



**JOSÉ BENEDITO GUIMARÃES JÚNIOR**

**VARIABILIDADE E AMOSTRAGEM EM  
PAINÉIS AGLOMERADOS**

**LAVRAS - MG  
2010**



**JOSÉ BENEDITO GUIMARÃES JÚNIOR**

**VARIABILIDADE E AMOSTRAGEM EM PAINÉIS AGLOMERADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador  
Dr. Lourival Marin Mendes

**LAVRAS - MG**

**2010**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Guimarães Júnior, José Benedito.

Variabilidade e amostragem em painéis aglomerados / José  
Benedito Guimarães Júnior. – Lavras : UFLA, 2010.  
95 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.  
Orientador: Lourival Marin Mendes.  
Bibliografia.

1. Painéis de madeira aglomerada. 2. Chapas de madeira  
aglomerada. 3. Propriedade. 4. Avaliação. 5. Coeficiente de  
variação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.836

**JOSÉ BENEDITO GUIMARÃES JÚNIOR**

**VARIABILIDADE E AMOSTRAGEM EM PAINÉIS AGLOMERADOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 23 de abril de 2010.

Dra. Ana Márcia Macedo Ladeira Carvalho	UFV
Dr. Fábio Akira Mori	UFLA
Dr. Josy Antevéli Osajima	UFPI
Dr. Paulo Fernando Trugilho	UFLA

Dr. Lourival Marin Mendes  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2010**

## A Deus

A minha mãe, Maria das Graças

Ao meu pai, José Benedito.

A minhas irmãs.

Ao meu sobrinho.

Aos meus amigos.

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e por todas as graças alcançadas até hoje.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

À Universidade Federal de Lavras (UFLA).

À Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Ao professor Lourival Marin Mendes, pelos ensinamentos, paciência, orientação e amizade.

Ao professor Paulo Fernando Trugilho, pela amizade, ensinamentos, orientação e apoio na realização deste trabalho.

Ao professor Fábio Akira Mori, pela colaboração prestada no comitê de orientação.

Aos professores e funcionários do Setor de Tecnologia da Madeira, pela amizade e ensinamentos.

Aos todos meus colegas professores da Universidade Federal do Piauí, em especial aos do Departamento de Engenharia Florestal: Rejane, Rosalvo, Robson, Alison, Milto e Jaqueline.

A todos os meus alunos.

A minha família de coração de Bom Jesus: Josy, Andreane, Sammy, Marcelo e Karina.

Ao pessoal da UEPAM, que não mediu esforços para que este trabalho pudesse se concretizar: Héber, Wilson, Rodrigo, Stefania, Lina, Sabrina, Meire e Stela.

Aos meus amigos da UFLA que sempre me deram força: Amanda, Renata, Cris, Rafael e Ricardo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram a para realização deste trabalho.

## RESUMO

Os painéis de madeira aglomerada são considerados, a princípio, elementos com grande homogeneidade quanto às suas propriedades físicas e mecânicas. Contudo, observa-se que há altos valores para as medidas dispersivas do mesmo. Isso, muitas vezes, ocorre devido a uma amostragem realizada de forma incorreta, à intensidade e área amostral reduzida, à ausência de controle efetivo de todas as variáveis de processamento ou tendo em vista característica peculiar do coeficiente de variação para esse determinado experimento, sendo ele de natureza alta. Neste sentido, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar as possíveis causas de variabilidade existente nos painéis de madeira aglomerada. Utilizaram-se, na primeira fase do trabalho, quatro painéis de origem industrial, do qual foram retirados corpos-de-prova para avaliação das propriedades, os quais foram retirados em várias dimensões. A partir dos melhores resultados (maior valor de propriedade e menor variabilidade) pode-se optar pelas seguintes dimensões: 1) absorção de água e inchamento em espessura: 7,5 x 7,5 cm; 2) flexão estática: 5,0 x 25,0 cm e 3) tração perpendicular: 4,0 x 4,0 cm. Na segunda etapa, foram produzidos painéis em laboratório. Cada chapa foi reduzida totalmente a corpos-de-prova para uma determinada propriedade, sendo estes retirados em faixas. Foram também produzidos painéis para se realizar a amostragem usada por Mendes (2001). Assim, com base nos melhores resultados obtidos, sugeriu-se uma nova amostragem para os painéis aglomerados, a qual avaliou melhor as propriedades de absorção de água, inchamento em espessura e MOE paralelo, com relação à amostragem sugerida por Mendes (2001). Na terceira fase, a base de dados gerada foi obtida a partir de informações coletadas de coeficientes de variação publicados em revistas científicas. Com isso realizou-se o teste de normalidade (SHAPIRO; WILK, 1965). Quando os dados apresentavam normalidade, aplicava-se a metodologia descrita por Garcia (1989). Caso a distribuição não fosse normal, fazia-se uso da proposta de Costa, Seraphin e Zimmermann (2002). Ao final, gerou-se uma classificação para os coeficientes de variação, para cada uma das propriedades dos painéis aglomerados.

Palavras-chave: Amostragem. Coeficiente de variação. Painéis aglomerados.

## ABSTRACT

At first, particleboards are considered elements of great homogeneity in their physical and mechanical properties. However, it is possible to notice high values for the dispersive measures of the same ones. This factor, many times occurs due to incorrect sampling, reduced intensity and sampling area, the no effective control of all processing variables or intrinsic characteristic of the variation coefficient for such experiments, which is often high. In this sense, the aim of this work was to study the possible causes of variability that exists in particleboards. In the first stage of the work, 4 boards from industries were used, from which the specimens were obtained for evaluation of properties. These ones were obtained in several sizes. From the best results, (higher property value and lower variability) it was possible to option for the following dimensions: water absorption and thickness swelling: 7,5 x 7,5 cm; 2) static bending: 5,0 x 27,0 cm and 3) perpendicular tension: 4,0 x 4,0 cm. During the second stage, boards were produced in laboratory. Each board was totally reduced to specimens obtained in lines for the determination of certain property. Boards were also produce in order to make the sampling according to Mendes (2001). Taking the best results as a base, it was suggested a new sampling for particleboards. It was observed that this new method evaluated water absorption, thickness swelling and parallel elasticity modulus better if compared to the sampling suggested by Mendes (2001). In the third stage, the generated database was obtained by information collected of variation coefficient from scientific journals. From this point, the normality test was applied (SHAPIRO; WILK, 1965). When the data presented normality, the methodology described by Garcia (1985) was applied. In the case the distribution did present itself as normal, the proposition of Costa, Seraphin and Zimmermann (2002) was used. At the end, a classification for the variation coefficient for each property of particleboards was generated.

Keywords: Sampling. Variation coefficient. Particleboards.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema representativo dos produtos de madeira reconstituída. ....	16
Figura 2 Retirada dos corpos-de-prova em painéis industriais. ....	39
Figura 3 Máquina de ensaio universal (EMIC-30000). ....	42
Figura 4 Marcação da frente de prensagem nos painéis aglomerados. ....	45
Figura 5 Amostragem em faixas para avaliação das propriedades físicas. ....	46
Figura 6 Amostragem em faixas para avaliação da flexão estática paralela e perpendicularmente à frente de prensagem de cima para baixo. ....	48
Figura 7 Amostragem em faixas para avaliação da tração perpendicular. ....	49
Figura 8 Amostragem dos aglomerados de acordo com Mendes (2001). ....	50
Figura 9 Amostragem sugerida para avaliação das propriedades físicas e mecânicas de painéis de madeira aglomerada de origem laboratorial. .	78

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Quantidade de água absorvida após 2 horas de imersão em relação à área do corpo-de-prova.....	57
Gráfico 2	Quantidade de água absorvida após 24 horas de imersão em relação à área do corpo-de-prova. ....	57
Gráfico 3	Relação entre o inchamento em espessura e a área do corpo-de-prova. ....	59
Gráfico 4	Valores de coeficiente de variação para as propriedades físicas nas diferentes dimensões de corpos-de-prova.....	60
Gráfico 5	Relação entre MOE e tamanho do corpo-de-prova. ....	63
Gráfico 6	Relação entre MOR e tamanho do corpo-de-prova. ....	64
Gráfico 7	Valores de coeficiente de variação para MOE e MOR nos diferentes dimensões de corpos-de-prova. ....	65
Gráfico 8	Valores de tração perpendicular em relação a área dos corpos-de-prova.....	66
Gráfico 9	Valores de coeficiente de variação para tração perpendicular nos diferentes dimensões de corpos-de-prova. ....	67
Gráfico 10	Distribuição normal e histograma dos valores de absorção de água logaritimizados. ....	80
Gráfico 11	Distribuição normal e histograma dos valores de inchamento em espessura logaritimizados. ....	80
Gráfico 12	Distribuição normal e histograma dos valores de módulo de elasticidade logaritimizados.....	80
Gráfico 13	Distribuição normal e histograma dos valores de módulo de ruptura logaritimizados.....	81
Gráfico 14	Distribuição normal e histograma dos valores de tração perpendicular logaritimizados. ....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Principais variáveis relacionadas à manufatura de particulados .....	19
Tabela 2 Valores de coeficiente de variação para as propriedades físicas.....	32
Tabela 3 Valores de coeficiente de variação para as propriedades mecânicas ...	32
Tabela 4 Descrição dos tratamentos .....	41
Tabela 5 Delineamento experimental II.....	51
Tabela 6 Valores de propriedades físicas entre as faixas de painéis industriais .	54
Tabela 7 Valores de propriedades mecânicas entre as faixas de painéis industriais. ....	55
Tabela 8 Desdobramento para a variável absorção de água nas diferentes dimensões .....	56
Tabela 9 Valores das equações de ajustes para absorção de água. ....	58
Tabela 10 Valores de inchamento de espessura para cada painel estudado.....	59
Tabela 11 Ajuste de regressão para os coeficientes de variação de cada propriedade física em relação à dimensão do corpo-de-prova.....	61
Tabela 2 Desdobramento do MOE para os painéis em cada uma das dimensões .....	62
Tabela 3 Valores de tração perpendicular em relação a área amostral .....	66
Tabela 4 Sugestão de dimensões de corpos-de-prova para os testes físico-mecânicos .....	68
Tabela 5 Desdobramento dos valores de absorção de água (2 horas) e inchamento em espessura (24 horas). ....	69
Tabela 6 Valores para de absorção de água (24 horas), inchamento em espessura (2 horas) e densidade aparente com relação aos painéis. ....	70
Tabela 7 Valores para de absorção de água (24 horas), inchamento em espessura (2 horas) e densidade aparente com relação às faixas. ....	71
Tabela 8 Comparação entre as amostragens para as propriedades físicas. ....	72
Tabela 9 Valores obtidos pelo teste de flexão estática paralela e perpendicularmente à frente de prensagem.....	73
Tabela 10 Desdobramento para as propriedades de flexão estática realizada nas posições paralela e perpendicular.....	73
Tabela 11 Comparação, no teste de flexão estática, entre as amostragens feitas em faixas e a proposta por Mendes (2001). ....	75
Tabela 12 Desdobramento realizado no teste de tração perpendicular. ....	76
Tabela 13 Comparação da tração perpendicular entre a amostragem em faixa e a proposta por Mendes (2001). ....	77
Tabela 14 Teste de Shapiro e Wilk (1965) para as propriedades dos painéis aglomerados. ....	81
Tabela 15 Número, média e desvio padrão dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados. ....	82

Tabela 16 Classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físico-mecânicas em painéis aglomerados. ....	82
---	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	15
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>3.1</b>	<b>Painéis de madeira aglomerada</b> .....	16
<b>3.2</b>	<b>Principais variáveis repostas dos particulados</b> .....	23
<b>3.2.2</b>	<b>Propriedades físicas</b> .....	23
<b>3.2.1</b>	<b>Propriedades mecânicas</b> .....	24
<b>3.3</b>	<b>Coefficiente de variação</b> .....	25
<b>3.4</b>	<b>Variabilidade nas propriedades físicas e mecânicas de painéis particulados</b> .....	30
<b>3.5</b>	<b>Amostragem e área amostral</b> .....	33
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
<b>4.1</b>	<b>Efeito do tamanho da unidade amostral sobre os parâmetros físicos e mecânicos dos painéis de madeira aglomerada</b> .....	38
<b>4.3</b>	<b>Classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados</b> .....	52
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	54
<b>5.1</b>	<b>Estudo dos tamanhos de unidades amostrais na variabilidade e na avaliação das propriedades dos painéis aglomerados</b> .....	54
<b>5.1.1</b>	<b>Homogeneidade dos painéis industriais</b> .....	54
<b>5.1.2</b>	<b>Tamanho das unidades amostrais na avaliação das propriedades físicas</b> .....	55
<b>5.1.2</b>	<b>Tamanho das unidades amostrais na avaliação das propriedades mecânicas</b> .....	61
<b>5.1.3</b>	<b>Tamanho de corpos-de-prova sugeridos para avaliação das propriedades físicas e mecânicas nos painéis aglomerados</b> .....	67
<b>5.2</b>	<b>Amostragem em painéis aglomerados produzidos em laboratório</b> ..	68
<b>5.2.1</b>	<b>Amostragem das propriedades físicas nos painéis aglomerados</b> .....	68
<b>5.2.2</b>	<b>Amostragem das propriedades mecânicas nos painéis aglomerados</b>	72
<b>5.2.3</b>	<b>Amostragem sugerida</b> .....	77
<b>5.3</b>	<b>Classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados</b> .....	79
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	86

## 1 INTRODUÇÃO

O que, em grande parte, justifica a produção e a utilização dos painéis de madeira reconstituída, ou seja, a diminuição das dimensões da madeira e sua posterior reconstituição em painéis, é o fato de que isso leva à minimização dos efeitos provocados pela anisotropia, à diminuição de fatores que reduzem a resistência, tais como nós e inclinação da grã, e à menor variabilidade que se verifica entre as peças de madeira maciça.

Um dos principais fatores de interesse nos painéis reconstituídos reside no fato de que estes apresentam características físico-mecânicas flexíveis em relação à madeira maciça, por possibilitarem interferência em algumas variáveis de processamento, tais como densidade de painéis, razão de compactação, ciclo de prensagem, quantidade e tipo de adesivo a ser aplicado, dentre outros, de forma que se obtenha, ao final, um produto com as características desejadas.

Os painéis de madeira aglomerada são, a princípio, elementos com características de homogeneidade em sua estrutura, o que significa dizer que eles apresentam propriedades físicas e mecânicas uniformes em toda a sua extensão. No entanto, durante sua produção, vários fatores podem contribuir para que, ao longo do mesmo, as propriedades se diferenciem. As principais causas dessa variabilidade se devem ao não controle de todas as variáveis ligadas ao processo de produção do mesmo, à forma de amostragem adotada, ao tamanho das unidades amostrais, ao número de repetições, à deposição desuniforme de partículas no colchão e à falha do operador, dentre outros. Portanto, torna-se necessário o conhecimento dessas causas de variabilidade, além da busca de soluções que possivelmente as mitiguem.

Outra grande problemática quanto aos painéis de madeira aglomerada é que grande parte dos trabalhos científicos apresenta valores de coeficiente de variação considerados elevados, segundo algumas classificações não específicas,

para quase todas as características avaliadas, trazendo ao pesquisador certo receio no momento de divulgação dos seus resultados. Isso porque, quando esses valores são altos, pode ser indicativo de que ocorreram erros durante o processo de experimentação ou porque se utilizou tamanho de amostras inadequado.

Porém, deve-se ressaltar que valores altos de coeficiente de variação podem também ser uma característica intrínseca daquele determinado experimento. Para o caso específico dos painéis de madeira aglomerada, não se tem uma classificação desses coeficientes de variação, principalmente pela escassez de informações disponíveis na literatura.

Por fim, verifica-se que propor uma classificação para os referidos coeficientes de variação se torna de suma importância, haja vista ser por meio desta classificação que o pesquisador poderá saber se o seu experimento está ou não com a variabilidade adequada à sua pesquisa.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho foi realizado com os seguintes objetivos:

### . Geral

. Estudar as possíveis causas de variabilidade existente nos painéis de madeira aglomerada.

### . Específicos

- a) Estudar as dimensões mais adequadas de unidades amostrais, de maneira a se avaliar de forma mais precisa possível as propriedades das chapas;
- b) determinar os locais do painel de madeira aglomerada que melhor representariam cada uma das propriedades e sugerir um esquema de amostragem;
- c) estabelecer comparação entre a nova forma de amostragem e a proposta por Mendes (2001);
- d) propor uma classificação para os coeficientes de variação para algumas propriedades dos painéis de madeira aglomerada.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Painéis de madeira aglomerada

Os compostos de madeira são produtos que têm, em comum, processo de redução e montagem. A madeira sólida é desdobrada em elementos de diversas formas e dimensões e, então, posteriormente reagrupada em um novo produto, por meio de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005).

De forma geral, os painéis reconstituídos de madeira podem ser classificados como ilustrado na Figura 1. Observa-se que esses produtos se dividem, basicamente, em duas grandes famílias: os laminados e os particulados. Os primeiros são compostos pelos compensados laminados, sarrafeados e LVL; já o segundo grupo é constituído pelos painéis minerais, de fibras e os aglomerados.

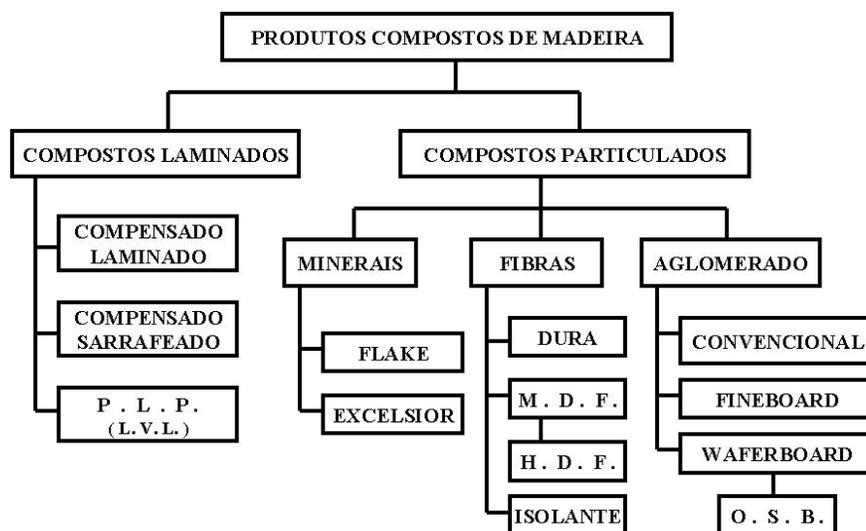


Figura 1 Esquema representativo dos produtos de madeira reconstituída.

Os painéis particulados foram produzidos, a princípio, na Alemanha, por volta de 1940, durante o período da Segunda Guerra Mundial, quando a escassez de madeira de boa qualidade e com diâmetros suficientes motivou o desenvolvimento desse tipo de tecnologia. Tão logo foi concebida e iniciada sua produção, a mesma estagnou devido ao fato de o adesivo utilizado se basear totalmente em matéria-prima advinda da indústria petrolífera, e esta ser prioridade de guerra (IWAKIRI, 2005). Após esse período, as indústrias de aglomerado avançaram muito, principalmente em países como Alemanha e Estados Unidos.

Os painéis aglomerados caracterizam-se pela transformação da madeira em pequenas partículas que, secas e misturadas com adesivos sintéticos termofixos e distribuídas aleatoriamente entre si, são prensadas sob calor e pressão, gerando um painel particulado (MOSLEMI, 1974; TSOUMIS, 1991).

Os aglomerados convencionais apresentam densidade média, variando, normalmente, entre 0,60 e 0,79g/cm<sup>3</sup>, sendo constituídos de partículas “sliver”, as quais são distribuídas na chapa de forma aleatória e homogênea. Sua aplicação ocorre, basicamente, na indústria moveleira.

Maloney (1993) relata que os particulados apresentam as seguintes vantagens em relação à madeira maciça: minimização dos efeitos de anisotropia, possibilidade de eliminação de fatores que diminuam a resistência da madeira, menores exigências no que se refere à qualidade de matéria-prima, possibilidade de adequação das propriedades físico-mecânicas do painel por meio do controle das variáveis de produção e possibilidade de utilização de madeiras de reflorestamento na sua confecção.

No que se refere ao aspecto mercadológico, o setor de painéis de madeira tem apresentado forte dinamismo, no mundo e, em especial, no Brasil. Tem importante papel na geração de recursos e empregos, devido à sua importância estratégica já que, além de seus resultados específicos, supre a

indústria de móveis, segmento no qual o Brasil começa a se destacar no mercado internacional (NOCE et al., 2008). A produção brasileira de particulados, compensados, MDF e MDP, em 2009, foi de 8,8 milhões de metros cúbicos. Espera-se que essa produção, em 2012, seja de, aproximadamente, 11 milhões de metros cúbicos. A produção de aglomerados convencionais, em específico do ano de 2008, foi em torno de 2,617 milhões de metros de cúbicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA - ABIPA, 2010).

Esse mercado vem sofrendo mudanças, em função dos seguintes fatores: busca de alternativas à madeira maciça; modernização tecnológica do parque fabril que proporcionou a oferta de novos produtos (MDF, OSB) e a melhoria da qualidade (a evolução do aglomerado para MDP) e melhoria da renda da população, que deu forte impulso à construção civil e ao setor de móveis, ambos consumidores de painéis de madeira.

Com relação aos fatores que influenciam as propriedades dos painéis aglomerados, têm-se aqueles ligados à madeira e ao processo de produção dos painéis. Ambos são de fundamental importância, pois suas possíveis variações influenciam o comportamento das propriedades físicas e mecânicas dos painéis e, por consequência, irão refletir diretamente nas medidas de precisão (variância, desvio padrão e coeficiente de variação) e dispersão (média, mediana e moda) do experimento. As principais variáveis relacionadas à madeira e ao processo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Principais variáveis relacionadas à manufatura de particulados.

Inerentes à madeira	Inerentes ao processo
Espécies	Massa específica dos painéis
Massa específica da madeira	Razão de compactação
pH	Composição dos painéis
Teor de umidade	Resina e parafina
Extrativos	Dimensão e orientação das partículas
Local de crescimento	Umidade das partículas
Idade cambial	Tempo de fechamento da prensa e de prensagem
Elementos estranhos	Temperatura de prensagem
Forma do tronco	Pressão específica

Fonte: Maloney (1993).

No que se refere às propriedades da madeira, aquela que é considerada a mais importante relacionada ao material genético é a densidade básica, que é fator determinante na utilização da matéria-prima para a confecção de painéis (KELLY, 1977). A indústria, normalmente, utiliza madeiras com densidades inferiores a  $0,60 \text{ g/cm}^3$  (MALONEY, 1993) porque as chapas devem ter densidade de 5% a 40% superior à densidade da madeira empregada na sua fabricação (HRÁZSKÝ; KRAL, 2003). Madeiras com densidades superiores a  $0,60 \text{ g/cm}^3$ , normalmente, não são aceitas para a fabricação de aglomerados porque produzirão chapas com densidades superiores àquelas geralmente aceitas pelo mercado.

Variações na densidade do material a ser processado, segundo Maloney (1993), podem provocar severos problemas operacionais, tais como: operações de moagem, com o não fornecimento de partículas com geometria desejada; operações de secagem; consumo de adesivo; características de contração, que

afetam equipamentos medidores e alimentadores; operações de prensagem, e propriedades físicas e mecânicas do produto final.

A relação entre a densidade da chapa e a densidade da madeira é denominada de razão de compactação, exercendo efeito marcante nas propriedades dos painéis particulados, tendo em vista o processo de densificação do material, para a consolidação do painel até a espessura final (KELLY, 1977; MALONEY, 1993; MOSLEMI, 1974).

Densidade mais baixa da madeira promove uma razão de compactação mais elevada e, por conseguinte, maior superfície de contato entre as partículas, em comparação com madeira de densidade mais alta (CLOUTIER, 1998). Portanto, o colchão produz um produto mais uniforme e, conseqüentemente, capacidade mais elevada de transmitir esforços entre as partículas. Isso resulta em propriedades de flexão estática e tração perpendicular mais elevada para chapas confeccionadas com madeira de baixa densidade.

De acordo com Kelly (1977), em painéis com maior razão de compactação, há maior volume de partículas de madeira e, conseqüentemente, maior densificação do painel, resultando em maior inchamento em espessura da madeira, em função da liberação das tensões de compressão geradas durante o processo de prensagem. Iwakiri et al. (1996), estudando a produção de aglomerados com mistura de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, comprovou esse resultado, pois, observou que com o aumento na razão de compactação, pela maior proporção de pinus no painel, ocorreu um aumento nos valores médios de absorção de água e de inchamento em espessura.

Outro efeito do material genético utilizado é em relação à área superficial específica das partículas de madeira. Considerando-se painéis com as mesmas dimensões e densidade, o uso da espécie mais densa resultará na redução do volume de partículas e, conseqüentemente, da sua área superficial específica. Nessas condições, a aplicação do mesmo conteúdo de resina aumenta

a sua disponibilidade por unidade de área superficial das partículas, podendo resultar em painéis com melhores propriedades, compensando o efeito da redução na razão de compactação (MALONEY, 1993; MOSLEMI, 1974).

Nos casos em que os tipos de extrativos e suas variações quantitativas representam uma importante parte no processo produtivo, problemas podem ocorrer no consumo de adesivo e na sua taxa de cura. Adicionalmente, podem ser observadas baixas resistências à umidade em produtos acabados, bem como problemas relacionados com o estouro de painéis durante a prensagem. Tais problemas devem ser avaliados quando são utilizadas espécies que têm extrativos que afetem negativamente o processo de composição do painel (MALONEY, 1993).

Esses elementos não fazem parte da estrutura da madeira e incluem taninos e outros polifenólicos, substâncias corantes, óleos essenciais, gorduras, adesivos, graxas, gomas e amido, dentre outros (SJOSTRON, 1993).

Diversas pesquisas têm sido conduzidas, ao longo dos anos, sobre as variações e os tipos de extrativos nas espécies. Muito pouco dessas informações tem sido relacionada à produção de painéis de partículas de madeira (MALONEY, 1993).

A acidez da madeira é outra importante variável que requer atenção, sendo avaliada pelo nível de pH e pela capacidade compensadora. Condições químicas apropriadas devem ser determinadas na montagem do painel, para a polimerização do adesivo propriamente dito, pois isso é importante, principalmente quando se empregam adesivos à base de ureia-formaldeído. Essas condições são dependentes, em parte, de certa extensão de acidez no processo de cura (MALONEY, 1993).

Kelly (1977) relatou que a geometria das partículas é um parâmetro importante na produção de painéis aglomerados. As dimensões têm que ser controladas para se obter maior homogeneidade, que irá influenciar na área da

superfície específica e, por consequência, no consumo de adesivo e nas propriedades dos painéis.

Para Maloney (1993) e Moslenni (1974), partículas de tamanhos menores requerem maior quantidade de adesivo para seu perfeito encolamento, uma vez que essas partículas apresentam maior área específica exposta. Para os mesmos autores, com a utilização de uma mesma quantidade de adesivo, painéis com partículas maiores apresentarão maiores valores de tração perpendicular, devido à maior quantidade de resina por unidade de área específica.

O ciclo de prensagem representa no painel uma das principais fontes de variação, pois nele são combinados tempo, pressão e temperatura. O tempo de prensagem é aquele período decorrido entre o momento da consolidação do colchão de partículas em sua espessura até o momento de abertura dos pratos da prensa, podendo variar em torno de 6 a 12 minutos.

O tempo de prensagem deverá ser o suficiente para que o centro da chapa atinja a temperatura ideal para a polimerização do adesivo e para que haja migração da umidade pelas bordas da chapa.

Segundo Matos (1988), reduções no tempo de prensagem dos painéis são mais desejáveis, pois implicam em maior produção por unidade de tempo, bem como provocam uma redução no consumo de energia. O mesmo autor relata que o principal efeito do decréscimo no tempo de prensagem é a redução nas propriedades de resistência.

A principal função da temperatura da prensa, na produção de painéis de partículas, é a aceleração da polimerização do adesivo distribuído entre as partículas e a plasticização da madeira (MATOS, 1988).

A pressão aplicada sobre as partículas tem a finalidade de consolidar o colchão na espessura final desejada e assegurar o contato adequado entre as partículas. Brito (1984), Iwakiri (1989), Keinert Júnior (1988) e Matos (1988) obtiveram painéis de boa qualidade para espécies do gênero *Pinus*, utilizando

pressão específica variando de 35 a 40kgf/cm<sup>2</sup>, sendo utilizado o adesivo fenol-formaldeído.

### **3.2 Principais variáveis repostas dos particulados**

As propriedades físicas e mecânicas são, na grande maioria das vezes, as variáveis respostas da grande maioria dos trabalhos científicos na área de painéis de madeira reconstituída, ou seja, elas norteiam a qualidade, resistência, aplicabilidade, dentre outros. As principais propriedades de interesse são descritas a seguir.

#### **3.2.2 Propriedades físicas**

Absorção de água e inchamento em espessura são, respectivamente, a expressão percentual da quantidade de água absorvida e inchamento em espessura, quando uma amostra condicionada a 20±2°C e 65±3% de umidade relativa (umidade de equilíbrio em torno de 12%) é imersa em água, por 2 e 24 horas.

Brito (1995) relata que o inchamento em espessura é uma das propriedades mais importantes, em termos de estabilidade dimensional dos painéis. O inchamento em espessura pode ser afetado por fatores como espécie de madeira, geometria das partículas, densidade dos painéis, nível de adesivo, percentagem de parafina, eficiência da aplicação do adesivo e condições de prensagem.

### 3.2.1 Propriedades mecânicas

No teste de flexão estática são avaliadas duas propriedades, o módulo de elasticidade e o módulo de ruptura.

Conceitualmente, o módulo de elasticidade (MOE) é a tensão necessária para que o material consiga se destender no dobro de seu comprimento, abaixo do limite de proporcionalidade. Maloney (1977) define o MOE como a elasticidade de um material até o limite de proporcionalidade. Já Iwakiri (1989) menciona que o MOE é um parâmetro que indica a rigidez de um material submetido a um determinado esforço.

O MOE é afetado pelas diversas variáveis do processo de produção de painéis, dentre as quais densidade dos painéis, composição das camadas face/miolo, conteúdo de adesivo, razão de compactação, conteúdo de parafina e dimensões das partículas refletidas no índice de esbelteza (KELLY, 1977; MATOS, 1988; VITAL; BEHMANN; BOONE, 1974).

Brito (1984) e Maloney (1977) definem o módulo de ruptura (MOR) como o limite do material, submetido ao esforço máximo até a ruptura. Iwakiri (1989) ressalta que o MOR é uma propriedade muito importante, que determina a aplicabilidade dos painéis de partículas de madeira para uso estrutural.

O ensaio de tração perpendicular mede o grau de adesão entre as partículas, em amostras submetidas aos esforços de tração perpendicular. A ruptura ocorre, normalmente, na porção média da sua espessura, a qual corresponde à região de menor densidade e ligação entre as partículas (IWAKIRI, 1989).

Em geral, na literatura, há a menção de que, com o aumento da densidade dos painéis, do conteúdo de adesivo, do tempo e da temperatura de prensagem, ocorre um aumento na resistência a tração perpendicular. No entanto, existem algumas controvérsias em relação ao efeito de determinadas

variáveis de processamento na tração perpendicular. Vital, Behmann e Boone (1974) não encontraram correlação definida entre tração perpendicular e densidade dos painéis. A adição de parafina é muito importante para uma maior estabilidade dimensional dos painéis, no entanto, promove, segundo Winistorfer, McFarland e Richard (1992), redução na tração perpendicular dos painéis particulados.

### 3.3 Coeficiente de variação

Na avaliação e na interpretação dos resultados estatísticos obtidos por meio da experimentação, é recomendável a exploração de todas as informações disponíveis para que o pesquisador, ao tomar suas conclusões, esteja o mais seguro e correto possível.

O primeiro resultado buscado é a média aritmética dos dados, que pode ser definida como o somatório de todos os valores, dividido pelo número de observação (equação 1), sendo considerada uma medida de posição.

$$\bar{X} = \sum_{x=1}^{x=n} xi / n \quad (1)$$

em que

$\bar{X}$  = média aritmética;

X1, X2, X3...Xn = valores observados de uma variável;

n = número de observações.

Para que a análise e a interpretação dos resultados se tornem mais confiáveis e seguras, torna-se importante, além do relato da medida de posição, uma medida de dispersão (variância, desvio padrão, coeficiente de variação).

A variância representa a variação de cada valor observado em relação à sua média; ela quantifica a soma dos desvios ao quadrado, como mostrado na

equação (2). Nesse sentido, o valor obtido por este parâmetro é expresso no quadrado da dimensão que se está trabalhando.

$$\bar{X} = \sum_{x=1}^{x=n} xi / n \quad (2)$$

em que

$S(xi)^2 =$  variância.

$xi =$  cada valor obtido;

GL = graus de liberdade.

O desvio padrão pode ser definido da mesma forma que a variância, porém, na unidade característica avaliada (equação 3).

$$S(xi) = \sqrt{S(xi)^2} \quad (3)$$

em que

$S(xi) =$  desvio padrão.

$S(xi)^2 =$  variância.

Nesse contexto surge o conceito de coeficiente de variação de uma amostra (CV), que se mostra com maior utilidade que as demais medidas de dispersão, uma vez que é definido como o desvio padrão expresso em porcentagem de média (Equação 4). Assim, se mostra útil para comparar a variabilidade entre conjuntos de dados com características diferentes ou não.

$$CVa = S(xi) \times 100 / \bar{X} \quad (4)$$

em que

CVa = coeficiente de variação amostral, expresso em porcentagem.

$S(x_i)$  = desvio padrão.

$\bar{X}$  = média.

Quando se trata coeficiente de variação experimental, ele pode ser conceituado conforme a expressão 5.

$$CVe = \sqrt{QMerro} \times 100 / \bar{X} \quad (5)$$

em que

$CVe$  = coeficiente de variação experimental expresso em porcentagem.

$QMerro$  = quadrado médio do erro.

$\bar{X}$  = média.

O coeficiente de variação é a medida mais utilizada para mensurar a instabilidade relativa de uma característica ou variável (SAMPAIO, 1998). Considera-se que quanto menor o coeficiente de variação maior será a homogeneidade dos dados e menores as variações do acaso (GARCIA, 1989).

Conforme Federer (1955), Kalil (1977) e Steel, Torrie e Dickey (1997), o coeficiente de variação permite a comparação de resultados de diferentes experimentos envolvendo uma mesma variável resposta ou espécie, permitindo quantificar a precisão de uma determinada pesquisa. Os autores alertam para o fato de que o pesquisador deve estar atento aos valores razoáveis dessa medida em sua área de atuação, pois elas variam de acordo com o material avaliado e com a variável-resposta estudada.

O coeficiente de variação é uma medida importante sobre a variabilidade dos resultados experimentais, podendo ser útil na definição do número de repetições do ensaio, necessário para detectar uma diferença entre médias de tratamentos com uma dada probabilidade (MEAD; CURNOW, 1986). Além

disso, ela é uma excelente ferramenta no planejamento de experimentos, na determinação de tamanhos de amostras e na estimativa da média populacional.

Os altos valores de coeficiente de variação normalmente obtidos na experimentação podem ser reflexos de erro experimental, os quais interferem diretamente na análise e na conclusão de pesquisas. Isso porque quanto maior for esse erro, as diferenças entre os tratamentos poderão não ser detectadas, levando a não discriminação das diferenças significativas entre os tratamentos (erro tipo II). Com efeito, a decisão errada prejudica a adoção de novas tecnologias, por não permitir a indicação do melhor tratamento para o pesquisador.

Gomes (1985), estudando os coeficientes de variação obtidos nos ensaios agrícolas, classificou-os da seguinte forma:

- a) coeficiente de variação baixo: inferiores a 10%;
- b) coeficiente de variação médio: entre 10 e 20%;
- c) coeficiente de variação alto: entre 20 e 30%;
- d) coeficiente de variação muito alto: acima de 30%.

Esta classificação, porém, além de se basear em resultados de experimentação agrícola, está sendo utilizada para classificar coeficientes de variação de diferentes variáveis, indiscriminadamente, dentro da experimentação em geral. Incluem-se aí os painéis de madeira particulada, que apresentam propriedades físico-mecânicas com valores de variação entre altos e muito altos, segundo essa classificação.

Torna-se necessária, portanto, nova classificação dos coeficientes de variação, voltados para a realidade dos painéis particulados e que levem em consideração não só a variável a ser estudada, mas também o tipo de experimentação ao qual os dados se referem.

Para determinar limites na distribuição dos valores de coeficientes de variação (CV), Garcia (1989), trabalhando com experimentos na área de ciências

florestais, propôs utilizar a relação entre a média ( $\bar{X}$ ) e o desvio padrão (s) dos valores de coeficiente de variação de diversos experimentos, envolvendo a mesma variável, da seguinte forma:

- a) coeficiente de variação baixo:  $CV \leq \bar{X} - s$
- b) coeficiente de variação médio:  $\bar{X} - s < CV \leq \bar{X} + s$
- c) coeficiente de variação alto:  $\bar{X} < CV \leq \bar{X} + 2s$
- d) coeficiente de variação muito alto:  $CV > \bar{X} + 2s$ .

Essa classificação, porém, requer que os dados analisados apresentem distribuição normal. Quando estes não apresentam essa característica, pode-se fazer uso da metodologia proposta por Costa, Seraphin e Zimmermann (2002). Estes autores sugeriram um método alternativo de classificação dos coeficientes de variação que pode ser aplicado independentemente da distribuição de probabilidade dos valores de coeficiente de variação. Esse método baseou-se no uso da mediana (Md) e do pseudossigma (PS), como mostram as expressões 6 e 7. Essas medidas, segundo este autor, são mais resistentes que a média e o desvio padrão.

$$Md = \left( \frac{Q_1 + Q_3}{2} \right) \quad (6)$$

em que

$Q_1$  e  $Q_3$  = primeiro e terceiro quartil, respectivamente, os quais delimitam 25% de cada extremidade da distribuição.

$$PS = \left( \frac{IQR}{1,35} \right) \quad (7)$$

em que

IQR = amplitude interquartilica, medida resistente que indica quanto os dados estão distanciados da mediana.

O pseudossigma seria o desvio padrão que uma distribuição normal precisaria ter, a fim de produzir a mesma amplitude interquartilica da distribuição dos dados amostrais. Essa interpretação do pseudossigma é justificada pela presença do valor 1,35, correspondente à distância entre  $Q_1$  e  $Q_3$ , na distribuição normal  $N(0,1)$  (COSTA; SERAPHIN; ZIMMERMANN, 2002). Dessa forma, a classificação pode ser assim feita:

- a) baixo:  $CV \leq (Md - PS)$ ;
- b) médio:  $(Md - PS) < CV \leq (Md + PS)$ ;
- c) alto:  $(Md + PS) < CV \leq (Md + 2PS)$ ;
- d) muito alto:  $CV > (Md + 2PS)$ .

### **3.4 Variabilidade nas propriedades físicas e mecânicas de painéis particulados**

A grande dificuldade observada para o estudo dos coeficientes de variação, no que se refere aos painéis de madeira aglomerada, deve-se à baixa quantidade de trabalhos que explicitam essa variável, principalmente tendo em vista o temor dos pesquisadores em publicar esses valores que, muitas vezes, são considerados altos, de acordo com algumas classificações genéricas.

As causas desses altos valores nas medidas dispersivas podem ser várias, destacando-se, a seguir, as principais:

- a) má representatividade do painel aglomerado, ocasionado, principalmente, por uma inadequada amostragem;
- b) dimensões impróprias das unidades amostrais;
- c) número de repetições muito baixo, sendo, muitas vezes, deixado de lado o princípio da amostragem piloto;
- d) o não controle de todas as variáveis de processamento, levando a erros;
- e) deposição heterogênea de partículas no momento de formação do colchão, ocasionando a formação de regiões com maiores e outra com menores densidades, a qual reflete diretamente nos valores das propriedades físicas e mecânicas do painel;
- f) descuido do operador no momento de medição, principalmente nas propriedades físicas, dentre inúmeras outras possibilidades.

A seguir são listados, nas Tabelas 2 e 3, alguns autores que trabalharam com painéis de madeira aglomerada e que determinaram o valor de coeficiente de variação para as propriedades dos mesmos.

Tabela 2 Valores de coeficiente de variação para as propriedades físicas.

Autores	Coeficiente de variação (%)			
	AA2	AA24	IE2	IE24
Mendes (2001)	9 a 42	20 a 46	6 a 34	9 a 34
Albuquerque (2002)	xxx	xxx	xxx	xxx
Gouveia et al. (2003)	34 a 67	15 a 24	11 a 25	4 a 17
Brito et al. (2005)	60 a 71	4 a 16	7 a 48	7 a 26
Batista et al. (2007)	6	6	10	4
Mendes et al. (2007)	32 a 38	43 a 50	30 a 46	16 a 38
Sousa (2006)	23	14	23	19
Iwakiri (2008)	xxx	xxx	7 a 21	6 a 37
Guimarães Júnior (2008)	6	11	13	20
Gonçalves, Lelis e Oliveira (2008)	20	10	21	25

Tabela 3 Valores de coeficiente de variação para as propriedades mecânicas.

Autores	Coeficiente de variação (%)		
	MOE	MOR	TP
Mendes (2001)	11 a 24	11 a 23	20 a 32
Albuquerque (2002)	12 a 13	11 a 13	11 a 13
Gouveia et al. (2003)	9 a 28	12 a 35	19 a 31
Brito et al. (2005)	16 a 46	14 a 38	15 a 52
Batista et al. (2007)	36	13	31
Mendes et al. (2007)	6 a 26	20 a 39	20 a 34
Souza (2006)	11	16	31
Iwakiri (2008)	9 a 28	13 a 33	12 a 42
Guimarães Júnior (2008)	9	10	18
Gonçalves, Lelis e Oliveira (2008)	xxx	xxx	xxx

### 3.5 Amostragem e área amostral

De acordo com Pillar (2004), a amostragem é necessária porque, em geral, não é possível ou não é conveniente acessar a totalidade de um dado universo amostral ou população. Assim, tomam-se informações sobre uma parte deste, uma amostra, para inferir atributos sobre o todo.

O mesmo autor ainda relata que as unidades que compõem o universo amostral e a amostra, ou seja, as unidades amostrais podem ser objetos perfeitamente distinguíveis, tais como um indivíduo vegetal ou animal, ou um ponto, ou um evento (relacionado a comportamentos, por exemplo). Elas podem ser entendidas como elementos espaciais (superfícies) ou temporais, a partir dos quais são levantados os dados. As unidades amostrais em painéis de madeira reconstituída são os chamados corpos-de-prova, os quais têm áreas diferenciadas, em função do tipo de ensaio a ser realizado e da norma que está sendo utilizada. Já o universo amostral pode ser dito, para os particulados, com sendo o próprio painel ou grupo desses.

No que se refere ao tamanho da unidade amostral, diversos autores têm ressaltado a influência do tamanho das unidades amostrais na precisão dos experimentos (HATHEWAY, 1961; LE CLERG, 1967; STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997), mostrando a existência de relação inversa entre o tamanho da unidade amostral e o erro experimental (ORTIZ, 1995; VALLEJO; MENDOZA, 1992; ZHANG; WARRICK; MYERS, 1994).

Com relação à intensidade amostral, quanto menor for o número de amostras de um universo, mais difícil será saber se aquela amostra tem valor próximo ao verdadeiro. Porém, quanto maior o número de unidades amostrais, maior é a probabilidade de que novas amostras tomadas do mesmo universo amostral permitam as mesmas conclusões. A avaliação da precisão da estimativa indicará a amplitude de estados em que é mais provável que se encontre o estado

verdadeiro do atributo no universo amostral. Portanto, em qualquer levantamento, será sempre necessário avaliar se o tamanho da amostra é suficiente para uma dada precisão requerida (PILLAR, 2004).

O sucesso de um determinado experimento com painéis de madeira envolve aspectos importantes sobre as formas de amostragem. Antes de tudo, é preciso garantir que a amostra ou as amostras que serão utilizadas sejam obtidas por processos adequados. Se erros grosseiros forem cometidos no momento de selecionar os elementos da amostra, o trabalho todo ficará comprometido e os resultados finais serão, provavelmente, bastante incorretos.

Para tanto, é necessário garantir que a amostra seja representativa da população. Isso significa que, exceto certas pequenas discrepâncias inerentes à aleatoriedade sempre presente, em maior ou menor grau, no processo de amostragem, a amostra deve ter as mesmas características básicas da população, no que diz respeito às variáveis que se deseja pesquisar.

Os sistemas de amostragem consistem em dois métodos para composição das amostras, os probabilísticos e os não probabilísticos ou intencionais (FONSECA; MARTINS, 1996). Segundo estes autores, o sistema de amostragem probabilística exige que cada elemento da população tenha determinada probabilidade de ser selecionado. O sistema de amostragem garante cientificamente a aplicação das técnicas estatísticas de inferência e, com base nesses sistemas, podem-se realizar inferências sobre a população, a partir do conhecimento da amostra. Já nos métodos não probabilísticos, as amostragens são realizadas por meio de uma escolha deliberada dos elementos da amostra e, por meio desse método, não há a possibilidade de generalizar os resultados para a população, ou seja, este sistema de amostragem não garante a representatividade da mesma.

Cochran (1977) descreveu os diferentes tipos de amostragens probabilísticas. Os mais comuns são: amostragem aleatória simples, amostragem sistemática, amostragem estratificada, amostragem múltipla e sequencial.

De acordo com Ribeiro Júnior (2001), a amostragem simples consiste em escolher uma amostra de uma população, tal que qualquer item tenha a mesma probabilidade de ser selecionado. Esse tipo de amostragem requer que todos os itens da população estejam disponíveis para serem avaliados na amostra. Na maioria das aplicações, uma vez selecionado um item da população como parte da amostra, essa unidade não retorna à população, sendo denominada de amostra simples sem reposição. Caso contrário, quando estas retornam à população, são chamadas de amostra simples com reposição. Esse tipo de amostragem pode ser aplicado para os painéis particulados, porém, não são muito utilizadas, pois existe dificuldade de se fazer a retirada dos corpos-de-prova na ordem em que foram sorteados (dificuldade operacional).

Quando os elementos da população se apresentam ordenados e a retirada dos elementos da amostra é feita periodicamente, tem-se uma amostragem sistemática. A principal vantagem dessa amostragem está na grande facilidade na determinação dos elementos da amostra. O perigo em adotá-la está na possibilidade da existência de ciclos de variação da variável de interesse, especialmente se o período desses ciclos coincidir com o período de retirada dos elementos da amostra. Por outro lado, se a ordem dos elementos na população não tiver qualquer relacionamento com a variável de interesse, então, a amostragem sistemática terá efeitos equivalentes à causal simples, podendo ser utilizada sem restrições (COSTA NETO, 1977). No que se refere aos painéis aglomerados, essa amostragem é muito utilizada, em âmbito industrial, onde são retiradas amostras dos painéis para avaliação de suas propriedades, de períodos em períodos.

Muitas vezes, a população se divide em subpopulações ou estratos, sendo razoável supor que, de estrato para estrato, a variável de interesse apresente um comportamento substancialmente diverso, tendo, entretanto, comportamento razoavelmente homogêneo dentro de cada estrato. Em tais casos, se o sorteio dos elementos da amostra for realizado sem levar em consideração a existência dos estratos, pode acontecer que os diversos estratos não sejam convenientemente representados na amostra, a qual seria mais influenciada pelas características da variável nos estratos mais favorecidos pelo sorteio. Evidentemente, a tendência à ocorrência de tal fato será tanto maior quanto menor o tamanho da amostra. Para evitar isso, pode-se adotar uma amostragem estratificada.

A amostragem estratificada é, sem sombra de dúvidas, uma das que melhor representariam os painéis aglomerados, principalmente no âmbito laboratorial. Isso porque esses materiais, apesar de serem considerados homogêneos, apresentam diferenças no decurso de sua superfície vertical. Essas diferenças levam à formação de regiões que são mais ou menos homogêneas. Esses estratos ocorrem em virtude da diferença de pressão exercida pela prensa, diferenças de temperaturas na superfície de contato, além de fatores, como a densidade diferenciada ao longo do painel, decorrentes, principalmente, da deposição desigual de partículas durante a formação do colchão.

Costa Neto (1977) ainda se refere à amostragem múltipla, em que a amostra é retirada em diversas etapas sucessivas. Dependendo dos resultados observados, etapas suplementares podem ser dispensadas. Esse tipo de amostragem é, muitas vezes, empregado na inspeção por amostragem, sendo particularmente importante a amostragem dupla. Sua finalidade é diminuir o número médio de itens inspecionados a longo prazo, baixando, assim, o custo da inspeção. Para o mesmo autor, existe um caso extremo de amostragem múltipla, que é a amostragem sequencial. A amostra vai sendo acrescida item por item, até

se chegar a uma conclusão no sentido de se aceitar ou rejeitar uma dada hipótese. Com a amostragem sequencial pretende-se tornar mínimo o número médio de itens inspecionados a longo prazo.

Amostras não-probabilísticas são também, muitas vezes, empregadas em trabalhos estatísticos, por simplicidade ou por impossibilidade de se obterem amostras probabilísticas, como seria desejável. Como, em muitos casos, os efeitos da utilização de uma amostragem não-probabilística podem ser considerados equivalentes aos de uma amostragem probabilística, resulta que os processos não-probabilísticos de amostragem têm também sua importância (COSTA NETO, 1977).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho de pesquisa foi realizado na Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM), no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O trabalho foi dividido em três etapas distintas: 1) estudo do efeito do tamanho da unidade amostral sobre alguns parâmetros físico-mecânicos de painéis aglomerados de origem industrial; 2) obtenção dos melhores locais para a retirada dos corpos-de-prova nos painéis aglomerados produzidos em laboratório e 3) classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados de origem laboratorial.

### **4.1 Efeito do tamanho da unidade amostral sobre os parâmetros físicos e mecânicos dos painéis de madeira aglomerada**

Foram obtidos quatro painéis de madeira aglomerada de origem industrial, de um mesmo lote, produzidos a partir de uma determinada matéria prima e com as mesmas condições de processo (densidade nominal, ciclo de prensagem, dentre outros), com as dimensões nominais de 240 x 120 x 1,5 cm.

As propriedades estudadas foram: tração perpendicular, flexão estática (avaliando módulo de elasticidade/MOE e módulo de ruptura/MOR), absorção de água e inchamento em espessura, após 2 e 24 horas após imersão.

Estes painéis foram seccionados em quatro extratos. Em cada uma dessas regiões foram retirados corpos-de-prova para todas as propriedades mencionadas anteriormente e com todos os tamanhos de unidades amostrais a serem estudadas. O esquema da forma de retirada dos corpos-de-prova pode ser observado na Figura 2.

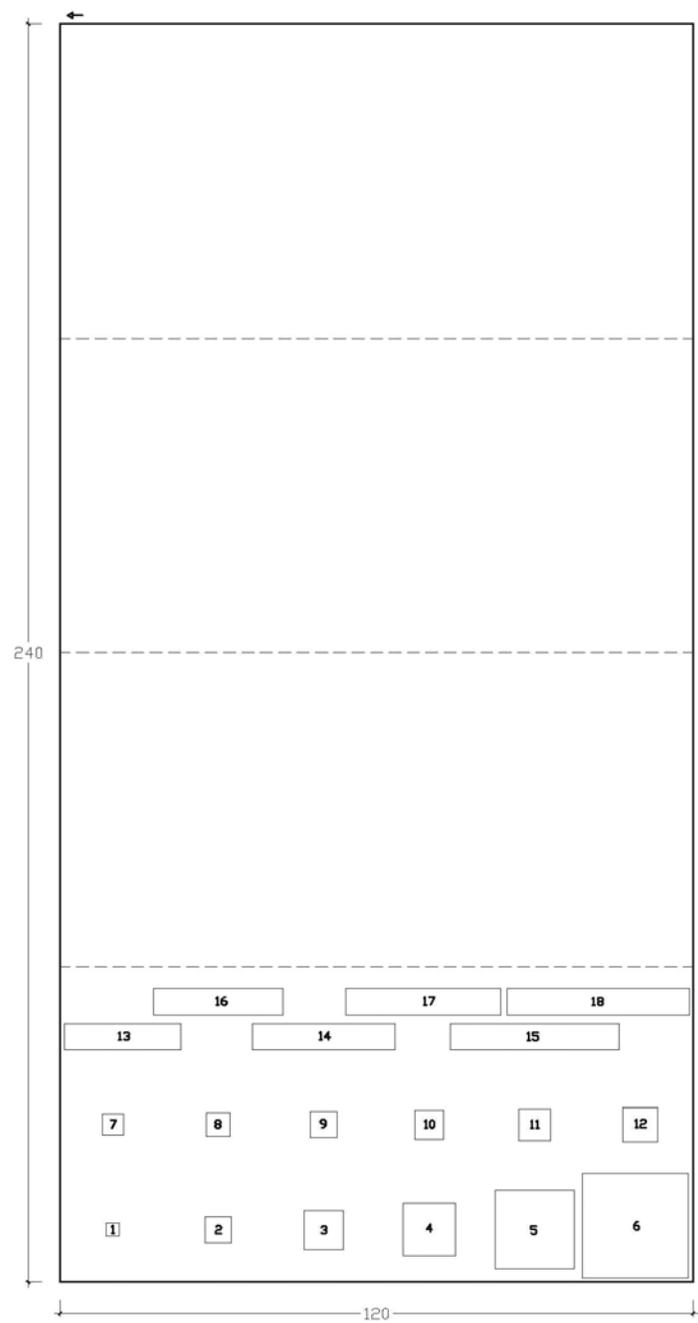


Figura 2 Retirada dos corpos-de-prova em painéis industriais.

Na Tabela 4 observa-se o delineamento experimental utilizado para a obtenção dos melhores valores de tamanho de unidades amostrais, para cada uma das propriedades físicas e mecânicas estudadas.

Após a sua retirada, os corpos-de-prova foram encaminhados para a sala de climatização, onde encontraram umidade relativa de  $65\pm 3\%$  e temperatura de  $20\pm 2^\circ\text{C}$ . Eles permaneceram neste ambiente até o momento em que obtiveram massa constante.

Para que se pudesse ter um balizamento do tamanho das unidades amostrais e possíveis comparações, um dos tratamentos foi realizado com corpos-de-prova de dimensões recomendadas pela NBR 14810-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2002).

Tabela 4 Descrição dos tratamentos.

Correspondente na Figura 2	Propriedade	Corpo-de-prova (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )
1	Absorção/inchamento	2,5 x 2,5*	6,25
2	Absorção/inchamento	5,0 x 5,0	25,00
3	Absorção/inchamento	7,5 x 7,5	56,25
4	Absorção/inchamento	10,0 x 10,0	100,00
5	Absorção/inchamento	15,0 x 15,0	225,00
6	Absorção/inchamento	20,0 x 20,0	400,00
7	Tração perpendicular	4,0 x 4,0	16,00
8	Tração perpendicular	4,5 x 4,5	20,25
9	Tração perpendicular	5,0 x 5,0*	25,00
10	Tração perpendicular	5,5 x 5,5	30,25
11	Tração perpendicular	6,0 x 6,0	36,00
12	Tração perpendicular	6,5 x 6,5	42,25
13	Flexão estática**	20,0 x 5,0	100,00
16	Flexão estática**	22,5 x 5,0	112,50
14	Flexão estática**	25,0 x 5,0*	125,00
17	Flexão estática**	5,0 x 27,5	137,50
15	Flexão estática**	30,0 x 5,0	150,00
18	Flexão estática**	32,5 x 5,0	162,50

\*Dimensões recomendadas pela norma NBR 14810-3 (ABNT, 2002).

\*\*Dimensões de vão livre, sendo acrescidas de 2 cm no momento de retirada dos corpos-de-prova.

Os ensaios físicos foram realizados na UEPAM. Os testes mecânicos foram feitos no Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira, utilizando-se da máquina de ensaio universal EMIC-30000, conforme ilustrado na Figura 3.

Para que houvesse a padronização dos testes, estes foram feitos seguindo as recomendações da norma NBR 14810-3 (ABNT, 2002).



Figura 3 Máquina de ensaio universal (EMIC-30000).

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), arranjado de forma fatorial, com dois fatores e quatro repetições. O modelo estatístico adotado nesta fase do trabalho pode se visualizado abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + T'_j + (TT')_{ij} + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = k-ésima resposta que recebeu o tratamento i-ésimo nível do fator T e o j-ésimo nível do fator T';

$T_i$  = efeito do i-ésimo nível do fator T (painel);

$T'_k$  = efeito do j-ésimo nível do fator T'(área);

$(TT')_{ik}$  = efeito da interação do i-ésimo nível do fator T com o efeito do j-ésimo nível de T' e

$e_{ijk}$  = erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ .

O teste de médias utilizado foi o de Scott-Knott, a 5% de significância.

Foi também utilizada, como subsídio na tomada de decisão sobre qual o melhor tamanho de corpo-de-prova para determinada propriedade, a

variabilidade da variável resposta por meio do estudo dos coeficientes de variação.

#### **4.2 Estudo dos locais de retirada dos corpos-de-prova em painéis aglomerados produzidos em laboratório**

Nesta segunda fase do projeto, foram utilizados painéis de origem laboratorial, os quais foram produzidos a partir de madeira de *Pinus oocarpa* com idade de 18 anos. O material genético se encontrava no campus da UFLA, em Lavras, MG, localizada à latitude de 21°14'S e longitude 45°00'w, e altitude média de 900 m. A precipitação média anual é em torno de 1.400 mm e a temperatura média anual é de 19,4°C.

Para que não houvesse nenhuma interferência das diferentes estruturas existentes dentro do caule da espécie utilizada (lenho inicial e tardio, cerne e alborno, lenho juvenil e adulto, dentre outros), fez-se a utilização de todo o tronco da árvore, por meio do seu desenrolamento em torno. Este gerou lâminas de espessura de 2 mm. Essas lâminas foram secas e levadas ao equipamento denominado moinho de martelo, onde foram transformadas em partículas do tipo “sliver”, que são aquelas necessárias para a produção de painéis aglomerados convencionais.

Este material passou, então, por um processo de secagem em estufa com circulação forçada de ar, tendo a umidade dessas partículas ficado em torno de 3%, com base na massa seca. Isso foi necessário devido à exigência feita, principalmente, pelo adesivo a ser aplicado e ao ciclo de prensagem utilizado.

As partículas foram, então, peneiradas, utilizando-se no painel apenas a parte que ficou retida entre as peneiras de 10 e 30 mesh. A partir de então, elas ficaram em sacos plásticos lacrados, para que mantivessem a umidade até o momento de confecção do painel.

O adesivo utilizado foi a ureia formaldeído. Aplicou-se na chapa a porcentagem de 9%, com base no seu teor de sólidos. Esse adesivo apresentava teor de sólidos de 69,41%, viscosidade de 480 cP, tempo de gelatinização de 1 minuto e 38 segundos e pH de 7,81.

Também se acresceu ao painel parafina, na proporção de 0,5% com base no seu teor de sólidos.

Todo o material foi encaminhado ao tambor encolador para a homogeneização dos componentes do painel. A velocidade de rotação foi de 350 rpm.

Uma vez misturado, esse material foi colocado na caixa formadora do painel e, posteriormente, levado à pré-prensagem, para que pudesse haver uma primeira acomodação do colchão, e este pudesse ser conduzido à prensa hidráulica.

A densidade nominal das chapas foi de 0,70 g/cm<sup>3</sup>. A dimensão de cada painel foi, aproximadamente, de 500 x 500 mm. A espessura do mesmo foi determinada por meio da utilização de barras de ferro de 15 mm. Estas ocuparam as laterais do colchão, permitindo que os gases (que saem devido às altas temperaturas) saiam pelas laterais sem que haja o estouro do painel.

O ciclo de prensagem utilizado foi de pressão nominal de 40 kgf/cm<sup>2</sup>, temperatura de 160°C e tempo de 8 minutos. Tomou-se o cuidado de marcar sempre a frente de prensagem para que se pudesse localizar cada um dos locais de retirada de corpos-de-prova do painel. Esse procedimento pode ser visualizado na Figura 4.



Figura 4 Marcação da frente de prensagem nos painéis aglomerados.

As propriedades avaliadas foram: absorção e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, tração perpendicular, flexão estática (avaliando-se o módulo de elasticidade/MOE e módulo de ruptura/MOR).

Os procedimentos adotados para a realização dos ensaios foram os sugeridos pela norma NBR 14810-3 (ABNT, 2002). O tamanho dos corpos-de-prova para cada uma das propriedades estudadas foi tomado com base nos resultados obtidos no item 5.1. Nesse sentido, suas dimensões foram de 7,5 x 7,5 cm; 5,0 x 25,0 cm e 4,0 x 4,0 cm, para absorção de água/inchamento em espessura, flexão estática e tração perpendicular, respectivamente.

O painel produzido foi subdividido em regiões. Cada chapa foi totalmente reduzida a um tipo apenas de corpo-de-prova para uma determinada propriedade a ser estudada, de forma a se marcar a região do painel de onde essa unidade amostral foi retirada. Assim, de cada região desses painéis, foi retirado o número máximo possível de corpos-de-prova para aquela determinada propriedade em estudo.

As chapas destinadas ao estudo das propriedades de absorção e inchamento em espessura, 2 e 24 horas após imersão em água, foram seccionadas em cinco faixas perpendiculares à frente de prensagem. De cada uma dessas faixas foram retirados cinco corpos-de-prova. Para tanto, foram utilizados oito painéis aglomerados. O esquema de obtenção dos corpos-de-prova para os testes físicos de absorção de água e inchamento em espessura pode ser visto na Figura 5.

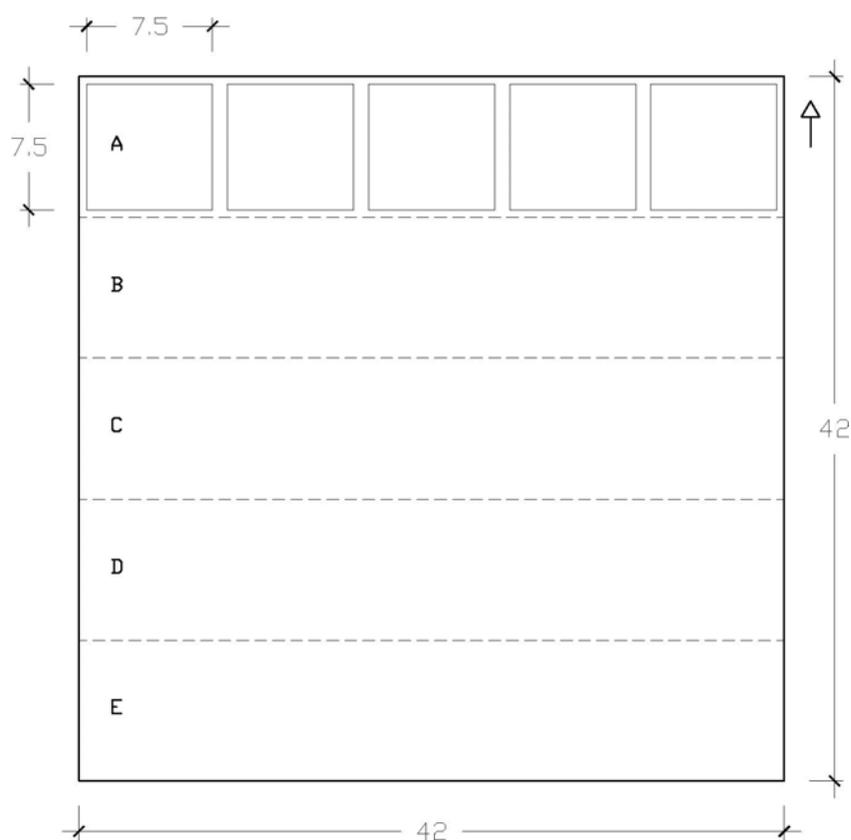


Figura 5 Amostragem em faixas para avaliação das propriedades físicas.

Para as propriedades de flexão estática (MOE e MOR), foram utilizados oito painéis aglomerados, tendo quatro sido destinados à retirada de unidades amostrais na posição paralela e quatro na posição perpendicular à frente de prensagem. Para cada uma das posições (paralela ou perpendicular a frente de prensagem) fez-se o seccionamento da chapa em quatro faixas (A, B, C e D). Das faixas A e D fez-se a retirada dos corpos-de-prova da região mais próxima à borda, enquanto nas faixas B e C, a retirada foi feita na posição central. Os detalhes dessa retirada de unidades amostrais podem ser vistos nas Figuras 6 e 7.

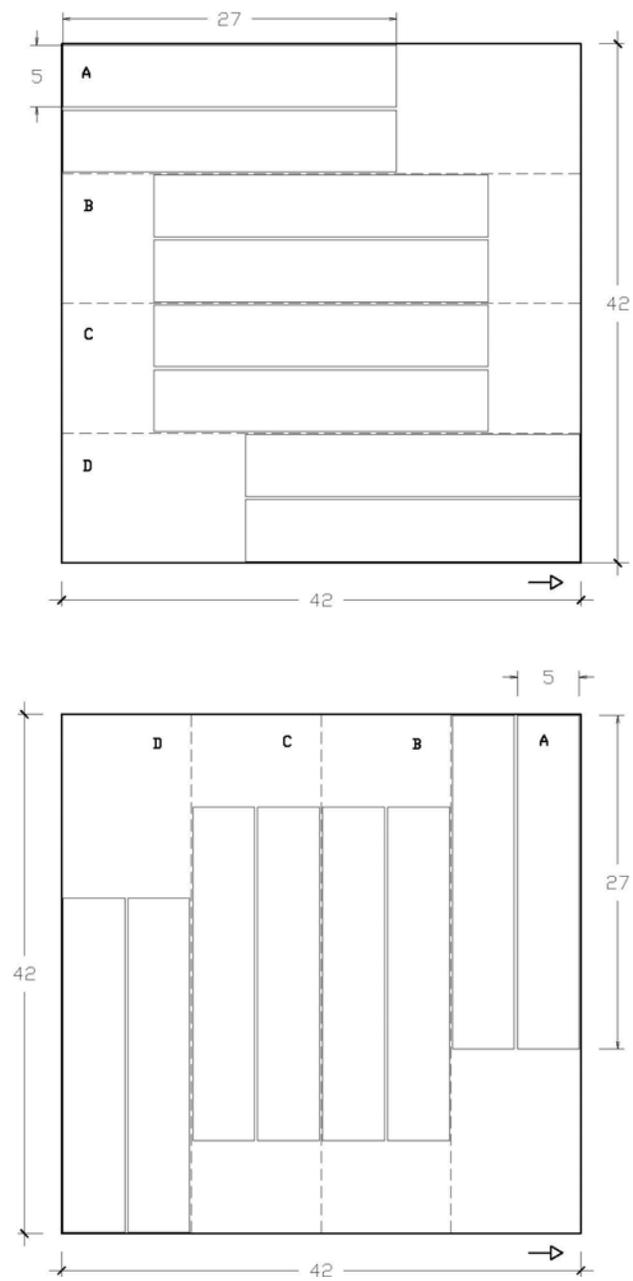


Figura 6 Amostragem em faixas para avaliação da flexão estática paralela e perpendicularmente à frente de presagem de cima para baixo.

Os painéis destinados ao estudo da propriedade de tração perpendicular foram seccionados em dez faixas perpendiculares à frente de prensagem. De cada uma dessas faixas foram retirados dez corpos-de-prova. Para esta propriedade foram utilizados quatro painéis aglomerados. Na Figura 7 observa-se como foi o esquema de obtenção dos corpos-de-prova para o teste de tração perpendicular.

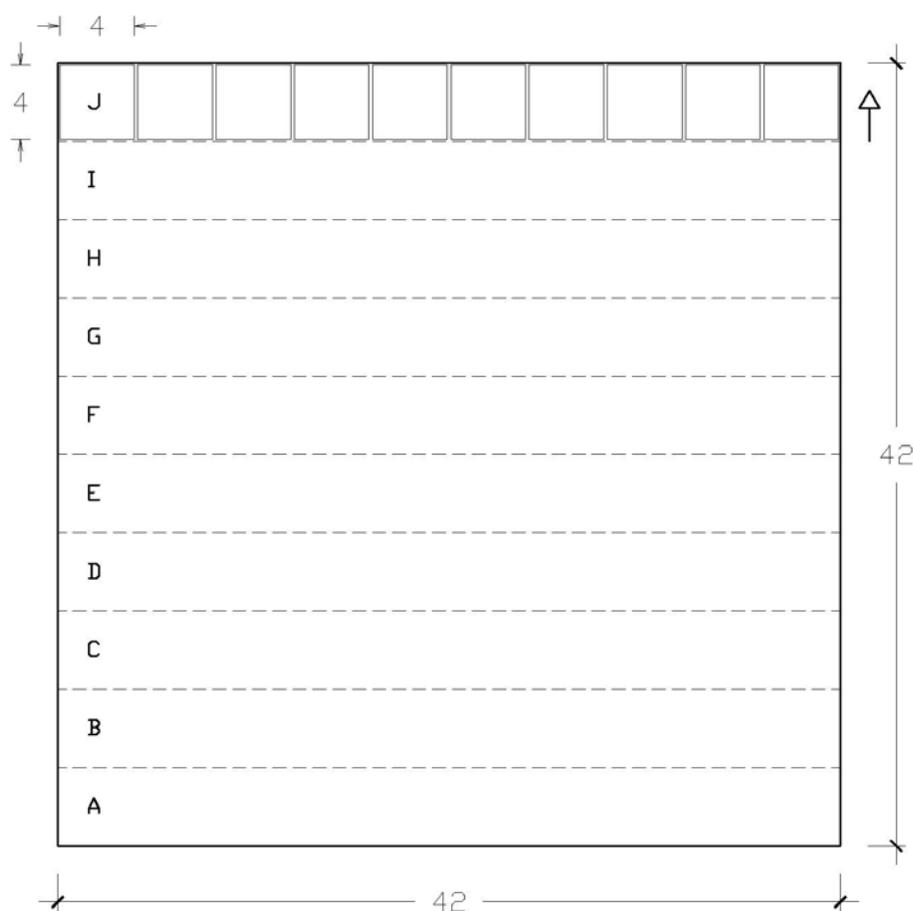


Figura 7 Amostragem em faixas para avaliação da tração perpendicular.

Também foi realizada a amostragem sugerida por Mendes (2001), tendo em vista ser esta uma das metodologias mais empregadas em âmbito laboratorial. Assim, utilizaram-se quatro unidades amostrais por chapa para avaliar as propriedades de flexão estática e tração perpendicular, com as dimensões de 50 mm x 250 mm e 50 mm x 50 mm, respectivamente. Para absorção de água e inchamento em espessura, esse método preconiza o uso de dois corpos-de-prova por painel, com dimensões de 150 mm x 150 mm. Na Figura 8 observa-se como se dá a retirada de corpos-de-prova por meio da proposta de Mendes (2001).

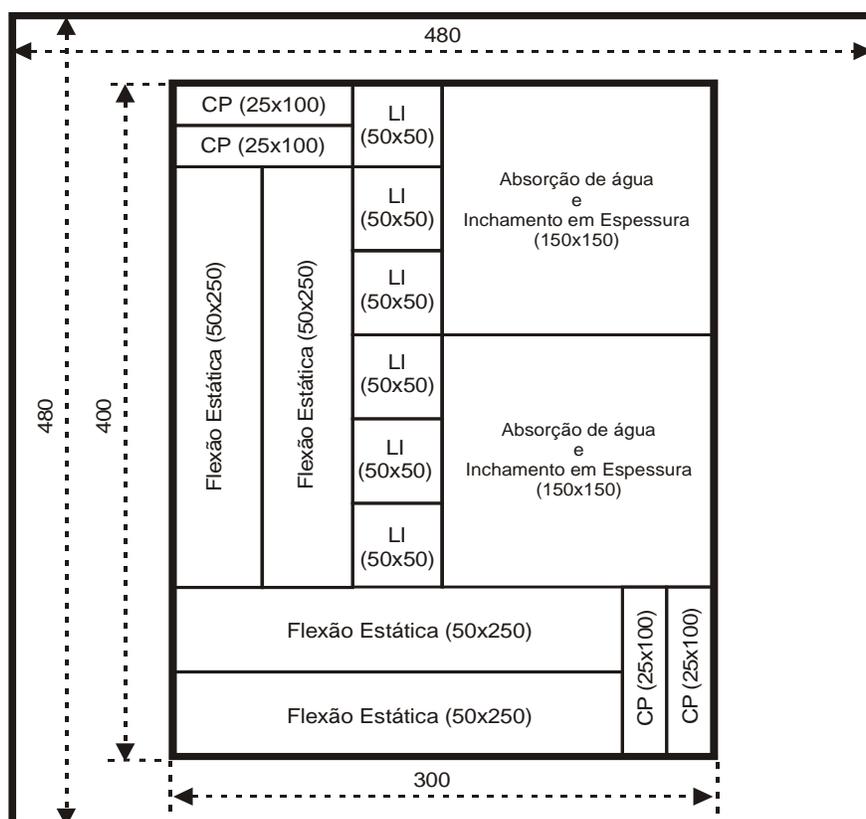


Figura 8 Amostragem dos aglomerados de acordo com Mendes (2001).

As propriedades consideradas e o número de painéis usados nesta fase da pesquisa podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 Delineamento experimental II.

Propriedades estudadas	Número amostras
Absorção e inchamento	8
Flexão estática (paralelo)	4
Flexão estática (perpendicular)	4
Tração perpendicular	4
Mendes (2001)	8

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), arranjado de forma fatorial. O modelo estatístico adotado nesta fase do trabalho pode se visualizado abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + T'_j + (TT')_{ij} + e_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = k-ésima resposta que recebeu o tratamento i-ésimo nível do fator T e o j-ésimo nível do fator T';

$T_i$  = efeito do i-ésimo nível do fator T (painel);

$T'_k$  = efeito do j-ésimo nível do fator T'(faixa);

$(TT')_{ik}$  = efeito da interação do i-ésimo nível do fator T com o efeito do j-ésimo nível de T' e

$e_{ijk}$  = erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ .

O teste de médias utilizado foi o de Scott-Knott, a 5% de significância.

### **4.3 Classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados**

O trabalho foi desenvolvido aproveitando-se valores de coeficientes de variação de propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de artigos científicos que foram publicados em periódicos com abordagem para as ciências florestais.

No presente trabalho, não foram especificados os delineamentos experimentais, considerando a conclusão de Estefanel, Pignataro e Storck (1987), segundo a qual tais aspectos não influenciariam significativamente os valores de coeficiente de variação, pressupondo-se que a forma de disposição do experimento visa, em princípio, atenuar a possibilidade de erro experimental.

Os dados de coeficiente de variação obtidos nos artigos científicos foram dispostos em bancos de dados para se proceder a análise estatística. A primeira análise realizada foi a visualização da distribuição dos coeficientes de variação, utilizando-se o histograma, acompanhado do teste de normalidade dos coeficientes de variação por meio do método Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILLK, 1965), utilizando-se o programa computacional SISVAR. Foi considerada como critério de rejeição da hipótese  $H_0$  de normalidade a região crítica do teste, tal que  $P(W < w) < 0,05$ , em que  $w$  é o valor da estatística do teste.

O teste de normalidade foi utilizado para a seleção da metodologia a ser empregada na classificação do coeficiente de variação, ou seja, se os dados apresentarem distribuição normal, pode-se utilizar a proposta feita por Garcia (1989), de forma direta.

Para as variáveis que não apresentaram distribuição normal, utilizou-se a transformação logarítmica, conforme a sugestão de Estefanel, Pignataro e Storck (1987), obtendo-se faixas de classificação e, posteriormente, voltando os dados à escala original.

Para essas duas situações, as faixas de coeficiente de variação foram assim classificadas: baixo ( $CV \leq x-s$ ), médio ( $x-s < CV \leq x+s$ ), alto ( $x+s < CV \leq x+2s$ ) e muito alto ( $CV < x+2s$ ), em que  $x$  corresponde à média e “ $s$ ” ao desvio padrão para os valores de coeficientes de variação.

Se nem mesmo a transformação logarítmica conseguir promover a normalização dos dados, adotou-se a metodologia proposta por Costa, Seraphin e Zimmermann (2002), em que as faixas de classificação de coeficientes de variação se fundamentam no uso da mediana ( $md$ ) e pseudossigma ( $PS$ ), os quais não necessitam ter distribuição normal dos dados (BLANXART et al., 1992; HOAGLIN; MOSTELLER; TUKEY, 1983; TUCKEY, 1997).

Neste caso, a mediana dos coeficientes de variação ( $md$ ) é dada por  $(Q1 + Q3)/2$ , em que  $Q1$  e  $Q3$  são o primeiro e terceiro quartil, respectivamente, os quais delimitam 25% de cada extremidade da distribuição dos coeficientes de variação e o pseudossigma ( $DP$ ) corresponde a  $IQR/1,35$ , em que  $IQR$  representa a amplitude interquartilica ( $Q3 - Q1$ ), que é uma medida resistente que indica o quanto os dados estão distanciados da mediana.

Neste caso, as faixas de coeficiente de variação ficam assim classificadas: baixo ( $CV \leq md - 1DP$ ), médio ( $md - 1DP < CV \leq md + 1DP$ ), alto ( $md - 1DP < CV \leq md + 2DP$ ) e muito alto ( $CV > md + 2DP$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Estudo dos tamanhos de unidades amostrais na variabilidade e na avaliação das propriedades dos painéis aglomerados

O estudo dos diferentes tamanhos de unidades amostrais tanto para as propriedades físicas quanto para as propriedades mecânicas podem ser observadas nos itens abaixo, bem como a homogeneidade dos painéis de origem industrial.

#### 5.1.1 Homogeneidade dos painéis industriais

Os valores para as propriedades físicas em cada faixa do painel amostrado são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 Valores de propriedades físicas entre as faixas de painéis industriais.

Faixa	Densidade(g/cm <sup>3</sup> )	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
1	0,60 A	24,74 A	68,00 A	5,78 A	12,68 A
2	0,60 A	24,30 A	65,84 A	5,22 A	11,27 A
3	0,61 A	24,61 A	65,69 A	5,19 A	11,87 A
4	0,61 A	25,59 A	67,56 A	5,68 A	12,53 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Os valores das propriedades mecânicas em cada uma das faixas podem ser visualizados na Tabela 7.

Para todas as propriedades estudadas, não se verificaram diferenças estatísticas significativas entre as faixas. Dessa forma, pode-se dizer que o painel se apresenta, em toda a sua extensão, com grande homogeneidade, ou seja,

qualquer ponto do painel que se amostra para uma determinada propriedade será um local representativo do mesmo.

Tabela 7 Valores de propriedades mecânicas entre as faixas de painéis industriais.

Faixas	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	TP (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	28553,96 A	148,65 A	1,50 A
2	26851,79 A	134,69 A	1,67 A
3	27903,88 A	151,03 A	1,75 A
4	28583,67 A	143,51 A	1,75 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

### 5.1.2 Tamanho das unidades amostrais na avaliação das propriedades físicas

O teste de interação entre os fatores tamanho do corpo-de-prova e o painel mostrou-se significativo para as propriedades de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão (Tabela 1A). Assim, os desdobramentos feitos com relação às dimensões de corpos-de-prova dentro de cada painel para esta propriedade podem ser observados na Tabela 8.

De maneira geral, para a absorção de água, observaram-se os menores valores para os corpos-de-prova com dimensões de 7,5 cm x 7,5 cm, 10,0 x 10,0 cm e 15,0 x 15,0 cm.

Nas Figuras 9 e 10 observam-se os gráficos de absorção de água em relação ao tamanho de corpo-de-prova utilizado, em cada um dos painéis amostrados. Na Tabela 9 podem ser observados os modelos de regressão ajustados, com seus respectivos valores de coeficiente de correlação ( $R^2$ ).

A tendência esperada era a de que, com o aumento das dimensões das unidades amostrais, as propriedades físicas perdessem incrementos, uma vez que se diminuiria a superfície de exposição das mesmas à água. Contudo, observou-

se que houve relação quadrática de distribuição dos valores, tendo os primeiros mostrado tendência decrescente com o aumento do corpo-de-prova. A partir de um determinado ponto de área de unidade amostral (geralmente acima de 200 cm<sup>2</sup>), as curvas apresentaram tendência crescente.

Tabela 8 Desdobramento para a variável absorção de água nas diferentes dimensões.

Painel	Dimensão (cm)	Absorção 2h (%)	Absorção 24h (%)
1	2,5 x 2,5	44,61 C	84,27 B
	5,0 x 5,0	29,47 B	77,56 A
	7,5 x 7,5	22,02 A	67,03 A
	10,0 x 10,0	25,04 A	71,71 A
	15,0 x 15,0	25,12 A	77,77 A
	20,0 x 20,0	19,56 B	88,32 B
	2	2,5 x 2,5	40,26 C
5,0 x 5,0		26,24 B	71,99 B
7,5 x 7,5		22,04 A	61,42 A
10,0 x 10,0		21,11 A	61,72 A
15,0 x 15,0		20,94 A	61,03 A
20,0 x 20,0		16,85 A	32,11 A
3		2,5 x 2,5	39,11 B
	5,0 x 5,0	25,89 A	69,03 A
	7,5 x 7,5	22,06 A	63,16 A
	10,0 x 10,0	20,84 A	62,61 A
	15,0 x 15,0	21,14 A	62,19 A
	20,0 x 20,0	17,41 A	66,24 A
	4	2,5 x 2,5	37,91 C
5,0 x 5,0		24,57 B	64,84 B
7,5 x 7,5		19,83 B	53,59 A
10,0 x 10,0		17,17 A	45,21 A
15,0 x 15,0		13,33 A	46,03 A
20,0 x 20,0		13,00 A	42,62 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

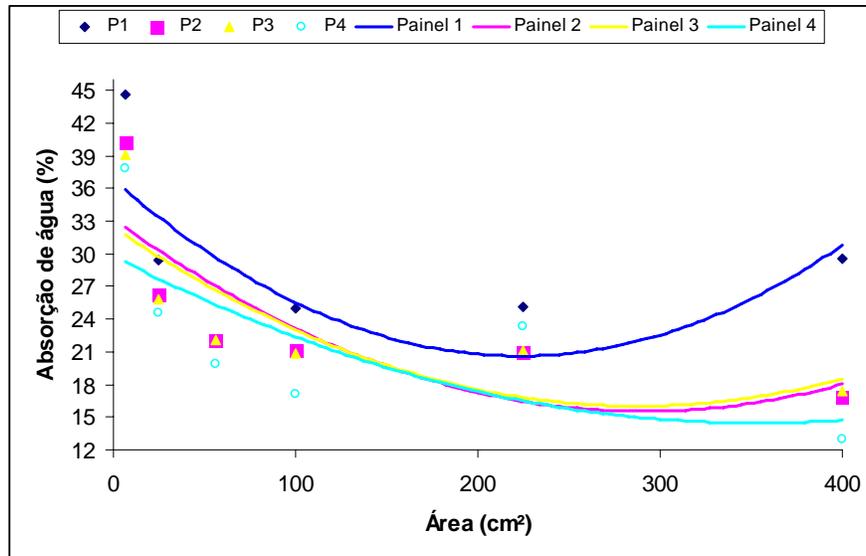


Gráfico 1 Quantidade de água absorvida após 2 horas de imersão em relação à área do corpo-de-prova.

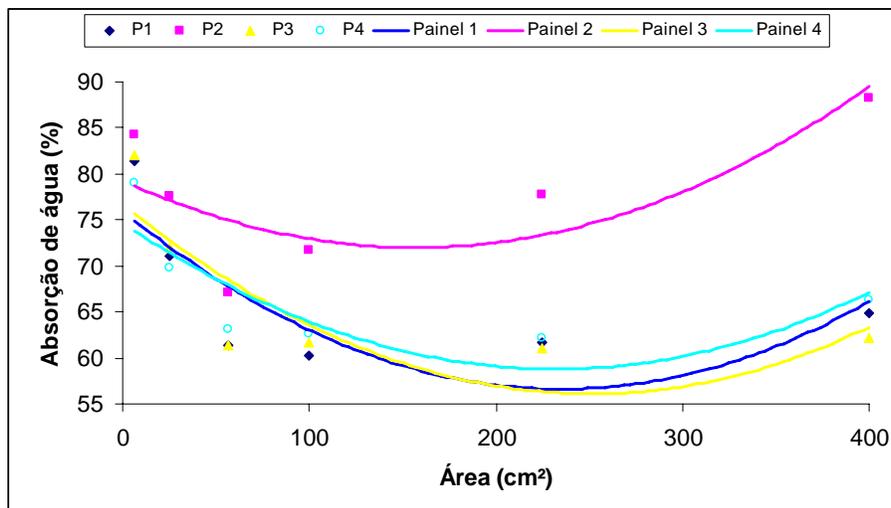


Gráfico 2 Quantidade de água absorvida após 24 horas de imersão em relação à área do corpo-de-prova.

Tabela 9 Valores das equações de ajustes para absorção de água.

Propriedade	Painel	Equação	R <sup>2</sup>
Absorção de água 2h	1	AA= 36,751- 0,1447*D+0,0003*D <sup>2</sup>	47,00%
	2	AA=33,1976- 0,1215*D+0,0002D <sup>2</sup>	62,41%
	3	AA=32,4398- 0,1144*D+0,0003*D <sup>2</sup>	61,31%
	4	AA=32,3686- 0,1695*D+0,0003D <sup>2</sup>	79,96%
Absorção de água 24h	1	AA=79,2749- 0,0929*D+0,0003*D <sup>2</sup>	61,81%
	2	AA=76,7260- 0,1643*D+0,0003*D <sup>2</sup>	67,95%
	3	AA=74,6594- 0,1370*D+0,0003*D <sup>2</sup>	68,65%
	4	AA=73,1041- 0,2633*D+0,0005D <sup>2</sup>	78,81%

Para o inchamento em espessura, as análises de variância mostraram que não foi significativa a interação entre painel e dimensão do corpo-de-prova nem entre os tamanhos dos mesmos (Tabelas 2A). Já entre os painéis observaram-se diferenças estatísticas significativas. Na Tabela 10 observam-se os valores para cada painel, das propriedades de inchamento em espessura, 2 e 24 horas após imersão, além dos valores de densidade aparente.

Notou-se que, para densidade aparente, todos os painéis se mostraram iguais estatisticamente, tendo esses valores variado entre 0,59 e 0,62 g/cm<sup>3</sup>, indicando que todos os painéis apresentaram homogeneidade, podendo, portanto, estabelecer comparações entre os valores de suas propriedades físico-mecânicas.

Tabela 10 Valores de inchamento de espessura para cada painel estudado.

Painel	Inchamento 2h (%)	Inchamento 24h (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
1	5,83 B	13,10 C	0,61 A
2	5,24 A	11,59 B	0,60 A
3	5,91 B	13,22 C	0,62 A
4	4,87 A	10,44 A	0,59 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Para inchamento em espessura, nota-se que o painel 4 foi o que apresentou menores valores, com 4,87% e 10,44%, 2 e 24 horas após imersão em água, respectivamente.

No gráfico 3 observa-se a relação entre a área do corpo-de-prova e o valor do inchamento em espessura, juntamente com as equações ajustadas e o valor de R<sup>2</sup> para essas propriedades. Observa-se que, apesar de não haver diferenças entre os valores da propriedade em relação ao tamanho de corpo-de-prova, aquele com 7,5 x 7,5 cm (56,25 cm<sup>2</sup>) foi o que apresentou o menor inchamento, tanto 2 quanto 24 horas após imersão em água.

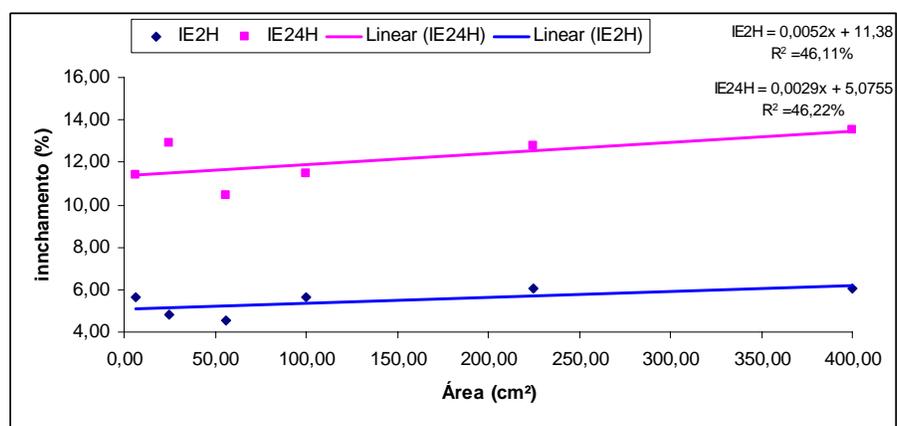


Gráfico 3 Relação entre o inchamento em espessura e a área do corpo-de-prova.

Os valores de coeficientes de variação para as propriedades físicas em relação à área amostral dos corpos-de-prova são mostrados no Gráfico 4. Os ajustes de equações, juntamente com seus respectivos valores de  $R^2$ , são mostrados na Tabela 11.

Verifica-se que a variabilidade aumentou, com tendência linear, para as propriedades de absorção de água, tendo o incremento de coeficiente de variação 2 horas após imersão sido superior àquele ocorrido após 24 horas.

Com relação ao inchamento em espessura, notou-se tendência de variação decrescente com o aumento da área amostral, tendo essa diminuição sido mais pronunciada na curva 2 horas após imersão em água.

O maior valor de coeficiente de variação para absorção e inchamento a 2 horas em relação a 24 horas pode ser ocasionado devido ao fato de, inicialmente, o corpo-de-prova estar com a umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (aproximadamente 12%) e, quando exposto a água, há uma entrada desta de forma rápida e desuniforme. À medida que o tempo de exposição vai aumentando, a entrada de água passa a ser mais lenta e uniforme (água livre).

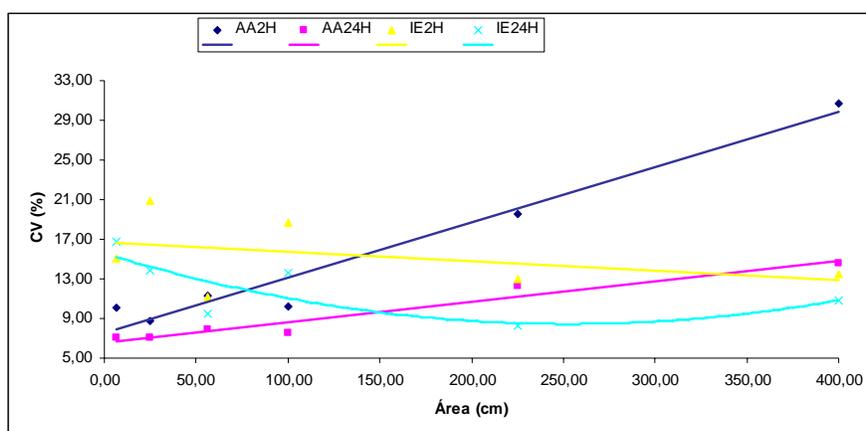


Gráfico 4 Valores de coeficiente de variação para as propriedades físicas nas diferentes dimensões de corpos-de-prova.

De maneira geral, o tamanho de corpo-de-prova que apresentou variação menor em relação aos demais, em todas as propriedades físicas, foi o de 7,5 x 7,5 cm (56,25 cm<sup>2</sup>), apresentando valores de coeficiente de variação de 11,34%, 7,93%, 11,20% e 9,44%, respectivamente, para absorção e inchamento em espessura após imersão por 2 e 24 horas em água.

Tabela 11 Ajuste de regressão para os coeficientes de variação de cada propriedade física em relação à dimensão do corpo-de-prova.

Propriedade	Equação	R <sup>2</sup>
Absorção 2h	$CV=7,6225+0,055D$	96,05%
Absorção 24h	$CV=6,5949+0,0207D$	94,89%
Inchamento 2h	$CV=16,6660-0,0094D$	14,82%
Inchamento 24h	$CV=15,5680-0,0563D+0,0001D^2$	60,20%

Portanto, levando-se em consideração os melhores valores apresentados para as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura além das curvas de tendência apresentadas em relação variabilidade, a unidade amostral que se apresentou com melhores características foi a que possui dimensões de 7,5 x 7,5 cm, pois avaliou as propriedades com menores valores, além de proporcionar uma menor variabilidade.

### **5.1.2 Tamanho das unidades amostrais na avaliação das propriedades mecânicas**

Pela análise de variância percebeu-se que não houve interação significativa entre as dimensões do corpo-de-prova e o painel amostrado para o MOE (Tabela 3A). Na Tabela 11 observam-se os valores de MOE e MOR para cada dimensão de corpo-de-prova estudada. Os tamanhos que se apresentaram com melhores valores para o MOE foram os de 5,0 x 25,0 cm, 5,0 x 27,5 cm, 5,0

x 30,0 cm e 5,0 x 32,5 cm, apresentando os valores de 28.897,00; 30.218,00; 33.343,25 e 30.766,25 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Tabela 2 Desdobramento do MOE para os painéis em cada uma das dimensões.

Dimensão (cm)*	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )
20,0	20537,13 A	117,24 A
22,5	24078,31 B	132,32 A
25,0	28897,00 C	152,13 B
27,5	30218,00 C	155,79 B
30,0	33343,25 D	166,63 B
32,5	30766,25 C	142,71 B

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

\*Valores de vão livre.

As relações observadas entre o tamanho do corpo-de-prova e seu valor de MOE podem ser visualizadas no Gráfico 5. Pode-se afirmar que houve um incremento de valor na propriedade estudada à medida que se aumentava o tamanho da unidade amostral, até um determinado momento em que esta se estabilizava (por volta da dimensão de 30,0 cm) e, a partir de então, começava a decrescer.

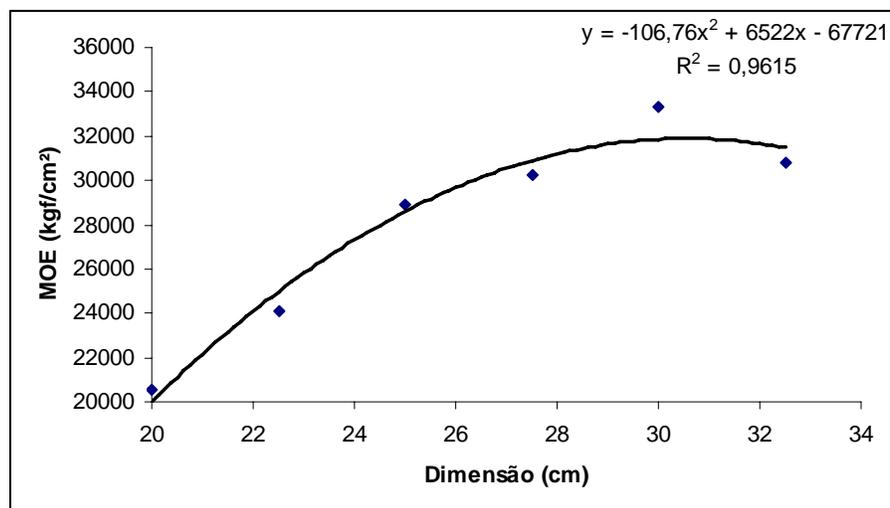


Gráfico 5 Relação entre MOE e tamanho do corpo-de-prova.

Para o MOR, não se observou interação entre o fator painel e dimensão do corpo-de-prova estudado (Tabela 3A). As dimensões de unidades amostrais que apresentaram resultados superiores para MOR foram 5,0 x 25,0 cm, 5,0 x 27,5 cm, 5,0 x 30,0 cm e 5,0 x 32,5 cm. Os valores apresentados por elas foram, respectivamente, 152,13; 155,79; 166,63 e 142,71 kgf/cm<sup>2</sup>.

Na Figura 14 observam-se os valores de MOR para as diferentes dimensões de corpos-de-prova utilizadas, juntamente com a equação ajustada e o valor de R<sup>2</sup>. Nota-se que, com o aumento do comprimento do corpo-de-prova, houve um acréscimo no valor de MOR até um determinado ponto em que começa haver o decréscimo do mesmo (por volta do comprimento de 30,0 cm), de forma parecida ao que ocorreu com o MOE.

Vale ressaltar que essa disposição dos dados para as propriedades avaliadas pela flexão estática mostrou-se compatível com relatos da literatura, pois tanto o MOE quanto o MOR são diretamente proporcionais ao vão livre (SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2004). A partir de um aumento excessivo de vão livre há decréscimo das tensões, porque a estrutura do corpo-de-prova

teria que suportar um momento de força cada vez maior em seus apoios, ocasionando seu rompimento precocemente.

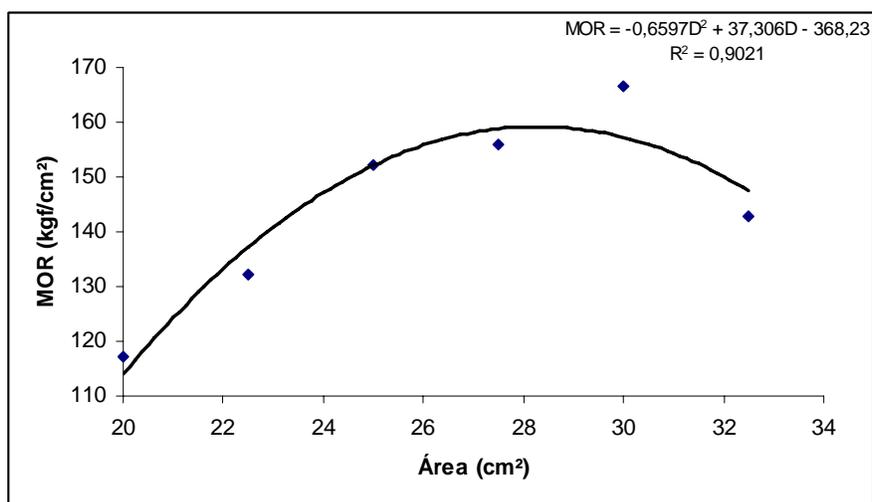


Gráfico 6 Relação entre MOR e tamanho do corpo-de-prova.

O gráfico da Figura 15 mostra os valores de coeficiente de variação à medida que há aumento do comprimento do corpo-de-prova. Pode-se inferir que com o aumento do valor da área amostral houve um decréscimo no valor do coeficiente de variação. Esse decréscimo passa a ser menos significativo a partir do comprimento de 25,0 cm. Neste ponto, os valores de variabilidade são 7,51% e 14,78%, respectivamente para MOE e MOR. A partir desses valores, a variabilidade passa a ser constante para ambas as propriedades.

Esses resultados confirmam as afirmações de Le Clerg (1967), Ortiz (1995), Vallejo e Mendoza (1992) e Zhang, Warrick e Myers (1994), que relatam a existência da diminuição no valor de coeficiente de variação com o aumento do tamanho da unidade amostral. Estes autores ainda colocam que, apesar dessa relação, essa redução não é proporcional.

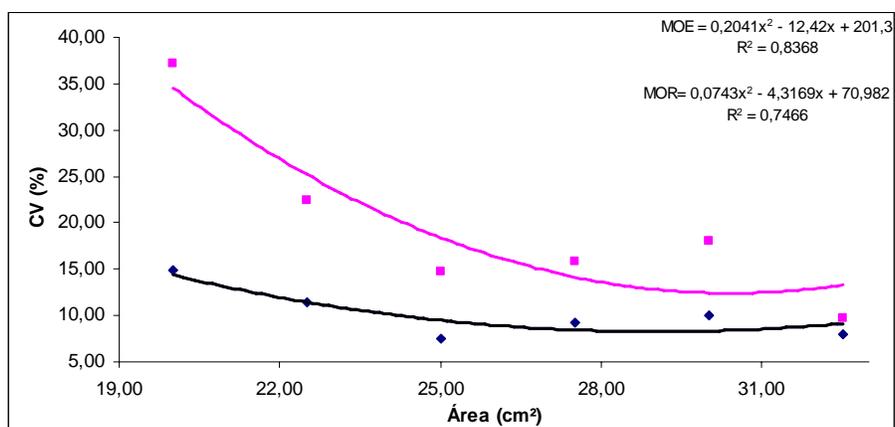


Gráfico 7 Valores de coeficiente de variação para MOE e MOR nos diferentes dimensões de corpos-de-prova.

Nas propriedades de flexão estática (MOE e MOR), verifica-se que o tamanho de unidade amostral de 5,0 x 25,0 cm foi o que melhor se adequou para a avaliação dessas propriedades, pois ele apresentou, na grande maioria das vezes, maiores valores tanto no que diz respeito à rigidez quanto à resistência, além de apresentar menor variação.

A análise de variância para tração perpendicular mostrou que não houve interação significativa entre o painel estudado e a área amostral (Tabela 4A). Dessa forma, na Tabela 16 e na Figura 16 observam-se os valores dessa propriedade para cada tamanho de corpo-de-prova utilizado.

Não se observaram diferenças estatísticas entre as áreas amostrais estudadas, tendo que os valores para essa propriedade se situaram entre 1,50 e 1,87 kgf/cm². Isso pode ser explicado, pois a tração perpendicular é uma propriedade inversamente proporcional à área do corpo-de-prova. Portanto, existe sempre uma ponderação da tensão, uma vez que está vinculada à área, levando a não influenciar o tamanho da unidade amostral no valor da propriedade de tensão na tração perpendicular.

Tabela 3 Valores de tração perpendicular em relação a área amostral.

Área (cm <sup>2</sup> )	Tensão (kgf/cm <sup>2</sup> )
16,00	1,87 A
20,25	1,56 A
25,00	1,50 A
30,25	1,75 A
36,00	1,69 A
42,25	1,63 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

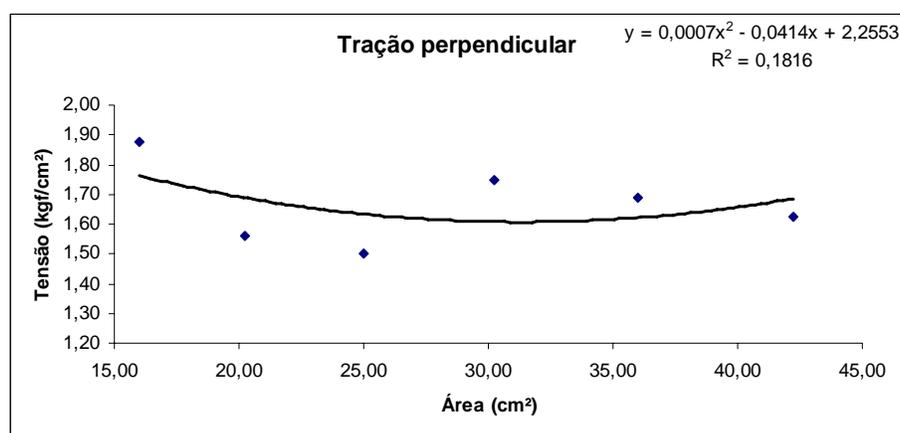


Gráfico 8 Valores de tração perpendicular em relação a área dos corpos-de-prova.

No gráfico da Figura 9 observa-se a relação entre os valores de variabilidade e os diferentes tamanhos de corpos-de-prova, juntamente com a equação ajustada e seu respectivo valor de  $R^2$  para o teste tração perpendicular. Os valores de coeficiente de variação apresentaram um acréscimo com o aumento da área amostral inicialmente, ocorrendo, após um determinado ponto, a inversão da curva. Esse comportamento da variabilidade contraria os relatos de Le Clerg (1967), Ortiz (1995), Vallejo e Mendoza (1992) e Zhang, Warrick e Myers (1994).

Observa-se também que, de todas as propriedades analisadas, a tração perpendicular é aquela que mostra maiores valores de coeficiente de variação, apresentando-se no intervalo de 18% a 40%, aproximadamente.

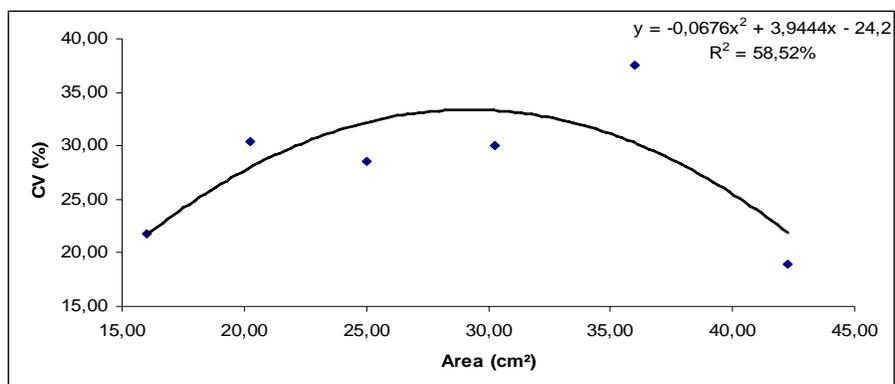


Gráfico 9 Valores de coeficiente de variação para tração perpendicular nos diferentes dimensões de corpos-de-prova.

Para esta propriedade, optou-se por considerar o tamanho de unidade amostral de 4,0 x 4,0 cm, porque o tamanho de unidade amostral não influenciou no valor de tensão. Aliado a isso, esse tamanho foi o que menor valor de coeficiente de variação mostrou. Por fim, deve ser considerado que, como esse corpo-de-prova é o de menor área, ele acaba proporcionando um possível aumento da intensidade amostral em uma mesma chapa.

### 5.1.3 Tamanho de corpos-de-prova sugeridos para avaliação das propriedades físicas e mecânicas nos painéis aglomerados

De acordo com os dados da Tabela 17, sugerem-se as dimensões dos corpos-de-prova para as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, flexão estática (MOE e MOR)

e tensão perpendicular, com base nos melhores resultados obtidos por eles, associados à menor variabilidade.

Tabela 4 Sugestão de dimensões de corpos-de-prova para os testes físico-mecânicos.

Propriedades analisadas	Dimensão do corpo-de-prova (cm)
Absorção e inchamento	7,5 x 7,5
Flexão estática*	5,0 x 25,0
Tração perpendicular	4,0 x 4,0

\*Valor de vão livre, sendo necessário o acréscimo de 2 cm em seu comprimento.

## 5.2 Amostragem em painéis aglomerados produzidos em laboratório

O estudo dos locais de amostragem tanto para as propriedades físicas quanto para as propriedades mecânicas podem ser observadas nos itens abaixo.

### 5.2.1 Amostragem das propriedades físicas nos painéis aglomerados

As análises de variância (Tabelas 5A) mostraram que houve interação entre o painel e suas faixas, para as propriedades de absorção de água (2 horas) e inchamento em espessura (24 horas). Verificam-se, na Tabela 18, os valores para estas propriedades.

Na absorção de água, após 2 horas de imersão, as faixas B e C mostraram, na grande maioria dos painéis avaliados, menores valores para essa propriedade, com valores variando de 25,42% a 46,45% na faixa B e de 32,30% a 40,75 na faixa C.

Para o inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água, notou-se que, apesar ter ocorrido interação entre os fatores estudados, apenas os painéis 6 e 7 apresentaram diferenças significativas entre as médias das faixas amostradas, podendo-se dizer que essas propriedades são homogêneas e podem ser amostradas satisfatoriamente, em qualquer região do painel aglomerado.

Tabela 5 Desdobramento dos valores de absorção de água (2 horas) e inchamento em espessura (24 horas).

Painel	Faixa	AA2h (%)	IE24h (%)
1	A	28,00 A	44,90 A
	B	39,61 B	42,18 A
	C	37,20 B	44,46 A
	D	40,64 B	46,48 A
	E	32,91 A	44,42 A
2	A	46,36 A	54,72 A
	B	37,13 A	50,84 A
	C	33,67 A	49,55 A
	D	37,72 A	48,70 A
	E	39,25 A	50,40 A
3	A	33,83 A	50,36 A
	B	33,06 A	49,25 A
	C	32,30 A	46,30 A
	D	38,43 B	44,37 A
	E	44,96 B	48,01 A
4	A	37,55 A	45,21 A
	B	46,45 A	45,76 A
	C	40,00 A	45,72 A
	D	39,66 A	45,20 A
	E	32,53 A	46,89 A
5	A	37,99 B	44,24 A
	B	25,42 A	39,75 A
	C	35,54 B	42,99 A
	D	42,74 B	43,70 A
	E	39,96 B	46,27 A
6	A	43,45 A	46,90 B
	B	42,01 A	42,73 A
	C	39,80 A	40,37 A
	D	38,05 A	41,75 A
	E	45,83 A	48,14 B
7	A	55,21 C	43,76 A
	B	33,83 A	42,31 A
	C	37,37 A	44,49 A
	D	44,36 B	45,98 A
	E	44,16 B	47,70 A
8	A	60,33 B	39,57 A
	B	41,25 A	44,64 B
	C	40,75 A	47,85 B
	D	39,80 A	47,38 B
	E	42,91 A	48,95 B

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

As análises de variância (Tabelas 6A) revelaram que não houve interação entre o painel e suas faixas, para as propriedades de absorção de água (24 horas) e inchamento em espessura (2 horas). Essas propriedades são apresentadas nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 6 Valores para de absorção de água (24 horas), inchamento em espessura (2 horas) e densidade aparente com relação aos painéis.

Painel	AA24h (%)	IE2h (%)	Dens. (g/cm <sup>3</sup> )
1	69,89 A	28,02 A	0,75 A
2	78,13 C	27,97 A	0,67 A
3	73,54 B	25,27 A	0,66 A
4	72,74 B	26,85 A	0,65 A
5	72,01 B	23,08 A	0,65 A
6	75,08 C	23,85 A	0,62 A
7	76,67 C	24,49 A	0,65 A
8	73,53 B	26,43 A	0,66 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

O teste de média revela que a densidade aparente se mostrou igual estatisticamente em todos os painéis avaliados, variando entre 0,62 e 0,75g/cm<sup>3</sup>.

Os painéis se mostraram com médias diferentes estatisticamente para a propriedade de absorção de água, após 24 horas de imersão. O painel 1 foi o que apresentou melhor desempenho, com 69,89%. Já os painéis 2, 6 e 7 tiveram os maiores valores, com 78,13%, 75,08% e 76,67%, respectivamente. Com relação ao inchamento em espessura após 2 horas de imersão, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre suas médias, tendo os dados variado entre 23,08% e 28,02%.

Nota-se que, para as densidades entre as faixas estudadas, não houve diferenças estatísticas significativas entre as médias, tendo os dados ficado no intervalo de 0,64 e 0,71 g/cm<sup>3</sup>.

Tabela 7 Valores para de absorção de água (24 horas), inchamento em espessura (2 horas) e densidade aparente com relação às faixas.

Faixa	AA24h (%)	IE2h (%)	Dens (g/cm <sup>3</sup> )
A	78,26 C	28,84 A	0,64 A
B	72,68 A	23,11 A	0,64 A
C	71,74 A	24,76 A	0,66 A
D	71,75 A	25,86 A	0,66 A
E	75,06 B	26,17 A	0,71 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Para a absorção de água após 24 horas de imersão, as faixas que mostraram melhores valores foram a B, C e D, com valores de 72,78%, 71,74% e 71 75%, respectivamente. Com relação ao inchamento em espessura, após 2 horas de imersão em água, notou-se que não houve diferenças estatísticas significativas entre os valores para essa propriedade. Isso implica que qualquer faixa do painel amostrada será representativa do mesmo, no que se refere a essa propriedade.

Na Tabela 21 visualiza-se comparação entre a amostragem em faixas e aquela proposta por Mendes (2001) para as propriedades físicas. Observa-se que, para a absorção de água, tanto em 2 quanto em 24 horas, a amostragem feita em faixas avaliou as propriedades com valores bem menores do que aquela sugerida por Mendes (2001). Com relação ao inchamento em espessura, nota-se que tanto em 2 quanto em 24 horas após imersão em água, não apresentaram diferenças estatísticas significativas com relação à proposta de Mendes (2001).

Tabela 8 Comparação entre as amostragens para as propriedades físicas.

Amostragem	AA2h (%)	AA24h (%)	IE2h (%)	IE24h (%)
A	42,84 A	78,27 C	28,84 A	46,70 A
B	37,35 A	72,68 A	23,11 A	44,68 A
C	37,08 A	71,74 A	24,76 A	45,22 A
D	40,17 A	71,75 A	25,86 A	45,46 A
E	40,32 A	75,06 B	26,17 A	47,60 A
Mendes (2001)	53,75 B	81,87 D	28,24 A	46,91 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Portanto, pode-se relatar que a amostragem realizada em faixas, de maneira geral, avalia melhor (com menores valores) as propriedades físicas, tendo a região do painel aglomerado que melhor representou o mesmo sido a central, faixas B e C.

### 5.2.2 Amostragem das propriedades mecânicas nos painéis aglomerados

Na Tabela 22 são mostrados os valores de MOE e MOR, obtidos pelo teste de flexão estática, comparando a posição do corpo-de-prova retirado paralela e perpendicularmente com relação à frente de prensagem. Observa-se que o MOE avaliado na posição paralela (28.350,81 kgf/cm<sup>2</sup>) foi superior ao obtido na posição perpendicular (21.348,75 kgf/cm<sup>2</sup>). Já o MOR não se mostrou influenciado pela posição de retirada do corpo-de-prova, apresentando valor paralelo de 109,98 kgf/cm<sup>2</sup> e 103,36 kgf/cm<sup>2</sup> na posição perpendicular.

Tabela 9 Valores obtidos pelo teste de flexão estática paralela e perpendicularmente à frente de prensagem.

Propriedade	Paralelo	Perpendicular
MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )	28350,81 A	21348,75 B
MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	109,98 A	103,36 A

Médias seguidas de mesma letra nas linhas, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Observa-se, pelas análises de variância, que houve interação entre os fatores painel e faixa, nas propriedades de flexão estática (Tabelas 7A e 8A). Na Tabela 23 são apresentados os valores de MOE e MOR, nas posições paralela e perpendicular à frente de prensagem, com relação ao painel e à faixa estudada.

Tabela 10 Desdobramento para as propriedades de flexão estática realizada nas posições paralela e perpendicular.

Painel	Faixa	MOE par*	MOR par*	Painel	Faixa	MOE per*	MOR per*
1	A	34478,5 B	66,45 A	5	A	14506,5 A	153,40 C
	B	27864,0 A	116,24 B		B	20078,0 B	128,72 C
	C	24470,0 A	107,35 B		C	20161,5 B	113,75 B
	D	21092,5 A	168,93 C		D	30004,5 C	84,59 A
2	A	20079,5 A	102,92 B	6	A	25985,5 B	76,87 A
	B	20851,0 A	122,75 B		B	27067,5 B	93,32 A
	C	20709,5 A	111,12 B		C	24074,0 B	88,37 A
	D	21664,5 A	77,42 A		D	18961,5 A	88,97 A
3	A	22244,5 A	109,18 A	7	A	23131,0 B	115,33 A
	B	22793,0 A	106,60 A		B	10001,5 A	99,95 A
	C	18125,0 A	95,65 A		C	19198,5 A	112,25 A
	D	18125,0 A	100,58 A		D	20305,5 A	86,57 A
4	A	32915,0 C	91,37 A	8	A	19698,5 A	168,00 C
	B	26572,5 B	86,95 A		B	18693,0 A	135,00 B
	C	27331,5 B	77,84 A		C	18678,0 A	139,24 B
	D	17973,0 A	112,20 B		D	22044,0 A	83,45 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

\*Valores dados em kgf/cm<sup>2</sup>.

Para o MOE paralelo, observou-se que os painéis 1 e 4 apresentaram a faixa A com maiores valores para essa propriedade, sendo estes, respectivamente 34.478,5 e 32.915,0 kgf/cm<sup>2</sup>. Os demais painéis para essa propriedade mostraram-se estatisticamente não significativos. Ou seja, quaisquer dos locais de amostragem fornecem valores iguais para MOE paralelo.

No MOR paralelo, o painel 1 apresentou a faixa D com maior valor, sendo este de 168,93 kgf/cm<sup>2</sup>. No painel 2, destacaram-se as faixas A, B e C, com 102,92; 122,75 e 111,12 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Na chapa 4 notou-se que a faixa D mostrou melhor desempenho que as demais, com 112,20 kgf/cm<sup>2</sup>. Já o painel 3 não mostrou diferenças estatísticas significativas entre as faixas estudadas, sendo, portanto, qualquer região do painel amostrada uma localidade representativa para essa propriedade estudada.

No MOE perpendicular, o painel 5 apresentou a faixa D com maior valor, sendo este de 30.000,5 kgf/cm<sup>2</sup>. No painel 6, destacaram-se as faixas A, B e C, com 25.985,5, 27.067,5 e 24.074,0 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Na chapa 7 notou-se que a faixa A mostrou melhor desempenho que as demais, com 23131,0 kgf/cm<sup>2</sup>. O painel 8 apresentou homogeneidade para essa propriedade em toda a sua extensão, uma vez que não houve diferenças estatísticas significativas entre suas médias.

Para o MOR perpendicular, o painel 1 apresentou maiores valores nas faixas A e B, sendo estes de 153,40 e 128,72 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Na chapa 4 destacou-se a faixa A, com 168,00 kgf/cm<sup>2</sup>. Os demais painéis não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os valores de MOE paralelo em suas faixas.

De maneira geral, pode-se relatar que as propriedades avaliadas na flexão estática mostraram valores mais elevados quando amostradas na faixa A. Portanto, esses locais são considerados ideais para a retirada de corpos-de-prova para a realização deste ensaio.

Na Tabela 24 são apresentados os valores comparativos entre a amostragem realizada em faixas e aquela utilizada por Mendes (2001) para as propriedades de flexão estática, avaliando as posições paralela e perpendicular de retirada dos corpos-de-prova em relação à frente de prensagem.

Pode-se observar que, para o MOE paralelo, os valores encontrados nas faixas A, B e C foram superiores. No que se refere à MOE perpendicular, observa que os valores foram estatisticamente iguais, com exceção da faixa D, que apresentou valor menor que as demais amostragens. Já para MOE e MOR na posição perpendicular não foram notadas diferenças entre as amostragens realizadas.

De maneira geral, verifica-se que as propriedades avaliadas na flexão estática pela amostragem em faixas apresentaram valores próximos ao da amostragem sugerida por Mendes (2001).

Tabela 11 Comparação, no teste de flexão estática, entre as amostragens feitas em faixas e a proposta por Mendes (2001).

Amostragem	MOE par	MOE per	MOR par	MOR per
A	28179,38 B	20828,13 A	128,40 B	92,53 A
B	24226,88 B	21210,00 A	114,37 B	108,13 A
C	23826,00 B	20528,00 A	113,40 B	97,99 A
D	19171,00 A	22828,88 A	83,74 A	114,78 A
Mendes (2001)	21486,38 A	21210,00 A	122,29 B	122,29 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Pela análise de variância (Tabela 9A), observa-se que houve interação significativa entre o painel estudado e as faixas, para as propriedades de tração perpendicular. Na Tabela 25 observam-se os desdobramentos feitos para esta propriedade, sendo a comparação das médias feitas no sentido das colunas.

Para o painel 1, as faixas B, C, D, E, F, H e J apresentaram os maiores valores para esta propriedade, sendo, respectivamente, de 8,50; 9,50; 10,30;

9,20; 9,00 8,90 e 8,90 kgf/cm<sup>2</sup>. No painel 2, as regiões A, B, C e D apresentaram, respectivamente, os valores de 9,20; 9,50 9,20 e 10,50 kgf/cm<sup>2</sup>, sendo estes os mais altos valores obtidos neste painel. O painel 4 apresentou as seguintes regiões com maiores valores: D, E, F, G, H, I e J, sendo estes, respectivamente, de 9,70; 10,90; 9,40; 10,30; 8,90; 10,10 e 9,00 kgf/cm<sup>2</sup>. Já no painel 3 verificou-se que todas as faixas apresentaram valores iguais estatisticamente.

Tabela12 Desdobramento realizado no teste de tração perpendicular.

Faixa	Tração perpendicular (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	Painel 1	Painel 2	Painel 3	Painel 4
A	7,20 A	9,20 B	7,80 A	8,10 A
B	8,50 B	9,50 B	8,30 A	6,60 A
C	9,50 B	9,20 B	8,60 A	8,40 A
D	10,30 B	10,50 B	8,60 A	9,70 B
E	9,20 B	7,90 A	8,60 A	10,90 B
F	9,00 B	7,80 A	9,20 A	9,40 B
G	6,80 A	8,60 A	9,30 A	10,30 B
H	8,90 B	8,20 A	8,60 A	8,90 B
I	7,60 A	7,50 A	9,20 A	10,10 B
J	8,90 B	8,40 A	9,50 A	9,00 B

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Na Tabela 26 observa-se um comparativo entre a amostragem realizada em faixas e aquela proposta por Mendes (2001). Nota-se que não houve diferenças significativas entre as amostragens.

Tabela 13 Comparação da tração perpendicular entre a amostragem em faixa e a proposta por Mendes (2001).

Amostragem	Tensão (kgf/cm <sup>2</sup> )
A	8,08 A
B	8,23 A
C	8,93 A
D	9,78 A
E	9,15 A
F	8,85 A
G	8,75 A
H	8,65 A
I	8,60 A
J	8,95 A
Mendes (2001)	8,88 A

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Com base nesses resultados, pode-se inferir que as faixas que melhor avaliariam a tração perpendicular seriam B, C e D, pois, de maneira geral, elas apresentaram os maiores valores em todos os painéis aglomerados estudados.

### 5.2.3 Amostragem sugerida

De acordo com os melhores resultados obtidos com relação às propriedades físicas e mecânicas estudadas, aliados à praticidade de se fazer a retirada das amostras, sugeriu-se uma amostragem para os painéis de madeira aglomerada de origem laboratorial. Essa amostragem pode ser visualizada na Figura 9.



### **5.3 Classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados**

Nas Figuras 19, 20, 21, 22 e 23 observa-se a distribuição de frequência para absorção de água, inchamento em espessura, MOE, MOR e tração perpendicular, respectivamente.

Na Tabela 27 são apresentados os valores de  $W$  e  $pr < w$  para o teste de Shapiro e Wilk (1965), para todas as propriedades estudadas.

Os dados foram, então, submetidos à transformação logarítmica, conforme sugestão de Estefanel, Pignataro e Storck (1987). A distribuição de frequências e o teste de normalidade revelam que os coeficientes de variação para as propriedades de absorção de água, inchamento em espessura, MOE e MOR apresentam distribuição normal após tratamento com logaritmo na base 10. Dessa forma, pode-se fazer uso da estratégia de classificação de coeficiente de variação proposta por Garcia (1989).

Já tração perpendicular não mostrou distribuição normal, mesmo depois do tratamento matemático. Adotou-se, então, a metodologia descrita por Costa, Seraphin e Zimmermann (2002). Neste caso, a classificação dos coeficientes de variação independe de este apresentar ou não distribuição normal.

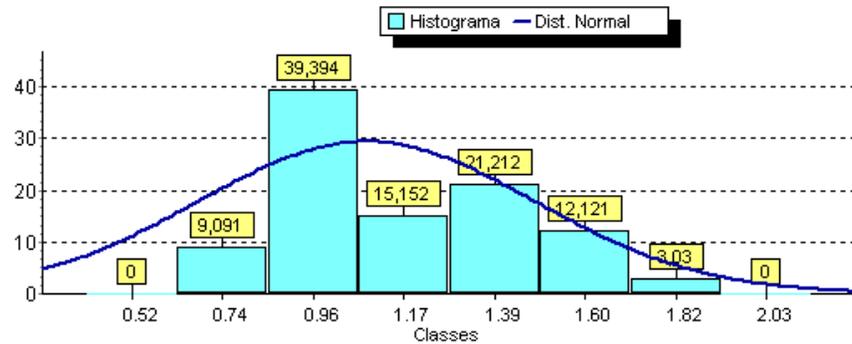


Gráfico 10 Distribuição normal e histograma dos valores de absorção de água logaritimizados.

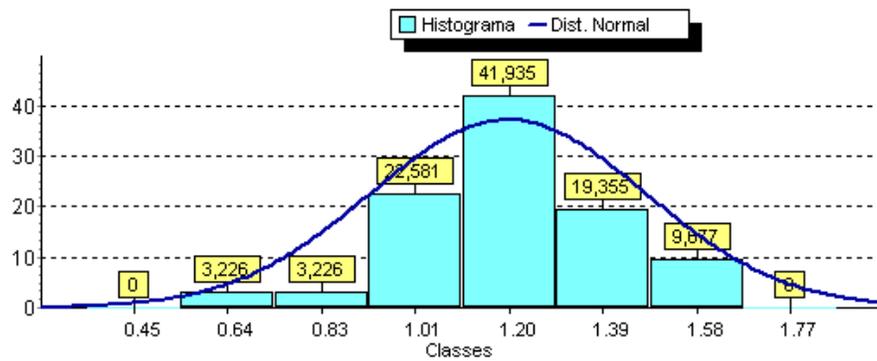


Gráfico 101 Distribuição normal e histograma dos valores de inchamento em espessura logaritimizados.

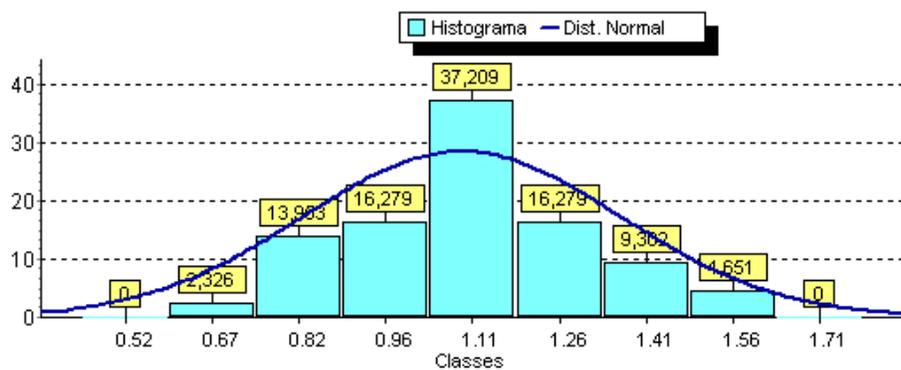


Gráfico 12 Distribuição normal e histograma dos valores de módulo de elasticidade logaritimizados.

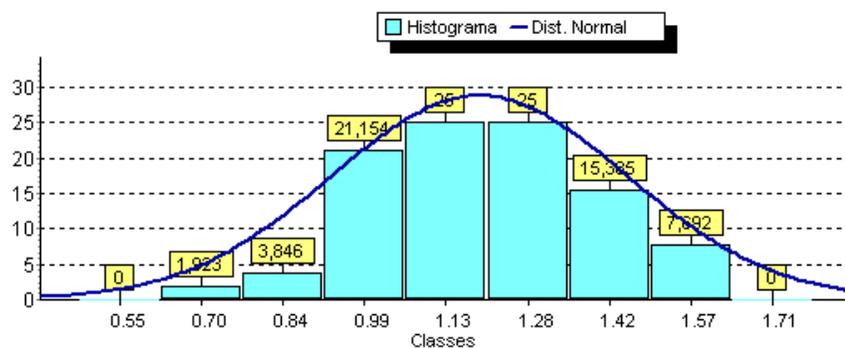


Gráfico 13 Distribuição normal e histograma dos valores de módulo de ruptura logaritmizados.

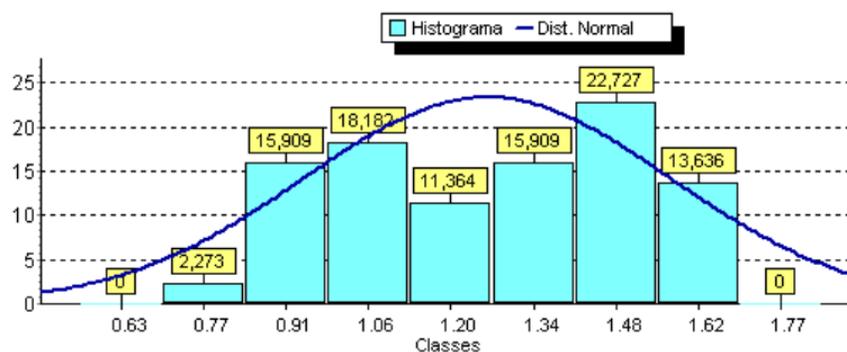


Gráfico 14 Distribuição normal e histograma dos valores de tração perpendicular logaritmizados.

Tabela 14 Teste de Shapiro e Wilk (1965) para as propriedades dos painéis aglomerados.

Propriedade	Teste de Shapiro-Wilk	
	W	pr<w
Absorção de água	0,9457	0,1292*
Inchamento em espessura	0,9767	0,7149*
MOE	0,9720	0,3704*
MOR	0,9839	0,097*
Tração perpendicular	0,9394	0,0225

\*Apresentou distribuição normal.

Na Tabela 28 estão apresentados os resultados da estatística descritiva para os coeficientes de variação das propriedades dos painéis aglomerados. Na literatura consultada, foi obtido maior número de coeficientes de variação para as propriedades de MOR e tração perpendicular, os quais apresentaram médias para seus respectivos coeficientes de variação de 15,63% e 19,91%. A propriedade que apresentou maior variabilidade para os valores de coeficiente de variação foi absorção de água, com desvio padrão de 1,96%. Já a menor variação foi observada para inchamento em espessura e MOE, ambos com valor de 1,59%.

Tabela 15 Número, média e desvio padrão dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados.

Propriedade	Observações(n)	Média(%)	Desvio Padrão(%)
Absorção de água	33	14,16	1,96
Inchamento em espessura	31	15,45	1,59
MOE	43	13,00	1,61
MOR	52	15,63	1,59
Tração perpendicular	44	19,91	1,75

Os resultados de classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados estão apresentados na Tabela 29.

Tabela 16 Classificação dos coeficientes de variação para as propriedades físico-mecânicas em painéis aglomerados.

Propriedade	Classificação coeficiente de variação (%)			
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Absorção de água	CV≤7,22	7,22 < CV ≤ 27,78	27,78 < CV ≤ 54,51	CV > 54,51
Inchamento em espessura	CV≤9,71	9,71 < CV ≤ 24,29	24,29 < CV ≤ 39,12	CV > 39,12
MOE	CV≤8,05	8,05 < CV ≤ 20,98	20,98 < CV ≤ 33,85	CV > 33,85
MOR	CV≤9,84	9,84 < CV ≤ 24,83	24,83 < CV ≤ 39,45	CV > 39,45
Tração perpendicular	CV≤4,70	4,70 < CV ≤ 33,88	33,88 < CV ≤ 48,88	CV > 48,88

Observa-se que cada variável apresentou faixas de valores de coeficientes de variação específica, confirmando relato de Kalil (1977), justificando, ainda, a necessidade de se considerar a natureza da variável na classificação dos coeficientes de variação.

De acordo com Gomes (1990), os coeficientes de variação são considerados baixos quando são inferiores a 10%. Neste trabalho observou-se que todos os dados se mostraram abaixo dessa referência, tendo tração perpendicular apresentado o menor valor, com 4,7% e maior valor para MOR, com 9,84%.

Nos valores considerados médio, alto e muito alto, todos os testes apresentaram acima daqueles classificados por Gomes (1990), tendo MOE sido a propriedade que mais se aproximou desta classificação, com valores de 8,05%, 20,98% e 33,85%, respectivamente.

No limite superior (coeficiente de variação muito alto), observam-se os maiores valores para as propriedades de absorção de água, com 54,51%, e tração perpendicular, com 48,80%.

Portanto, pode-se dizer que as propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados apresentam um caráter peculiar de coeficiente de variação, considerado “alto” com relação àquela proposta feita por Gomes (1990), o que justifica a necessidade do uso desta nova classificação.

## 6 CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- a) as dimensões de corpos-de-prova sugeridas para a avaliação das propriedades dos painéis de madeira aglomerada são: 7,5 x 7,5 cm para absorção de água e inchamento em espessura; 5,0 x 25,0 cm para flexão estática e 4,0 x 4,0 cm para tração perpendicular;
- b) os locais que melhor avaliaram as propriedades dos painéis produzidos em laboratório foram: absorção de água e inchamento em espessura as regiões B e C; para flexão estática, avaliada tanto no sentido paralelo quanto no sentido perpendicular à frente de prensagem, foi a A e, para tração perpendicular, as regiões B, C e D, sugerindo uma amostragem observada na Figura 18;
- c) na comparação com a amostragem proposta por Mendes (2001), os valores obtidos pela amostragem em faixas se mostraram menores para absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água, além de MOE paralelo. Já com relação a inchamento em espessura, 2 e 24 horas após imersão em água, MOE perpendicular, MOR paralelo, MOR perpendicular e tração perpendicular, ambas as amostragens apresentaram o mesmo desempenho;
- d) gerou-se uma classificação para os coeficientes de variação para as propriedades dos painéis de madeira aglomerada: para absorção de água, baixo =  $CV \leq 7,22\%$ ; médio =  $7,22 < CV \leq 27,78\%$ ; alto =  $27,78 < CV \leq 54,51\%$  e muito alto =  $CV > 54,51\%$ ; para inchamento em espessura, baixo =  $CV \leq 9,71\%$ ; médio =  $9,71 < CV \leq 24,29\%$ ; alto =  $24,29 < CV \leq 39,12\%$  e muito alto =  $CV > 39,12\%$ ; para MOE, baixo =  $CV \leq 8,05\%$ ; médio =  $8,05 < CV \leq 20,98\%$ ; alto =

20,98<CV≤33,85% e muito alto = CV>33,85%; para MOR, baixo = CV≤9,84%; médio = 9,84<CV≤24,83%; alto = 24,83<CV≤39,45% e muito alto = CV>39,45% e na tração perpendicular, baixo = CV≤4,70%; médio = 4,70<CV≤33,88%; alto = 33,98<CV≤48,88% e muito alto = CV>48,88%.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. E. C. **Intervenções de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. 2002. 150 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA. **Números**. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/numeros.php>>. Acesso em: 7 abr. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14810-3. **Chapas de madeira aglomerada: métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2002. 32 p.

BATISTA, C. D. et al. Fabricação de aglomerados de três camadas com madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e casca de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 178-187, abr./jun. 2007.

BLANXART, M. F. et al. **Análisis exploratorio de datos: nuevas técnicas estadísticas**. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias, 1992. 296 p.

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliotti* Engelm. Var. *elliotti* plantado no sul do Brasil**. 1995. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

\_\_\_\_\_. **A viabilidade de utilização de espécies de *Pinus* para a produção de chapas de composição estruturais waferboards**. 1984. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

BRITO, E. O. et al. Chapas de madeira aglomerada utilizando partículas oriundas de madeira maciça e de maravalhas. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 17-21, dez. 2005.

CLOUTIER, A. Oriented strandboard (OSB): raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLID WOOD PRODUCTS OF HIGH TECHNOLOGY, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 1998. p. 173-185.

COCHRAN, W. G. The estimation of sample size. In: \_\_\_\_\_. **Sampling techniques**. 3. ed. New York: J. Willey, 1977. chap. 4, p. 72-90.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.

COSTA NETO, P. L. **Estatística**. São Paulo: Blücher, 1977. 264 p.

ESTEFANEL, V.; PIGNATARO, I. A. B.; STORCK, L. Avaliação do coeficiente de variação de experimentos com algumas culturas agrícolas. In: SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRONÔMICA, 2., 1987, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL, 1987. p. 115-131.

FEDERER, W. T. **Experimental design**. New York: J. Wiley, 1955. 611 p.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 320 p.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12 p. (Circular Técnica, 171).

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. Piracicaba: ESALQ, 1985. 467 p.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 467 p.

GONÇALVES, F. G.; LELIS, L. C. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da composição da resina tanino-uréia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 4, p. 1029-1040, jul./ago. 2008.

GOUVEIA, F. N. et al. Produção de painéis de partículas orientadas (OSB) a partir da mistura de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Pinus elliottii* Engelm. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 365-370, maio/jun. 2003.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. **Painéis de madeira de eucalipto**: estudo de caso de espécies e procedências. 2008. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

HATHEWAY, W. H. Convenient plot size. **Agronomy Journal**, Madison, v. 53, n. 4, p. 279-280, July/Aug. 1961.

HOAGLIN, D. C.; MOSTELLER, F.; TUKEY, J. W. **Understanding robust and exploratory data analysis**. New York: J. Wiley, 1983. 447 p.

HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. The influence of particle composition in a three-layer particleboard on its physical and mechanical properties. **Journal of Forest Science**, Lawrence, v. 49, n. 2, p. 83-93, Apr. 2003.

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

\_\_\_\_\_. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: Abril, 2005. 247 p.

\_\_\_\_\_. Utilização de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *eucalyptus dunnii* para produção de painéis de partículas orientadas (OSB). **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 265-270, abr./jun. 2008.

IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de partículas de madeira de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*. **Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 34-41, jan./mar. 1996.

KALIL, E. B. **Princípios de técnica experimental com animais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1977. 210 p.

KEINERT JÚNIOR, S. Chapas de partículas estruturais a partir de *Pinus* e *Eucalyptus* spp. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1., 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1988. p. 315-326.

KELLY, M. W. **A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. Madison: U.S. Forest Production Laboratory General Technical Report, 1977. 66 p.

LE CLERG, E. L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K. J. (Ed.). **Plant breeding**. Ames: Iowa State University, 1967. p. 243-314.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**. Sacramento: M. Freeman, 1977. 672 p.

\_\_\_\_\_. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. Sacramento: M. Freeman, 1993. 689 p.

MATOS, J. L. M. **Ciclo de prensa em chapas de partículas estruturais “Waferboards”**. 1988. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MEAD, R.; CURNOW, R. N. **Statistical methods in agriculture and experimental biology**. New York: Chapman and Hall, 1986. 335 p.

MENDES, L. M. **Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. 156 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

MENDES, S. A. et al. Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de *Eucalyptus spp.* **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 257-263, jun./set. 2007.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard: materials**. London: Southern Illinois University, 1974. v. 1, 244 p.

NOCE, R. et al. Análise de tendência do mercado internacional de aglomerados. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 2, p. 245-250, mar./abr. 2008.

ORTIZ, R. Plot techniques for assessment of bunch weight in banana trials under two systems of crop management. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 1, p. 63-69, Jan. 1995.

PILLAR, V. D. Suficiência amostral em estudos limnológicos. In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. **Amostragem em limnologia**. São Carlos: Rima, 2004. p. 24-44.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 301 p.

SAMPAIO, I. B. M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 1998. 221 p.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 120-129, set. 2004.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, London, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, Dec. 1965.

SJOSTROM, F. **Wood chemistry fundamentals and application**. New York: Academic, 1993. 223 p.

SOUSA, J. S. **Utilização de adesivos à base de taninos de *Acácia negra* e *Eucalyptus pellita* para a fabricação de painéis OSB**. 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: McGraw-Hill, 1997. 666 p. (Series in Probability and Statistics).

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall, 1991. 339 p.

TUKEY, J. W. **Exploratory data analysis**. Reading: A. Wesley, 1977. 688 p.

VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 3, p. 508-511, Mar. 1992.

VITAL, B. R.; LEHMANN, B.; BOONE, R. S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, Madison, v. 24, n. 12, p. 37-45, Dec. 1974.

WINISTORFER, P. M.; MCFARLAND, D. L.; RICHARD, C. S. Evaluating the performance of ten wax formulations and three application rates on properties of oriented strand board. In: WASHINGTON STATE UNIVERSITY INTERNATIONAL PARTICLEBOARD-COMPOSITE MATERIALS SYMPOSIUM, 26., 1992, Washington. **Proceedings...** Washington: Pulmann, 1992. p. 236-250.

ZHANG, R.; WARRICK, A. W.; MYERS, D. E. Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. **Geoderma**, Amsterdam, v. 62, n. 1/3, p. 183-197, 1994.

## ANEXOS

Tabela 1A Análise de variância para os testes de absorção de água, após 2 (AA2) e 24 horas de imersão (AA24), em diferentes dimensões de corpos-de-prova.

FV	GL	QM AA2	QM AA	FC AA2	FC AA24
Painel (P)	3	281,36	2000,31	21,81*	41,64*
Dimensão(D)	5	1046,04	1066,06	81,227*	22,20*
P x D	15	23,89	165,09	1,86*	3,44*
Erro	72	12,87	48,03		
Total	95				
CV (%)		14,46	10,38		

\*Significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 2A Análise de variância para os testes de inchamento em espessura, após 2 (IE2) e 24 horas de imersão (IE24), em diferentes dimensões de corpos-de-prova.

FV	GL	QM IE2	QM IE24	FC IE2	FC IE24
Painel (P)	3	5,7	42,13	5,69*	14,57*
Dimensão(D)	5	6,53	21,72	6,63*	7,51*
P x D	15	0,43	1,25	0,43	0,43
Erro	72	0,99	2,89		
Total	95				
CV (%)		18,27	14,07		

\*Significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 3A Análise de variância para os testes de MOE e MOR, em diferentes dimensões de corpos-de-prova.

FV	GL	QM MOE	QM MOR	FC MOE	FC MOR
Painel (P)	3	15778498,70	1256,11	0,79	1,01
Dimensão(D)	5	361588667,96	5025,52	18,07*	4,04*
P x D	15	5210054,75	935,67	0,26	0,75
Erro	72	20006264,08	1242,93		
Total	95				
CV (%)		15,99	24,4		

\*Significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 4A Análise de variância para o teste de tração perpendicular, em diferentes dimensões de corpos-de-prova.

FV	GL	QM LI	FC LI
Painel (P)	3	10,75	33,65*
Dimensão(D)	5	0,29	0,91
P x D	15	0,58	1,80
Erro	72	0,32	
Total	95		
CV (%)		33,91	

\*Significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 5A Análise de variância para os testes de absorção de água após 2 (AA2) e 24 horas de imersão (AA24), em diferentes faixas do painel.

FV	GL	QM AA2	QM AA24	FC AA2	FC AA24
PAINEL (P)	7	292,95	175,99	5,33*	7,69*
FAIXA (F)	4	227,75	311,67	4,14*	13,61*
P X F	28	179,93	28,19	3,27*	1,23
Erro	160	54,96	22,89		
TOTAL	199				
CV (%)		18,75	6,47		

\*Significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 6A Análise de variância para os testes de inchamento em espessura após 2 (IE2) e 24 horas de imersão (IE24), em diferentes faixas do painel.

FV	GL	QM IE2	QM IE24	FC IE2	FC IE24
PAINEL (P)	7	86,99	146,56	0,64	10,84*
FAIXA (F)	4	176,89	56,82	1,30	4,20*
P X F	28	118,65	28,86	0,87	2,13*
Erro	160	135,72	13,52		
TOTAL	199				
CV (%)		45,25	8,01		

\*Significativo, a 95% de probabilidade.

Tabela 7A Análise de variância para os testes de MOE e MOR, paralelo, em diferentes faixas do painel.

FV	GL	QM MOE	QM MOR	FC MOE	FC MOR
PAINEL (P)	3	28077172,50	687,68	12,80*	8,78*
FAIXA (F)	3	8412540,08	798,33	3,84*	10,19*
P X F	9	37595118,81	1325,23	17,14*	16,93*
Erro	16	2193268,94	78,29		
TOTAL	31	6,94	8,56		
CV (%)		6,94	8,56		

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 8A Análise de variância para os testes de MOE e MOR, perpendicular, em diferentes faixas do painel.

FV	GL	QM MOE	QM MOR	FC MOE	FC MOR
PAINEL (P)	3	57566988,18	2378,69	7,21*	14,15*
FAIXA (F)	3	108744365,4	2823,68	13,62*	16,80*
P X F	9	29097155,72	915,50	3,65*	5,45*
Erro	16	7983064,54	168,03		
TOTAL	31				
CV (%)		11,85	11,79		

\*Significativo a 5% de significância.

Tabela 9A Análise de variância para o teste de tração perpendicular em diferentes faixas do painel.

FV	GL	QM LI	FC LI
PAINEL (P)	3	5,83	1,34*
FAIXA (F)	9	9,04	2,09*
P X F	27	9,80	2,26*
Erro	360	4,34	
TOTAL	399		
CV (%)		23,68	

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 10A Análise de variância comparando a amostragem de Mendes (2001) e em faixas, para o teste de absorção de água.

FV	GL	QM AA2	QM AA24	FC AA2	FC AA24
Faixa	5	779,44	437,46	9,58*	13,87*
Erro	210	81,33	31,55		
Total	215				
CV (%)		22,21	7,54		

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 11A Análise de variância comparando a amostragem de Mendes (2001) e em faixas, para o teste de inchamento em espessura.

FV	GL	QM IE2	QM IE24	FC IE2	FC IE24
Faixa	5	159,93	48,28	1,29	2,07
Erro	210	123,6	23,28		
Total	215				
CV (%)		42,88	10,49		

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 12A Análise de variância comparando a amostragem de Mendes (2001) e em faixas, para o teste de MOE e MOR.

FV	GL	QM MOE	QM MOR	FC MOE	FC MOR
Faixa	4	29476636,39	1146,19	1,3	1,65
Erro	75	22726349,65	696,77		
Total	79				
CV (%)		21,3	24,04		

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 13A Análise de variância comparando a amostragem de Mendes (2001) e em faixas, para o teste de tração perpendicular.

FV	GL	QM LI	FC LI
Faixa	10	8,16	1,76
Erro	421	4,64	
Total	431		
CV (%)		24,47	

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 14A Análise de variância comparando à flexão estática feita na posição paralela e na perpendicular à frente de prensagem.

FV	GL	QM MOE	QM MOR	FC MOE	FC MOR
Local	1	100165068,1	700,99	4,53*	0,98
Erro	62	22120242,01	712,46		
Total	63				
CV (%)		20,81	25,02		

\*Significativo, a 5% de significância.

Tabela 15A Análise de variância para densidade de painéis de origem industrial.

FV	GL	QM	FC
Faixa	3	0,0011	0,49
Erro	92	0,0013	
Total	96		
CV (%)		20,81	

\*Significativo, a 5% de significância.