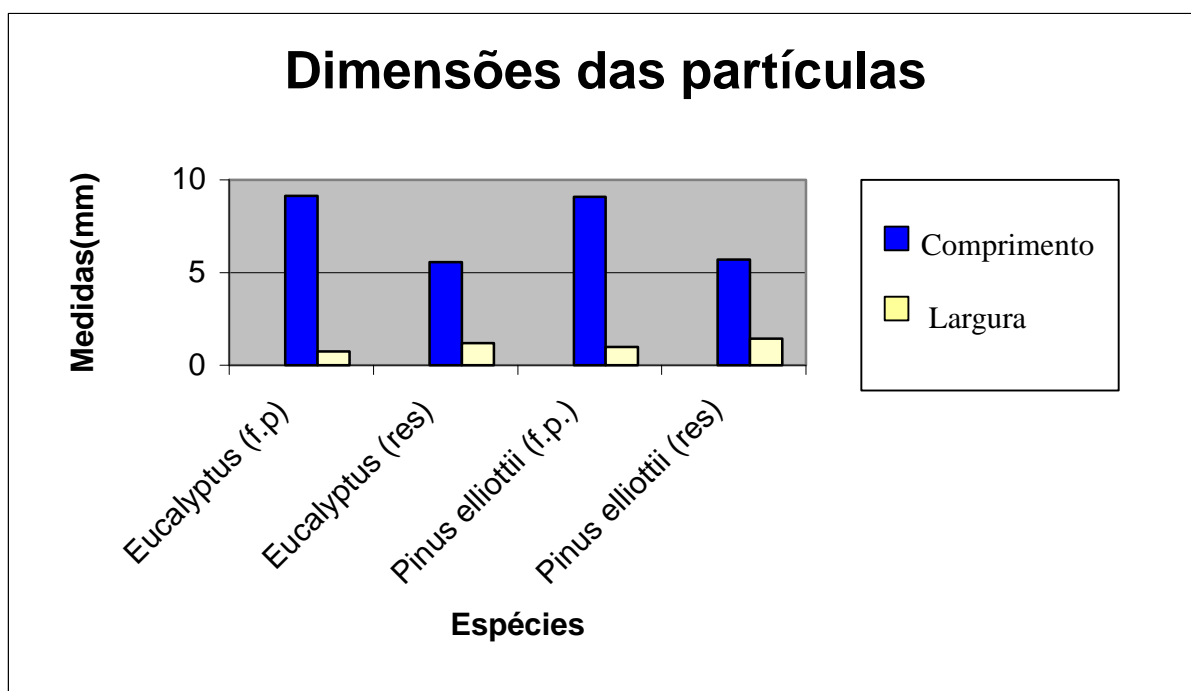


## Dimensões das partículas

**Quadro 1A** – Dimensões médias dos tipos de partículas usadas para a fabricação das chapas de madeira aglomerada.

PARTICULAS <i>Eucalyptus grandis</i> (flocos procesados)		PARTICULAS <i>Pinus elliottii</i> (flocos processados)		PARTICULAS <i>Eucalyptus grandis</i> (resíduo)		PARTICULAS <i>Pinus elliottii</i> (resíduo)	
Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Espessura (mm)
10,70	0,82	9,89	1,02	8,69	0,51	7,19	1,42
11,65	1,24	8,71	1,18	4,60	0,91	4,14	1,38
6,45	0,14	14,60	1,08	5,74	1,47	5,48	2,00
13,65	0,28	13,25	1,04	11,45	2,26	4,87	2,04
9,56	0,23	13,47	1,33	6,05	1,21	5,18	1,53
5,22	0,96	5,87	1,07	10,52	1,25	5,89	1,07
13,52	0,68	8,46	0,71	5,23	1,06	5,24	1,60
9,24	0,41	19,20	0,67	6,80	0,45	5,42	0,70
8,60	0,60	7,67	0,92	7,40	0,59	4,21	0,92
7,12	0,24	11,23	1,01	5,65	1,05	4,99	1,25
10,65	0,30	10,91	1,07	5,05	2,22	5,13	1,65
6,24	3,79	7,38	0,90	9,74	1,40	6,02	1,65
8,56	1,10	8,56	1,14	4,64	1,44	5,14	1,40
8,80	0,56	6,30	1,10	4,84	1,11	5,11	2,16
8,34	0,32	13,60	1,05	4,35	1,07	5,12	1,01
8,67	0,84	12,86	1,20	4,90	1,20	6,19	1,31
12,50	0,29	9,34	0,83	7,21	1,18	6,13	0,79
9,31	0,44	6,50	0,94	4,30	0,90	5,19	1,34
12,56	0,45	8,75	1,18	5,67	1,62	6,12	1,50
8,75	0,23	6,75	0,94	3,24	1,75	5,78	1,18
8,50	0,50	10,92	1,50	4,43	1,10	8,19	2,40
10,67	0,29	12,75	1,30	5,60	0,78	8,87	2,16
9,65	0,43	11,11	1,28	6,10	1,05	5,98	1,25
9,65	1,08	6,12	1,31	3,96	1,34	6,78	1,07
8,25	0,68	9,49	1,15	3,57	0,50	6,47	1,45
15,40	0,33	9,55	0,95	6,29	1,33	5,19	1,54
12,00	1,07	6,73	1,17	5,76	1,75	3,10	1,50
7,64	0,27	10,90	1,11	5,28	2,50	6,98	1,32
10,42	1,32	4,50	1,02	5,51	0,92	7,36	1,36
11,69	1,42	5,00	1,21	8,11	1,28	5,03	1,54
11,06	2,08	9,43	1,17	4,86	0,90	6,01	1,17
9,01	0,90	8,60	1,12	3,75	1,07	6,25	1,12
12,01	0,50	6,16	0,87	4,52	1,15	7,11	1,87
10,53	0,51	6,16	0,91	2,42	1,49	5,12	1,71
7,41	0,96	6,73	0,75	3,61	0,92	7,80	1,50
6,04	0,79	7,81	0,75	5,26	1,41	6,11	0,75
10,97	0,50	7,82	0,87	5,55	1,76	6,22	2,07

8,71	0,81	5,55	0,71	3,63	1,50	5,99	0,90
10,98	0,62	7,20	0,82	6,30	0,39	4,12	1,14
5,02	0,50	8,89	0,56	4,65	1,62	5,75	1,10
5,39	0,73	10,72	1,01	4,87	0,40	5,42	1,05
7,37	1,32	8,00	1,01	4,70	0,59	7,00	1,20
8,57	0,17	5,20	0,79	3,95	0,65	3,18	0,93
5,31	0,33	6,20	1,00	4,65	1,69	5,20	0,94
9,29	0,43	12,12	0,67	3,93	1,20	3,23	1,98
6,95	0,52	6,14	0,68	4,77	2,50	5,24	0,94
6,97	1,02	14,60	0,42	5,57	0,80	6,03	1,50
6,40	0,80	11,60	1,16	6,68	0,35	5,25	1,30
8,35	0,96	7,82	0,57	5,62	1,32	6,32	2,08
6,57	1,24	6,11	1,07	7,39	0,45	5,11	2,47
<b>9,14</b>	<b>0,74</b>	<b>9,06</b>	<b>0,99</b>	<b>5,55</b>	<b>1,19</b>	<b>5,70</b>	<b>1,42</b>



**Figura 1A** – Gráfico das dimensões (mm) das partículas. Sendo f.p. (flocos processados) e res (resíduo).

## **APÊNDICE B**

**- Estatísticas -**

**Quadro 1B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, teor de umidade ( $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ ,  $60\pm 5\%$  UR), em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.8670173			
T. de Redução	9	0.7536613	0.8374014E-01	10.34	0.0001
Região	1	0.6076370	0.6076370	75.05	0.0000
Espécie	2	0.1024650	0.5123250E-01	6.33	0.0110
Partícula	1	0.1404074E-01	0.1404074E-01	1.73	0.2090
Reg*Esp	2	0.2780676E-01	0.1390338E-01	1.72	0.2153
Reg*Part	1	0.1655813E-02	0.1655813E-02	0.20	*****
Esp*Part	2	0.5595699E-04	0.2797850E-04	0.00	*****
Resíduo	14	0.1133560	0.8096858E-02		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	9.7820
<b>Coef. de Variação</b>	0.91988

**Quadro 2B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, adsorção de vapor de água, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	11.69758			
T. de Redução	9	10.60181	1.177979	15.05	0.0000
Região	1	1.245964	1.245964	15.92	0.0013
Espécie	2	4.540071	2.270035	29.00	0.0000
Partícula	1	2.777109	2.777109	35.48	0.0000
Reg*Esp	2	1.588099	0.7940493	10.15	0.0019
Reg*Part	1	0.1057751	0.1057751	1.35	0.2645
Esp*Part	2	0.3447949	0.1723975	2.20	0.1473
Resíduo	14	1.095765	0.7826891E-01		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	9.1450
<b>Coef. de Variação</b>	3.0592

**Quadro 3B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, inchamento em espessura, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	3.956351			
T. de Redução	9	3.416060	0.3795622	9.84	0.0001
Região	1	0.3203068	0.3203068	8.30	0.0121
Espécie	2	2.061648	1.030824	26.71	0.0000
Partícula	1	0.2382332	0.2382332	6.17	0.0262
Reg*Esp	2	0.7823192	0.3911596	10.14	0.0019
Reg*Part	1	0.7593608E-02	0.7593608E-02	0.20	*****
Esp*Part	2	0.5959025E-02	0.2979512E-02	0.08	*****
Resíduo	14	0.5402908	0.3859220E-01		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	6.1189
<b>Coef. de Variação</b>	3.2105

**Quadro 4B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, expansão linear, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.1355150E-02			
T. de Redução	9	0.1278985E-02	0.1421094E-03	26.12	0.0000
Região	1	0.4867014E-04	0.4867014E-04	8.95	0.0097
Espécie	2	0.1013885E-02	0.5069427E-03	93.18	0.0000
Partícula	1	0.9603226E-04	0.9603226E-04	17.65	0.0009
Reg*Esp	2	0.6145416E-04	0.3072708E-04	5.65	0.0159
Reg*Part	1	0.6083372E-06	0.6083372E-06	0.11	*****
Esp*Part	2	0.5833422E-04	0.2916711E-04	5.36	0.0187
Resíduo	14	0.7616548E-04	0.5440391E-05		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	0.11863
<b>Coef. de Variação</b>	1.9662

**Quadro 5B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, dureza janka, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	32823.94			
T. de Redução	9	28893.00	3210.333	11.43	0.0000
Região	1	12645.91	12645.91	45.04	0.0000
Espécie	2	2442.540	1221.270	4.35	0.0339
Partícula	1	5952.555	5952.555	21.20	0.0004
Reg*Esp	2	6713.282	3356.641	11.95	0.0009
Reg*Part	1	181.6650	181.6650	0.65	*****
Esp*Part	2	957.0447	478.5224	1.70	0.2176
Resíduo	14	3930.946	280.7819		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	458.70
<b>Coef. de Variação</b>	3.6530

**Quadro 6B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, extração de parafuso, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	11286.15			
T. de Redução	9	7236.738	804.0820	2.78	0.0422
Região	1	598.5009	598.5009	2.07	0.1723
Espécie	2	3903.583	1951.792	6.75	0.0089
Partícula	1	2337.413	2337.413	8.08	0.0130
Reg*Esp	2	327.7394	163.8697	0.57	*****
Reg*Part	1	12.25510	12.25510	0.04	*****
Esp*Part	2	57.24562	28.62281	0.10	*****
Resíduo	14	4049.409	289.2435		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	133.49
<b>Coef. de Variação</b>	12.740

**Quadro 7B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, tração perpendicular, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	24.84824			
T. de Redução	9	17.78934	1.976593	3.92	0.0112
Região	1	5.162246	5.162246	10.24	0.0064
Espécie	2	5.396571	2.698286	5.35	0.0188
Partícula	1	3.523540	3.523540	6.99	0.0193
Reg*Esp	2	3.327295	1.663648	3.30	0.0670
Reg*Part	1	0.9078476E-03	0.9078476E-03	0.00	*****
Esp*Part	2	0.3787769	0.1893884	0.38	*****
Resíduo	14	7.058904	0.5042074		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	5.7927
<b>Coef. de Variação</b>	12.258

**Quadro 8B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, compressão paralela, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	2776.405			
T. de Redução	9	2226.654	247.4060	6.30	0.0012
Região	1	538.3345	538.3345	13.71	0.0024
Espécie	2	1225.932	612.9659	15.61	0.0003
Partícula	1	275.5336	275.5336	7.02	0.0191
Reg*Esp	2	143.8208	71.91038	1.83	0.1966
Reg*Part	1	0.6193109E-01	0.6193109E-01	0.00	*****
Esp*Part	2	42.97139	21.48570	0.55	*****
Resíduo	14	549.7513	39.26795		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	73.852
<b>Coef. de Variação</b>	8.4851

**Quadro 9B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, módulo de ruptura, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	6339.735			
T. de Redução	9	5251.489	583.4988	7.51	0.0005
Região	1	525.4222	525.4222	6.76	0.0210
Espécie	2	1756.132	878.0658	11.30	0.0012
Partícula	1	1552.560	1552.560	19.97	0.0005
Reg*Esp	2	1234.679	617.3396	7.94	0.0050
Reg*Part	1	13.55985	13.55985	0.17	*****
Esp*Part	2	169.1365	84.56825	1.09	0.3638
Resíduo	14	1088.246	77.73188		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	179.40
<b>Coef. de Variação</b>	4.9145

**Quadro 10B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável, módulo de elasticidade, em chapas do tipo aglomerado.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.1775513E+09			
T. de Redução	9	0.1643639E+09	0.1826265E+08	19.39	0.0000
Região	1	0.1061586E+08	0.1061586E+08	11.27	0.0047
Espécie	2	0.1035994E+09	0.5179971E+08	54.99	0.0000
Partícula	1	0.3961277E+08	0.3961277E+08	42.05	0.0000
Reg*Esp	2	7932603.	3966301.	4.21	0.0370
Reg*Part	1	134978.0	134978.0	0.14	*****
Esp*Part	2	2468253.	1234127.	1.31	0.3009
Resíduo	14	0.1318745E+08	941960.5		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	20016.
<b>Coef. de Variação</b>	4.8489



**Quadro 11B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável densidade, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.2982847E-01			
T. de Redução	9	0.1557469E-01	0.1730521E-02	1.70	0.1802
Região	1	0.1470411E-05	0.1470411E-05	0.00	*****
Espécie	2	0.1825726E-02	0.9128632E-03	0.90	*****
Acetilação	1	0.3161576E-03	0.3161576E-03	0.31	*****
Reg*Esp	2	0.4374227E-02	0.2187113E-02	2.15	0.1536
Reg*Acet	1	0.1235416E-03	0.1235416E-03	0.12	*****
Esp*Acet	2	0.8933566E-02	0.4466783E-02	4.39	0.0332
Resíduo	14	0.1425378E-01	0.1018127E-02		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	0.66569
<b>Coef. de Variação</b>	4.7932

**Quadro 12B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável adsorção de vapor de água, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	289.2042			
T. de Redução	9	288.5274	32.05860	663.19	0.0000
Região	1	0.3515441E-02	0.3515441E-02	0.07	*****
Espécie	2	0.7105613	0.3552807	7.35	0.0066
Acetilação	1	286.3071	286.3071	5922.77	0.0000
Reg*Esp	2	0.2072325	0.1036162	2.14	0.1541
Reg*Acet	1	0.7281815E-01	0.7281815E-01	1.51	0.2399
Esp*Acet	2	1.226139	0.6130697	12.68	0.0007
Resíduo	14	0.6767613	0.4834009E-01		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	5.1939
<b>Coef. de Variação</b>	4.2331

**Quadro 13B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável inchamento em espessura, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	185.9498			
T. de Redução	9	185.5848	20.62053	790.83	0.0000
Região	1	0.1136242	0.1136242	4.36	0.0556
Espécie	2	0.1104812	0.5524060E-01	2.12	0.1571
Acetilação	1	184.8545	184.8545	7089.49	0.0000
Reg*Esp	2	0.1176545	0.5882726E-01	2.26	0.1415
Reg*Acet	1	0.1468253	0.1468253	5.63	0.0325
Esp*Acet	2	0.2417316	0.1208658	4.64	0.0285
Resíduo	14	0.3650421	0.2607444E-01		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	3.6853
<b>Coef. de Variação</b>	4.3816

**Quadro 14B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável expansão linear (sentido paralelo), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.1858110E-01			
T. de Redução	9	0.1856166E-01	0.2062407E-02	1485.31	0000
Região	1	0.1531840E-04	0.1531840E-04	11.03	0.0050
Espécie	2	0.1737770E-04	0.8688852E-05	6.26	0.0114
Acetilação	1	0.1848533E-01	0.1848533E-01	*****	0.0000
Reg*Esp	2	0.1264213E-06	0.6321064E-07	0.05	*****
Reg*Acet	1	0.2792030E-04	0.2792030E-04	20.11	0.0005
Esp*Acet	2	0.1558699E-04	0.7793497E-05	5.61	0.0162
Resíduo	14	0.1943948E-04	0.1388534E-05		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	0.38613E-01
<b>Coef. de Variação</b>	3.0517

**Quadro 15B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável expansão linear (sentido perpendicular), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.2065390E-01			
T. de Redução	9	0.2062506E-01	0.2291673E-02	1112.27	0.0000
Região	1	0.9908764E-07	0.9908764E-07	0.05	*****
Espécie	2	0.9044624E-05	0.4522312E-05	2.19	0.1482
Acetilação	1	0.2059352E-01	0.2059352E-01	9995.15	0.0000
Reg*Esp	2	0.8766975E-05	0.4383488E-05	2.13	0.1560
Reg*Acet	1	0.4177349E-05	0.4177349E-05	2.03	0.1764
Esp*Acet	2	0.9447261E-05	0.4723631E-05	2.29	0.1376
Resíduo	14	0.2884493E-04	0.2060352E-05		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	0.40743E-01
<b>Coef. de Variação</b>	3.5231

**Quadro 16B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável extração de parafuso, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	17682.47			
T. de Redução	9	8210.885	912.3205	1.35	0.2971
Região	1	90.41696	90.41696	0.13	*****
Espécie	2	1212.087	606.0437	0.90	*****
Acetilação	1	1092.375	1092.375	1.61	0.2245
Reg*Esp	2	1498.372	749.1861	1.11	0.3577
Reg*Acet	1	127.9586	127.9586	0.19	*****
Esp*Acet	2	4189.674	2094.837	3.10	0.0770
Resíduo	14	9471.587	676.5420		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	156.71
<b>Coef. de Variação</b>	16.598

**Quadro 17B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável teor de umidade, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	92.36631			
T. de Redução	9	91.89271	10.21030	301.83	0.0000
Região	1	0.5971429E-02	0.5971429E-02	0.18	*****
Espécie	2	0.9073833	0.4536917	13.41	0.0006
Acetilação	1	87.49193	87.49193	2586.36	0.0000
Reg*Esp	2	0.6445289E-01	0.3222644E-01	0.95	*****
Reg*Acet	1	0.4186660	0.4186660	12.38	0.0034
Esp*Acet	2	3.004314	1.502157	44.41	0.0000
Resíduo	14	0.4735941	0.3382815E-01		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	9.5510
<b>Coef. de Variação</b>	1.9257

**Quadro 18B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável dureza janka, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	235186.2			
T. de Redução	9	178051.1	19783.46	4.85	0.0044
Região	1	4569.640	4569.640	1.12	0.3079
Espécie	2	13738.42	6869.212	1.68	0.2213
Acetilação	1	99309.22	99309.22	24.33	0.0002
Reg*Esp	2	11340.79	5670.393	1.39	0.2815
Reg*Acet	1	7800.019	7800.019	1.91	0.1885
Esp*Acet	2	41293.00	20646.50	5.06	0.0222
Resíduo	14	57135.11	4081.079		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	658.82
<b>Coef. de Variação</b>	9.6966

**Quadro 19B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável tração perpendicular, em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	16.52142			
T. de Redução	9	8.898387	0.9887096	1.82	0.1529
Região	1	0.2020379	0.2020379	0.37	*****
Espécie	2	1.115902	0.5579510	1.02	0.3843
Acetilação	1	0.4029865E-03	0.4029865E-03	0.00	*****
Reg*Esp	2	0.2476452	0.1238226	0.23	*****
Reg*Acet	1	1.081659	1.081659	1.99	0.1805
Esp*Acet	2	6.250740	3.125370	5.74	0.0151
Resíduo	14	7.623035	0.5445025		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	4.0074
<b>Coef. de Variação</b>	18.413

**Quadro 20B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável compressão paralela (sentido paralelo), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	13163.98			
T. de Redução	9	8486.945	942.9939	2.82	0.0400
Região	1	1353.517	1353.517	4.05	0.0638
Espécie	2	772.8434	386.4217	1.16	0.3428
Acetilação	1	11.35050	11.35050	0.03	*****
Reg*Esp	2	3325.883	1662.942	4.98	0.0233
Reg*Acet	1	472.9455	472.9455	1.42	0.2539
Esp*Acet	2	2550.405	1275.202	3.82	0.0475
Resíduo	14	4677.038	334.0741		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	91.005
<b>Coef. de Variação</b>	20.084

**Quadro 21B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável compressão paralela (sentido perpendicular), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	21748.84			
T. de Redução	9	14004.78	1556.087	2.81	0.0405
Região	1	1633.674	1633.674	2.95	0.1077
Espécie	2	944.2766	472.1383	0.85	*****
Acetilação	1	2070.607	2070.607	3.74	0.0735
Reg*Esp	2	2346.622	1173.311	2.12	0.1568
Reg*Acet	1	465.6018	465.6018	0.84	*****
Esp*Acet	2	6544.003	3272.001	5.92	0.0137
Resíduo	14	7744.056	553.1469		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	107.53
<b>Coef. de Variação</b>	21.871

**Quadro 22B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável módulo de ruptura (sentido paralelo), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	88621.88			
T. de Redução	9	61884.98	6876.109	3.60	0.0159
Região	1	11139.58	11139.58	5.83	0.0300
Espécie	2	14648.11	7324.055	3.84	0.0470
Acetilação	1	559.1649	559.1649	0.29	*****
Reg*Esp	2	4840.919	2420.459	1.27	0.3120
Reg*Acet	1	106.7434	106.7434	0.06	*****
Esp*Acet	2	30590.46	15295.23	8.01	0.0048
Resíduo	14	26736.90	1909.779		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	317.28
<b>Coef. de Variação</b>	13.774

**Quadro 23B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável módulo de ruptura (sentido perpendicular), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	111760.1			
T. de Redução	9	69591.59	7732.399	2.57	0.0553
Região	1	26206.52	26206.52	8.70	0.0106
Espécie	2	12462.66	6231.330	2.07	0.1632
Acetilação	1	2.981880	2.981880	0.00	*****
Reg*Esp	2	3878.486	1939.243	0.64	*****
Reg*Acet	1	2806.153	2806.153	0.93	*****
Esp*Acet	2	24234.78	12117.39	4.02	0.0416
Resíduo	14	42168.51	3012.037		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	247.12
<b>Coef. de Variação</b>	22.209

**Quadro 24B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável módulo de elasticidade (sentido paralelo), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.1572079E+10			
T. de Redução	9	0.6982926E+09	0.7758806E+08	1.24	0.3449
Região	1	0.1227071E+09	0.1227071E+09	1.97	0.1827
Espécie	2	0.1365333E+09	0.6826663E+08	1.09	0.3619
Acetilação	1	0.2396572E+08	0.2396572E+08	0.38	*****
Reg*Esp	2	0.2007003E+08	0.1003502E+08	0.16	*****
Reg*Acet	1	2547119.	2547119.	0.04	*****
Esp*Acet	2	0.3924693E+09	0.1962347E+09	3.14	0.0745
Resíduo	14	0.8737868E+09	0.6241334E+08		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	28850.
<b>Coef. de Variação</b>	27.383

**Quadro 25B** – Quadro da análise de variância (ANOVA) para a variável módulo de elasticidade (sentido perpendicular), em chapas do tipo OSB.

Fontes de Variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Sig.
Total	23	0.1151152E+10			
T. de Redução	9	0.7089505E+09	0.7877228E+08	2.49	0.0608
Região	1	0.5579760E+09	0.5579760E+09	17.67	0.0009
Espécie	2	921511.9	460755.9	0.01	*****
Acetilação	1	2466315.	2466315.	0.08	*****
Reg*Esp	2	0.3292767E+08	0.1646384E+08	0.52	*****
Reg*Acet	1	0.1209688E+08	0.1209688E+08	0.38	*****
Esp*Acet	2	0.1025621E+09	0.5128106E+08	1.62	0.2322
Resíduo	14	0.4422017E+09	0.3158584E+08		

\* Nível de 5% de significância.

<i>Média Geral</i>	23115.
<b>Coef. de Variação</b>	24.314