

EFEITOS DA DENSIDADE, COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS E TEOR DE RESINA NAS PROPRIEDADES DE PAINÉIS OSB

Lourival Marin Mendes¹
Setsuo Iwakiri²
Jorge Luis Monteiro de Matos²
Sidon Keinert Jr²
Leopoldo Karman Saldanha³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da densidade (0,65 e 0,80 g/cm³), composição dos painéis (1:1:1 e 1:3:1) e teor de resina (4% e 6%) nas propriedades de painéis OSB. Foi concluído que os painéis OSB apresentam melhor qualidade quando manufacturados com densidade de 0,80 g/cm³, relação face/miolo de 1:3:1 e teor de resina de 6%.

Palavras-chaves: chapas de partículas, painéis de partículas orientadas, variáveis de processamento

ABSTRACT

EFFECTS OF PANELS DENSITY, COMPOSITION, AND RESIN CONTENT ON OSB PANELS PROPERTIES

This research aimed at studying the effects of panels density (0.65 and 0.80 g/cm³), face to core ratios (1:1:1 and 1:3:1) and resin content (4% and 6%) on the properties of OSB panels. It was concluded that the OSB panels present better quality when manufactured with density of 0.80 g/cm³, face-to-core ratio of 1:3:1, and 6% resin content.

Key words: particleboard, oriented strand board, variables of processing

INTRODUÇÃO

As chapas OSB são produtos utilizados para aplicações estruturais como paredes, forros, pisos, componentes de vigas, embalagens, etc., tendo em vista suas características de resistência mecânica e boa estabilidade dimensional, competindo diretamente com o mercado de compensados. A utilização de chapas OSB tem

crescido significativamente e ocupado espaço antes exclusivo de compensados em virtude de fatores como: (1) redução da disponibilidade de toras de boa qualidade para laminação; (2) OSB pode ser produzido a partir de toras de qualidade inferior e de espécies de baixo valor comercial; (3) a largura das chapas OSB é determinada pela tecnologia de produção e não em função do comprimento das toras como no caso de

¹ DCF/UFLA, Caixa Postal 37 Lavras/MG, 37.200-000, lourival@ufla.br

² DETF, UFPR Av. Prof. Lothário Meissner 3400 Jardim Botânico 80210-170 Curitiba/PR, setsuo@cw.matrix.com.br e-mail: jmatos@floresta.ufpr.br

³ Programa de Pós - Graduação, Mestrando em Engenharia Florestal, UFPR, lksaldanha@mailbr.com.br

Recebido para publicação em 2002

compensados (Iwakiri,1999). Esta tendência é nítida no mercado norte americano de painéis de madeira, enquanto que no Brasil o mercado do OSB ainda é incipiente, porém com o início da produção de OSB (350.000 m³/ano) em janeiro de 2002 pela Masisa em Ponta Grossa-PR, já se pode observar a capacidade agressiva de ganho de mercado deste produto.

Sobral Filho (1981) concluiu que aumentando-se a densidade dos painéis de 0,67 para 0,73 g/cm³, ocorre um aumento no módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidade (MOE) e ligação interna (LI). No entanto, não se observou efeito da densidade dos painéis sobre inchamento em Espessura (IE-24h) e expansão linear. O mesmo autor também observou que a introdução de partículas menores (pulp chip strands) causou um pequeno aumento na densidade dos painéis, mas uma diminuição nos valores de MOR e MOE.

Segundo Zhou (1990) a densidade dos painéis influencia de maneira significativa o MOR, MOE, ligação interna e a resistência ao arrancamento de pregos e parafusos. No entanto, concluiu que para o caso específico do seu estudo, o relacionamento da densidade dos painéis com estas propriedades não é linear. Esse pesquisador também encontrou alta correlação entre a densidade dos painéis em relação a absorção de água e inchamento em espessura, porém, ele atribuiu o aumento do valor destas propriedades ao número maior de partículas necessárias para confecção de painéis de densidade maior, que provavelmente seria uma influência química, pelo aumento do número de sítios higroscópicos, e, também, pelo fato de que a resina utilizada foi a uréia-formaldeído (UF). Canadido et al. (1990) também concluíram que o MOR paralelo e perpendicular de painéis OSB, produzidos com partículas de douglas-fir (*Pseudotsuga manziessi*), são afetados pela densidade dos painéis.

Zhang et al. (1998) encontraram um aumento no MOR, MOE e LI, quando a densidade dos painéis passou de 0,60 para 0,70 g/cm³. Wu (1999b) também constatou a mesma tendência de aumento de MOR e MOE, com aumento da densidade dos painéis na faixa de 0,55 a 1,15 g/cm³.

Garcia et al. (1999) encontraram relação positiva entre densidade dos painéis e condutibilidade térmica, e relação negativa com

permeabilidade lateral/transversal e convecção térmica dos painéis OSB.

Zhou (1990) relata que a faixa ideal de densidade dos painéis, para manufatura de OSB está entre 0,65 e 0,70 g/cm³. No Canadá, as indústrias produzem chapas OSB com densidade na faixa de 0,63 a 0,67 g/cm³ (Cloutier, 1998).

Avramidis & Smith (1989) observaram uma significativa melhora nas propriedades dos painéis OSB (MOE, MOR e Expansão Linear), quando aumentou-se a proporção face/miolo. Esta tendência foi observada no sentido paralelo à orientação, enquanto que na posição perpendicular, observou-se o contrário, ocorrendo uma redução de MOE e MOR e aumento na Expansão linear. Os mesmos autores não observaram um efeito claro da influência das proporções das camadas, nas propriedades de Absorção de água (AA) e Inchamento em Espessura (IE). Por outro lado, observaram uma diminuição da LI dos painéis OSB, quando a relação face/miolo foi aumentada.

Zhang et al. (1998) também encontraram a mesma tendência para o aumento da relação face miolo. Os valores específicos de MOR e MOE foram superiores aos de compensados comerciais. No entanto, houve uma redução de 50% a 70% de MOE e MOR, respectivamente, após o teste de fervura dos painéis OSB.

Da mesma forma, Murakami et al. (1999) constataram um incremento no MOR e MOE dos painéis OSB, com o aumento da relação face/miolo. Por outro lado, ocorre uma diminuição no inchamento em espessura e expansão linear, e a ligação interna não foi afetada pelo aumento da relação face/miolo.

Suzuki & Takeda (2000), também, relatam que as propriedades de flexão estática são altamente afetadas pela proporção das camadas e que estas propriedades podem ser igualadas no sentido paralelo e perpendicular com 25% de camada externa (25/50/25).

Com relação à direção de orientação das partículas nas camadas superficiais e no centro do painel, Cloutier (1998) afirma que a proporção ideal (face/miolo) é na faixa de 40:60 a 60:40 baseado na percentagem de peso seco de partículas encoladas. Estas proporções são as mais utilizadas pelas indústrias canadenses e

americanas de OSB.

Segundo Cloutier (1998) os quatro principais tipos de resinas atualmente empregados na indústria de painéis compostos à base de madeira, são os seguintes: uréia-formaldeído (UF), melamina-formaldeído (MF), fenol-formaldeído (FF), e difenil metano di-isocianato (MDI). A resina FF é atualmente a mais empregada pela indústria de chapas OSB. Contudo, a resina MDI é usada por, aproximadamente, 35% das indústrias OSB, principalmente nas camadas internas das chapas.

Avramidis & Smith (1989) testando níveis de resina em painéis OSB, produzidos em laboratório, encontraram diferença estatística significativa entre médias, quando o teor de resina foi aumentado de 4% para 6%. Esta diferença influenciou o MOE, MOR, LI, IE e Expansão linear.

Yusoff & Horie (1997) relatam que os painéis OSB produzidos com resina MDI apresentaram um valor médio de MOR em torno de 817 kgf/cm², enquanto que os painéis produzidos com resina fenólica apresentaram um valor médio de MOR em torno de 528 kgf/cm². Os painéis produzidos com resina MDI também apresentaram inchamento em espessura menor (16,4%) em relação aos produzidos com resina fenólica que apresentaram valor médio de 29,4%.

Murakami et al. (1999) também estudaram os efeitos do tipo e teor de resina, e observaram um incremento nas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional dos painéis, com o aumento do conteúdo de resina. Quanto à resina, a que teve o melhor desempenho foi a de isocianato em relação a fenólica e melamina. Em contrapartida, Wu (1999b) não encontrou uma relação bem definida entre teor de resina e MOR, MOE e expansão linear, quando este teor foi aumentado de 4% para 6%. Ele menciona que o efeito do nível de resina sobre estas propriedades são relativos e mais diversificados, não seguindo, portanto, uma tendência lógica.

Watai (1996) menciona que a indústria de produtos colados, principalmente, à base de madeira, pode se tornar cada vez mais importante e competitiva no setor de construção civil. Ainda, segundo o autor, este processo requererá etapas audaciosas em pesquisas e aplicações de novas tecnologias. Dentre os estímulos, poderia ser citado, o advento de adesivos de dois

componentes para substratos úmidos (acima de 13%). No entanto, esta preocupação já era motivo de estudo de Phillips et al. (1991) que relatam as técnicas de colagem de OSB, com resina fenólica a altos teores de umidade do colchão, como ponto primordial na redução dos custos e da emissão de gases tóxicos dos secadores de partículas. Nesta mesma linha de trabalho, Andersen e Troughton (1996) desenvolveram uma nova formulação de resina fenólica para colagem de painéis OSB a altos conteúdos de umidade. Outra preocupação que está sendo motivo de estudo, refere-se à incorporação de lignina (resíduo da polpação e hidrólise ácida da madeira) às formulações tradicionais de resinas utilizadas na colagem de painéis OSB. Neste sentido Calve et al. (1988), concluíram que uma grande economia pode ser alcançada, incorporando até 50% de lignina (NH₄SSL) à resina fenol-formaldeído, podendo ser utilizada nas camadas externas de painéis OSB, sem haver a necessidade de mudanças nas condições de prensagem, sem afetar a qualidade dos painéis produzidos.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência da densidade dos painéis, a relação face/miolo e o teor de resina nas propriedades dos painéis OSB (Oriented Strand Board).

MATERIAL E MÉTODOS

A espécie utilizada foi o *Pinus taeda* (11 anos de idade), procedente de um florestamento localizado na fazenda Moquen de propriedade da Pisa Florestal.

Foram retirados discos de 5cm de espessura a cada 2,5m, até a altura correspondente a um diâmetro de oito centímetros. Os discos foram utilizados para determinação da densidade básica da madeira, pelo método de imersão em água, sendo que a densidade básica determinada para o *Pinus taeda* foi de 0,40 g/cm³. Por outro lado as toras de 2,5m foram utilizadas para geração das partículas.

As partículas foram geradas em um picador de

disco com comprimento de 85mm, 25mm de largura e espessura de 0,60mm. Em seguida foram secas até conteúdo de umidade de 3% a 4% base peso seco, em uma estufa de secagem de laboratório com ventilação forçada.

Para produção dos painéis OSB foi projetado e construído um orientador de partículas utilizando tábuas de madeira, com dimensões de 480x480x200 mm, subdivididas em doze partes iguais de 40mm, utilizando lâminas de ferro. Este aparato é fixado sobre uma caixa formadora de iguais dimensões, onde é formado o colchão já com as partículas orientadas, como ilustra a figura 1.

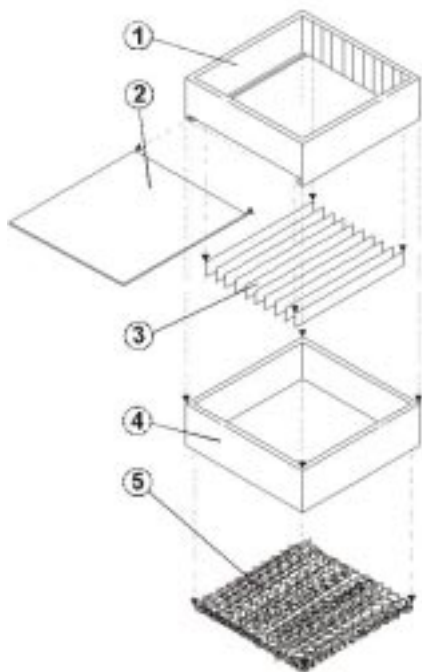


Figura 1. Projeto do orientador de partículas e caixa formadora utilizados na formação do colchão. Onde: 1 – Estrutura de madeira; 2 – Tampa de descarga; 3 – Lâminas de ferro; 4 – Caixa formadora e 5 – Colchão formado.

Figure 1. Project of particle orientation gadget and production box used in the mattress: 1 – wood structure; 2 – discharging overlay; 3 – iron panels; 4 – production box, and 5 – finished mattress.

Foram produzidos 32 painéis no total, sendo quatro painéis por tratamento (Tabela 1). A resina utilizada foi fenol-formaldeído, com teor de sólidos de 49%, pH = 12 e viscosidade de 500 cp. Foram aplicados 4% e 6% de resina baseado no peso seco das partículas. Após a formação, o colchão foi conduzido à prensagem, com temperatura de 180 °C, pressão específica de 40 Kgf/cm² e tempo de prensagem de 8 minutos. Os painéis foram produzidos com densidades de 0,65 e 0,80 g/cm³ e composições face/miolo/face de 1:1:1 e 1:3:1. A espessura nominal dos painéis foi de 15mm e as razões de compactação de 1,6 e 2,0, para as densidades dos painéis de 0,65 e 0,80 g/cm³, respectivamente.

Tabela 1. Delineamento experimental utilizado.
Table 1. Experimental design used.

TRATAMENTO	CP	TR(%)	DP (g/cm ³)	NP
1	1:1:1	6	0,65	04
2	1:1:1	6	0,80	04
3	1:1:1	4	0,65	04
4	1:1:1	4	0,80	04
5	1:3:1	6	0,65	04
6	1:3:1	6	0,80	04
7	1:3:1	4	0,65	04
8	1:3:1	4	0,80	04

CP – Composição dos painéis; TR – Teor de resina; DP – Densidade dos painéis e NP – número de painéis.

O processo de obtenção dos corpos-de-prova foi realizado através do uso de uma serra circular esquadrejadeira. Inicialmente, retirou-se cerca de 2 cm de cada extremidade dos painéis. Os corpos-de-prova de flexão estática e de compressão paralela foram retirados no sentido paralelo e perpendicular em relação a orientação das partículas das camadas externas dos painéis. A distribuição dos corpos-de-prova em cada painel é apresentada na figura 2.

As seguintes propriedades físico-mecânicas foram determinadas de acordo com as normas American Society for Testing Materials (ASTM) e

Deutsches Institut Für Normung (DIN):

A – PROPRIEDADES MECÂNICAS:

- Flexão estática (MOE): norma DIN 52362, 1982
- Flexão estática (MOR): norma DIN 52362, 1982
- Compressão paralela (CP): norma ASTM 1980:D1037-34.22
- Ligação interna (LI): norma ASTM 1980: D1037-28

B – PROPRIEDADES FÍSICAS:

- Absorção de água (AA): norma ASTM 1980: D1037-100
- Inchamento em espessura (IE): norma ASTM 1980: D1037-100
- Taxa de não retorno em espessura: ASTM 1980: D1037-100

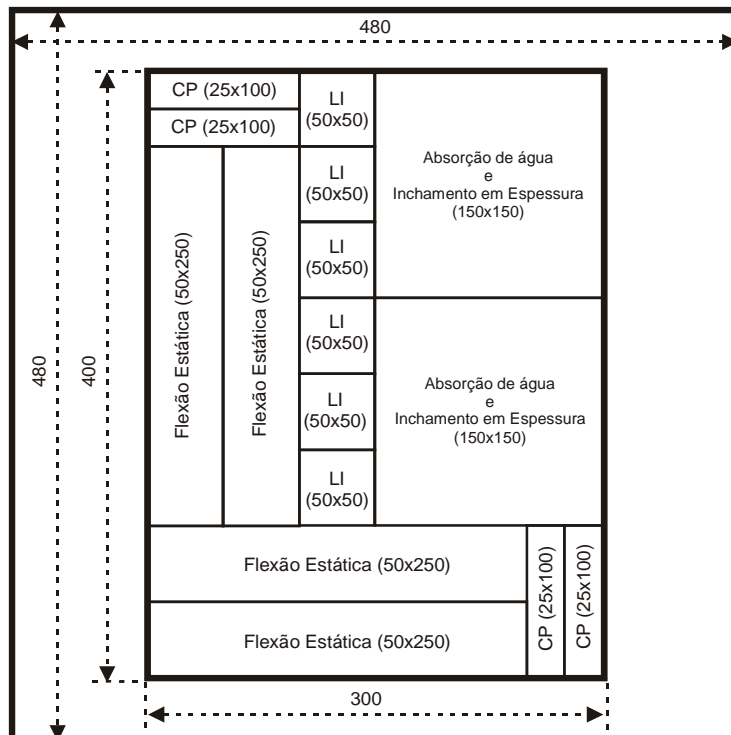


Figura 2. Esquema de distribuição dos corpos-de-prova nos painéis para avaliação das propriedades (em mm).
Figure 2. Sketch of the distribution of test specimens in the panels for evaluating panels properties.

Foi utilizada a Norma DIN para os ensaios de flexão estática, para que o corte dos painéis fosse maximizado, podendo assim serem retirados dois corpos-de-prova em cada sentido (paralelo e perpendicular). Uma vez que o corpo-de-prova da Norma ASTM por ser de dimensões maiores, não possibilitaria o corte exemplificado na Figura 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância da densidade dos corpos-de-prova dos painéis (DP) mostrou que, como esperado, houve diferença estatística entre os tratamentos ímpares (densidade nominal de 0,65g/cm³) e os pares (densidade nominal de 0,80 g/cm³). O fato de não existir diferença estatística dentro dos tratamentos ímpares e pares, que não houve a

necessidade de correção destes valores através da análise de covariância, demonstrando que o processo de deposição das partículas foi homogêneo.

Tabela 2. Densidade média dos painéis para os tratamentos propostos.

Table 2. Panels average density for the established treatments.

TRATAMENTO	NCP	DENSIDADE DOS PAINÉIS (g/cm ³)	C.V. (%)
1	24	0,65 A	11,22
2	24	0,82 B	10,21
3	24	0,72 A	13,70
4	24	0,81 B	10,89
5	24	0,67 A	10,26
6	24	0,79 B	13,00
7	24	0,69 A	9,96
8	24	0,85 B	9,68

Nos tratamentos ímpares a densidade nominal dos painéis é de 0,65 g/cm³ e nos pares é de 0,80 g/cm³. NCP – número de corpos de prova e CV – coeficiente de variação.

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

EFEITO DA DENSIDADE DOS PAINÉIS

Na tabela 3 está apresentado o efeito da densidade sobre as propriedades dos painéis OSB.

Com o aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³ ocorreu estatisticamente um aumento significativo no MOE e MOR no sentido perpendicular e paralelo à orientação das partículas. Já com relação a diferença significativa entre os sentidos paralelo e perpendicular dentro das densidades dos painéis, a direção paralela foi 2 vezes maior que a perpendicular, seguindo a mesma tendência encontrada por Zhou (1990). Esta relação encontrada entre densidade dos painéis e MOE e MOR, esta de acordo com os resultados encontrados na literatura, que mostram que aumentando-se a densidade dos painéis ocorre um aumento no MOE e MOR. Esta tendência foi observada por vários pesquisadores, entre eles Sobral Filho (1981); Zhou (1990) e Zhang et al. (1998).

Constatou-se também, que o aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³ resultou em valores de compressão paralela estatisticamente superiores, tanto na direção de teste paralela como na perpendicular. Pode-se observar também que não houve diferença significativa entre os sentidos perpendicular e paralelo, para as duas densidades de painéis estudadas.

Tabela 3. Efeito da densidade sobre as propriedades dos painéis OSB.

Table 3. Density effects on OSB panels properties.

DP (g/cm ³)	MOE (Kgf/cm ²)		MOR (Kgf/cm ²)		CPP (Kgf/cm ²)		LI (Kgf/cm ²)	AA (%)		IE (%)		TNRE (%)
	⊥	//	⊥	//	⊥	//		2h	24h	2h	24h	
0,65	24039a	45575c	270e	411g	140i	131i	6,41l	37n	63p	26r	34s	24u
0,80	28448b	52262d	343f	476h	158j	164j	7,66m	25o	49q	24r	38t	27v

DP – densidade dos painéis; MOE – módulo de elasticidade; MOR – módulo de ruptura; CPP – compressão paralela; LI – ligação interna; AA – absorção de água; IE – inchamento em espessura; TNRE – taxa de não retorno em espessura; ⊥ direção perpendicular e // - direção paralela.

Obs.: médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna de cada propriedade, não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A ligação interna dos painéis com densidade de 0,80 g/cm³ foi estatisticamente superior em relação aos painéis com densidade de 0,65 g/cm³.

Esta tendência também foi observada por Sobral Filho (1981); Zhou (1990) e Zhang et al. (1998). Suchsland (1977) afirma que o aumento da razão de

compactação, provocada pelo aumento da densidade dos painéis, que é decorrente do aumento da quantidade de partículas a serem prensadas, faz com que os painéis produzidos tenham propriedade de ligação interna maior.

O aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³, resultou em valores significativamente menores de absorção de água, tanto para 2 como para 24 horas de imersão em água. Esta redução em absorção de água pode ser explicada pelo fato de que o acesso da água em painéis mais densos é menor no início em função da maior quantidade de massa lenhosa compactada para uma mesma espessura, produzindo uma barreira física que impede a absorção de água capilar. No entanto, para exposição dos painéis em água acima de 24 horas, os painéis mais densos tendem a absorver mais água em função da maior quantidade de partículas, que resulta em uma área superficial maior, conseqüentemente aumentando o número de sítios higroscópicos, para retenção de água de adesão. Esta observação também foi detectada por Avramidis & Smith (1989) e por Zhou (1990). Porém, esta tendência foi encontrada para apenas algumas observações, sendo que em alguns casos ocorre o contrário onde painéis mais densos absorvem mais água.

O aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³, acarretou um aumento significativo apenas para o inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água. Este fato acontece porque com o aumento da densidade, provocado pelo aumento da razão de compactação, ocorre uma maior liberação das tensões de compressão.

Pode ser explicado, também, pelo fato de que, inicialmente o acesso de água é facilitado em painéis de menores densidades, em função da menor quantidade de partículas, mas com o passar do tempo a quantidade de absorção de água tende a se igualar. No entanto a distância deslocada de partículas por painéis mais densos é maior, justamente pela maior quantidade de material lenhoso. Este efeito parece ser altamente dependente da amplitude entre a menor e a maior densidade, pois Sobral Filho (1981) não observou efeito da densidade dos painéis sobre o inchamento em espessura (IE24H). No entanto a amplitude de variação de densidade dos painéis foi relativamente pequena (0,67 a 0,73 g/cm³), enquanto que neste trabalho a amplitude foi na faixa de 0,15 g/cm³.

O aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³, acarretou um aumento significativo nos valores médios da taxa de não retorno em espessura dos painéis OSB. Esta tendência também foi encontrada por Child (1956) e citado por Kelly (1977) que menciona a existência de uma relação direta entre taxa de não retorno em espessura e densidade do painel. A explicação para esta tendência esta no fato da maior quantidade de partículas em painéis de densidades maiores, traduzindo em um maior retorno, em painéis de mesma espessura.

EFEITO DA COMPOSIÇÃO DOS PAINÉIS

Na tabela 4 está apresentado o efeito da composição dos painéis sobre as propriedades dos painéis OSB.

Tabela 4. Efeito da composição dos painéis sobre as propriedades dos painéis OSB.

Table 4. Panels composition effects on OSB panels properties.

CP	MOE (Kgf/cm ²)		MOR (Kgf/cm ²)		CPP (Kgf/cm ²)		LI (Kgf/cm ²)	AA (%)		IE (%)		TNRE (%)
	⊥	//	⊥	//	⊥	//		2h	24h	2h	24h	
1:1:1	20350a	52918c	241e	512g	138i	135i	5,82l	33n	59p	27r	37t	26u
1:3:1	32137b	46919d	372f	475h	161j	161j	8,25m	29o	54q	24s	35t	25u

CP – composição dos painéis; MOE – modulo de elasticidade; MOR – modulo de ruptura; CPP – compressão paralela; LI – ligação interna; AA – absorção de água; IE – inchamento em espessura; TNRE – taxa de não retorno em espessura; ⊥ - direção perpendicular e // - direção paralela.

Obs.: médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna de cada propriedade, não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

O MOE e MOR paralelo dos painéis com maior relação face/miolo (1:1:1) foi estatisticamente superior quando comparado aos painéis com menor relação face/miolo (1:3:1). Já o MOE e MOR perpendicular dos painéis com menor relação face/miolo foi significativo e superior quando comparado aos painéis com maior relação face/miolo. Este fato ocorre porque o aumento da espessura do miolo favorece o comportamento do MOE perpendicular em função das fibras das partículas do miolo estarem também nesta direção.

Pode-se constatar também que com a diminuição da relação face/miolo, ocorre também uma diminuição significativa da diferença entre o valor do MOE e MOR do sentido paralelo e perpendicular. Para os painéis de composição 1:1:1, o sentido paralelo foi 2,6 vezes maior que o perpendicular, enquanto que para os painéis de composição 1:3:1 a diferença foi de 1,45 vezes. Esta constatação também foi encontrada por Suzuki & Takeda (2000) que também observaram que MOE pode ser igualado no sentido paralelo e perpendicular com 25% de camadas externas (25/50/25).

Esta tendência de diminuição da relação face/miolo dos painéis provocando aumento do MOE e MOR no sentido perpendicular à orientação das partículas das faces, esta de acordo com os resultados encontrados por outros pesquisadores, dentre eles pode-se destacar Avramidis & Smith (1989), Zhang et al. (1998) e Murakami et al. (1999).

A diminuição da relação face/miolo resultou em valores de compressão paralela estatisticamente superiores, tanto na direção de teste paralela como na perpendicular. Pode-se observar também que não houve diferença entre o sentido perpendicular e paralelo para os dois tipos de composição de painéis. Esta tendência demonstra que a compressão paralela, a exemplo do MOE e MOR, não é influenciada de forma definida pela relação face/miolo, sendo esta propriedade é mais dependente da ligação interna entre as partículas e da qualidade da linha de cola entre as mesmas.

A diminuição da relação face/miolo de 1:1:1 para 1:3:1, resultou em valores estatisticamente superiores de ligação interna. Esta tendência está de acordo com a encontrada por Avramidis & Smith

(1989), e contradiz Murakami et al. (1999) que concluíram que a ligação interna não é afetada pela relação face/miolo. Esta contradição deve ser estudada com mais cuidado, uma vez que a composição dos painéis não deveria influenciar na ligação interna, pois se trata de uma força perpendicular à superfície da ligação das partículas.

Com diminuição da relação face/miolo dos painéis de 1:1:1 para 1:3:1, houve uma redução significativa na absorção de água, tanto para 2 como para 24 horas de imersão em água. De acordo com Avramidis & Smith (1989) não há uma explicação clara da influência da relação face/miolo sobre esta propriedade.

A diminuição da relação face/miolo dos painéis, resultou numa redução significativa nos valores médios de inchamento em espessura, apenas para imersão em água após 2 horas. Para imersão em água após 24 horas houve redução, mas a diferença não foi estatisticamente significativa. Este resultado está de acordo com observações encontradas por Avramidis & Smith (1989). Porém no mesmo trabalho também foram encontrados em algumas observações o inverso, mostrando que não existe uma tendência lógica de relacionamento entre inchamento em espessura e relação face miolo.

A diminuição da relação face/miolo dos painéis de 1:1:1 para 1:3:1, não afetou significativamente a taxa de não retorno em espessura. Como discutido anteriormente, com exceção da expansão linear, não existe uma relação definida entre esta variável e as propriedades físicas dos painéis.

EFEITO DO TEOR DE RESINA

Na tabela 5 esta apresentado o efeito do teor de resina sobre as propriedades dos painéis OSB.

Quando o teor de resina foi aumentado de 4% para 6%, ocorreu um incremento estatisticamente significativo do MOE e MOR na direção perpendicular, esta tendência também foi observada por Avramidis & Smith (1989) e por Murakami et al. (1999) que trabalharam com o mesmo tipo (FF) e níveis de resina usados neste trabalho.

Tabela 5. Efeito da densidade dos painéis sobre as propriedades dos painéis OSB.
Table 5. Panel density effects on OSB panels properties.

TR (%)	MOE (Kgf/cm ²)		MOR (Kgf/cm ²)		CPP (Kgf/cm ²)		LI (Kgf/cm ²)	AA (%)		IE (%)		TNRE (%)
	⊥	//	⊥	//	⊥	//		2h	24h	2h	24h	
	6	29716a	51539c	349e	458g	170i	156i	7,501l	26n	47p	20r	30s
4	22716b	48297c	264f	428g	129j	139ij	6,58m	35o	66q	30r	42t	30v

TR – Teor de resina; MOE – modulo de elasticidade; MOR – modulo de ruptura; CPP – compressão paralela; LI – ligação interna; AA – absorção de água; IE – inchamento em espessura; TNRE – taxa de não retorno em espessura; ⊥ direção perpendicular e // - direção paralela.

Obs.: médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna de cada propriedade, não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

No entanto, o MOE e o MOR na direção paralela não apresentou um incremento significativo, com o aumento do teor de resina, apesar dos valores médios do MOE e do MOR referente a 6% de resina serem superiores numericamente ao de 4%. Este resultado está de acordo com o encontrado por Wu (1999b) que não encontrou uma relação bem definida entre o teor de resina e MOE.

O MOE na direção paralela foi em torno de 2 vezes maior em relação a direção perpendicular, para os dois níveis de resina estudados.

A adesão entre as camadas é favorecida com uma maior quantidade de resina, porque ocorre um aumento de sua disponibilidade por área superficial de partículas, consequentemente aumentando a resistência da linha de cola, e por sua vez transmitindo esta para valores maiores de MOE e MOR.

Na direção de teste perpendicular, os painéis produzidos com 6% de resina, apresentaram valor médio de compressão paralela estatisticamente superior aos painéis produzidos com 4% de resina. No entanto, para as demais condições não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas.

Painéis produzidos com 6% de resina apresentaram valores médios de ligação interna estatisticamente superiores em relação aos painéis produzidos com 4% de resina. Esta relação também foi observado por Avramidis & Smith (1989). Este aumento de ligação interna, é devido ao aumento da disponibilidade de resina por área superficial de partículas, o que provoca uma maior adesão na linha de cola.

Houve uma redução significativa nos valores médios de absorção de água e inchamento em espessura, tanto para 2 como para 24 horas, quando o teor de resina foi aumentado de 4% para 6%. Esta tendência também foi observada por Avramidis & Smith (1989). O aumento da disponibilidade de resina por área superficial de partículas é a causa da diminuição da absorção de água quando o teor de resina passou de 4% para 6%, não só pela barreira física que é maior na linha de cola, bem como pela ocupação dos sítios higroscópicos da madeira (OH), deixando o colchão menos reativo a água.

Houve uma redução significativa na taxa de não retorno em espessura nos painéis OSB, quando o teor de resina foi aumentado de 4% para 6%. Esta tendência também foi observada por Child (1956) e citado por Kelly (1977) que menciona a existência de uma relação inversa entre o conteúdo de resina e a taxa de não retorno em espessura (TNRE). O aumento da disponibilidade de resina por área superficial de partículas é a causa da diminuição da taxa de não retorno em espessura quando o teor de resina passou de 4% para 6%. Esta propriedade esta associada ao inchamento em espessura, que também foi menor quando o teor de resina passou de 4 para 6%, logicamente se inchou menos, o retorno também será menor em proporção.

INTERAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS ESTUDADAS

Na tabela 6 estão apresentadas as interações entre as variáveis estudadas neste trabalho.

Tabela 6. Interações entre as variáveis estudadas.
Table 6. Interactions between the studied variables.

	MOE (Kg/cm ²)		MOR (Kg/cm ²)		CPP (Kg/cm ²)		LI (Kg/cm ²)	AA (%)		IE (%)		TNRE (%)
	⊥	//	⊥	//	⊥	//		2h	24h	2h	24h	
CPXDP	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	*	*	*	*
CPXTR	*	ns	*	ns	*	ns	*	ns	*	ns	ns	ns
DPXTR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CPXDPTXTR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

CP – composição dos painéis; DP – densidade dos painéis; TR – teor de resina; MOE – modulo de elasticidade; MOR – modulo de ruptura; CPP – compressão paralela; LI – ligação interna; AA – absorção de água; IE – inchamento em espessura; TNRE – taxa de não retorno em espessura; ⊥ direção perpendicular e // - direção paralela.

* Interações significativas ao nível de 5% de probabilidade de erro, ns – não significativo.

Pode-se observar que houve interação significativa (CPxDP) no sentido perpendicular para MOE, MOR, compressão paralela e ligação interna, este fato é explicado pelo aumento dos valores propriedades quando a relação face/miolo diminui e a densidade dos painéis aumenta. Esta tendência também é observada para as propriedades físicas dos painéis OSB (AA, IE e TNRE), onde estes valores diminuem. O raciocínio anterior, também se aplica para a interação significativa (CPXTR) para compressão paralela no sentido perpendicular e ligação interna. Estes resultados estão de acordo em parte ao mencionado por Maloney (1993), de que todas as variáveis de processamento interagem entre si. As interações significativas com os respectivos desdobramentos estão apresentados a seguir:

a) Flexão perpendicular – MOE e MOR

A tabela 7 apresenta a análise do desdobramento do teor de resina (TR - 4 e 6%) dentro de cada nível de composição dos painéis (CP – 1:1:1 e 1:3:1). Pode-se observar que apenas a relação face miolo de 1:3:1 apresenta um ganho significativo de MOE e MOR no ensaio de flexão perpendicular, quando se aumenta o teor de resina de 4 para 6% (Tabela 8). Já para aquelas aplicações onde os valores de MOE em flexão perpendicular, alcançados com a relação face/miolo de 1:1:1 são suficientes para atender as especificações, pode-se produzir os painéis com 4% de resina, o que acarretaria uma redução nos custos variáveis de produção, uma vez que esta variável é a mais onerosa na composição dos referidos custos.

Tabela 7. Análise de variância do desdobramento do teor de resina para cada nível de composição dos painéis OSB para o MOE e MOR – Flexão estática na direção perpendicular.

Table 7. Analysis of variance of the unfolding of the resin text for each level of composition of panels OSB for MOE and MOR - Static bending in the perpendicular direction.

Fonte de variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrado médio	F	Probabilidade
TR – 1:1:1	83033840	1	83033840	2,45ns	0,1326
TR – 1:3:1	910308979	1	910308979	24,16*	0,0000
Resíduo (MOE)	2.070879722E+0009	56	36979995		
TOTAL		58			
TR – 1:1:1	3341	1	3341	0,394ns	0,5328
TR – 1:3:1	179805	1	179805	21,19*	0,0000
Resíduo (MOR)	475068	56	8483		
TOTAL		58			

* = Significativo ao nível de 95% de probabilidade; NS = Não significativo.

Tabela 8. Efeito interativo do teor de resina com a relação face miolo 1:3:1 para a propriedade flexão estática na direção perpendicular (MOE e MOR).

Table 8. Interactive effect of the resin text with the relation face core 1:3:1 for the property static bending (MOE and MOR).

Teor de resina (%)	MOE (Kgf/cm ²)	MOR (Kgf/cm ²)
4	26804 a	297 a
6	37471 b	447 b

Obs.: médias na vertical seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

b) Compressão paralela na direção perpendicular

A tabela 9 apresenta a análise do desdobramento do teor de resina (TR - 4 e 6%) e densidade dos painéis (0,65 e 0,80g/cm³) dentro de cada nível de composição dos painéis (CP – 1:1:1 e 1:3:1). Pode-se observar que apenas a relação face miolo de 1:3:1 apresenta um ganho

significativo na propriedade compressão paralela na direção perpendicular, quando se aumenta o teor de resina de 4 para 6% (Tabela 10). Em contrapartida, apenas na relação face/miolo 1:1:1 é viável o aumento da densidade dos painéis de 0,65 a 0,80g/cm³ para se obter um ganho significativo na propriedade compressão paralela na direção perpendicular.

Tabela 9. Análise de variância do desdobramento da densidade dos painéis e do teor de resina para cada nível de composição dos painéis OSB para a propriedade compressão paralela na direção perpendicular.

Table 9. Analysis of variance of the unfolding density of the resin panels and text for each level of composition of panels OSB for the property parallel compression in the perpendicular direction.

Fonte de variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrado médio	F	Probabilidade
DP – 1:1:1	19136	1	19136	5,67*	0,0206
DP – 1:3:1	1161	1	1161	0,344ns	0,5597
Resíduo	188861	56	3372		
TOTAL		58			
TR – 1:1:1	99	1	99	0,029ns	0,5328
TR – 1:3:1	58511	1	58511	17,35*	0,0000
Resíduo	188861	56	3372		
TOTAL		58			

* = Significativo ao nível de 95% de probabilidade; NS = Não significativo.

Tabela 10. Efeito interativo do teor de resina e densidade dos painéis com a relação face miolo dos painéis OSB para a propriedade compressão paralela na direção perpendicular.

Table 10. Interactive effect of the resin content and density of the panels with the relation face marrow of panels OSB for the property parallel compression in the perpendicular direction.

Teor de resina (%)	CPP⊥ (Kgf/cm ²)	DP (g/cm ³)	CPP⊥ (Kgf/cm ²)
4	118 a	0,65	113 a
6	203 b	0,80	162 b

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

c) Ligação interna

A tabela 11 apresenta a análise do desdobramento do teor de resina (TR - 4 e 6%) e densidade dos painéis (0,65 e 0,80g/cm³) dentro de cada nível de composição dos painéis (CP – 1:1:1 e 1:3:1). Pode-se observar que apenas a relação face miolo de 1:3:1 apresenta um ganho

significativo na propriedade ligação interna, quando se aumenta o teor de resina de 4 para 6% (Tabela 12). Da mesma forma, apenas na relação face/miolo 1:3:1 é viável o aumento da densidade dos painéis de 0,65 a 0,80g/cm³ para se obter um ganho significativo na propriedade ligação interna.

Tabela 11. Análise de variância do desdobramento da densidade dos painéis e do teor de resina para cada nível de composição dos painéis OSB para a propriedade ligação interna.

Table 11. Analysis of variance of the unfolding of the density of the resin panels and text for each level of composition of panels OSB for the property internal linking.

Fonte de variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrado médio	F	Probabilidade
DP – 1:1:1	0,48	1	0,48	0,13ns	0,7119
DP – 1:3:1	133	1	133	37,49*	0,000
Resíduo	655	184	3,56		
TOTAL		186			
TR – 1:1:1	0,00375	1	0,00375	0,001ns	0,9741
TR – 1:3:1	82,399	1	82,399	23,13*	0,0000
Resíduo	655	184	3,56		
TOTAL		186			

* = Significativo ao nível de 95% de probabilidade; NS = Não significativo.

Tabela 12. Efeito interativo do teor de resina e densidade dos painéis com a relação face miolo dos painéis OSB para a propriedade ligação interna.

Table 12. Interactive effect of the resin text and density of the panels with the relation face marrow of panels OSB for the property internal linking.

Teor de resina (%)	LI (Kgf/cm ²)	DP (g/cm ³)	LI (Kgf/cm ²)
4	7,3a	0,65	7,0a
6	9,1b	0,80	9,4b

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

d) Absorção de água

A tabela 13 apresenta a análise do desdobramento do teor de resina (TR - 4 e 6%) e densidade dos painéis (0,65 e 0,80g/cm³) dentro de cada nível de composição dos painéis (CP – 1:1:1 e 1:3:1). Pode-se observar que para ambos os casos, ou seja, para a relação face miolo de e

1:1:1 e 1:3:1 apresentam uma redução significativa na propriedade absorção de água (24h), quando se aumenta o teor de resina de 4 para 6% (Tabela 14). Da mesma forma, o aumento da densidade dos painéis de 0,65 a 0,80g/cm³ ocorre uma redução significativa na propriedade absorção de água (24h) nas duas relações face/miolo estudadas.

Tabela 13. Análise de variância do desdobramento da densidade dos painéis e do teor de resina para cada nível de composição dos painéis OSB para a propriedade absorção de água (24h).

Table 13. Analysis of variance of the unfolding of the density of the resin panels and text for each level of composition of panels OSB for the property water absorption (24h).

Fonte de variação	Soma de quadrados	GL	Quadrado médio	F	Probabilidade
DP – 1:1:1	667	1	667	8,63*	0,0048
DP – 1:3:1	2726	1	2726	35,27*	0,000
Resíduo	4328	56	77		
TOTAL		58			
TR – 1:1:1	4156	1	4156	53,77*	0,0000
TR – 1:3:1	1542	1	1542	19,95*	0,0000
Resíduo	4328	56	77		
TOTAL		58			

* = Significativo ao nível de 95% de probabilidade; NS = Não significativo.

Tabela 14. Efeito interativo do teor de resina e densidade dos painéis com a relação face miolo dos painéis OSB para a propriedade absorção de água 24 horas.

Table 14. Interactive effect of the resin text and density of the panels with the relation face core of panels OSB for the property water absorption 24 hours.

Teor de resina (%)	AA24h(%)		DP (g/cm ³)	AA24h (%)	
	1:1:1	1:3:1		1:1:1	1:3:1
4	70a	61a	0,65	64a	63a
6	48b	47b	0,80	54b	44b

Obs.: médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

e) Inchamento em espessura

A tabela 15 apresenta a análise do desdobramento da densidade dos painéis (0,65 e 0,80g/cm³) dentro de cada nível de composição dos painéis (CP – 1:1:1 e 1:3:1), para a propriedade inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água. Pode-se observar que apenas a relação face miolo de 1:3:1 apresentou uma redução significativa do inchamento em espessura 2 horas, quando a densidade dos painéis foi

aumentada de 0,65 para 0,80g/cm³. Em contrapartida, após 24 horas de imersão em água, observou um efeito contrário, ocorrendo um aumento do inchamento em espessura com o aumento da densidade dos painéis (Tabela 16). Este fato comprova que a diminuição da relação face/miolo provoca um aumento da estabilidade dimensional do painéis, este resultado esta de acordo ao observado por Avramidis & Smith (1989).

Tabela 15. Anava do desdobramento da densidade dos painéis dentro de cada nível de composição dos painéis OSB para a propriedade inchamento em espessura (2 e 24 horas).

Table 15. Unfolding of the density of the panels inside of each level of composition of panels OSB for the property swell in thickness (2 and 24 hours).

Fonte de variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrado médio	F	Probabilidade
DP- 1:1:1	53	1	53	2,31ns	0,1339
DP – 1:3:1	278	1	278	12,16	0,0010
Resíduo (IE2h)	1282	56	23		
Total		58			
DP- 1:1:1	378	1	378	13,24*	0,0006
DP – 1:3:1	12	1	12	0,423ns	0,5183
Resíduo (IE24h)	1600	56	28		
Total		58			

* = Significativo ao nível de 95% de probabilidade; NS = Não significativo.

Tabela 16. Efeito interativo da densidade dos painéis com a relação face miolo dos painéis OSB para a propriedade inchamento em espessura 2 e 24 horas.

Table 16. Interactive effect of the density of the panels with the relation face marrow of panels OSB for the property swell in thickness 2 and 24 hours.

DP (g/cm ³)	IE2h (%) - 1:3:1	IE24h 1:1:1
0,65	27 a	34 a
0,80	21 b	40 b

Obs.: médias na vertical seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

f) Taxa de não retorno em espessura

A tabela 17 apresenta a análise de variância do desdobramento da densidade dos painéis (0,65 e 0,80g/cm³) dentro de cada nível de composição dos painéis (CP – 1:1:1 e 1:3:1), para a propriedade taxa de não retorno em espessura. Pode-se observar que apenas a relação face miolo de 1:1:1 apresentou um aumento significativo de TNRE (Tabela 18). Este fato ressalva ainda mais a tese de que a diminuição da relação face/miolo aumenta a estabilidade dimensional dos painéis OSB.

Tabela 17. Anava do desdobramento da densidade dos painéis dentro de cada nível de composição dos painéis OSB para a propriedade taxa de não retorno em espessura.

Table 17. Anava of the unfolding of the density of the panels inside of each level of composition of panels OSB for the property taxes of not return in thickness.

Fonte de variação	Soma de quadrados	G.L.	Quadrado médio	F	Probabilidade
DP – 1:1:1	212	1	212	9,16*	0,0037
DP – 1:3:1	0,77	1	0,77	0,034ns	0,8553
Resíduo(TNRE)	1298	56	23		
TOTAL		58			

Tabela 18. Efeito interativo da densidade dos painéis com a relação face miolo dos painéis OSB para a propriedade TNRE.

Table 18. Interactive effect of the density of the panels with the relation face marrow of panels OSB for property TNRE.

DP (g/cm ³)	TNRE - 1:1:1
0,65	23a
0,80	28b

Obs.: médias na vertical seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

1. Não houve variação significativa da densidade dos painéis, demonstrando a homogeneidade na formação do colchão;
2. O aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³ causou um aumento no MOE e no MOR, tanto na direção perpendicular como na paralela;
3. A diminuição da relação face/miolo provocou um aumento no MOE e no MOR na direção perpendicular, e uma diminuição no MOE e no MOR na direção paralela à orientação das partículas das camadas superficiais dos painéis;
4. O aumento do teor de resina de 4% para 6% provocou um aumento significativo de MOE e MOR apenas na direção perpendicular dos painéis;
5. O aumento da densidade dos painéis causou um aumento significativo na compressão paralela, tanto na direção perpendicular como na paralela;
6. A diminuição da relação face/miolo causou uma diminuição significativa nos valores de compressão paralela, tanto na direção perpendicular como na paralela;
7. Os valores de compressão paralela na direção perpendicular e paralela foram estatisticamente iguais para todos os efeitos estudados;

8. Quando o teor de resina passou de 4 para 6% houve aumento significativo apenas na direção perpendicular para compressão paralela;

9. Os valores de ligação interna foram maiores quando se utilizou na produção dos painéis: densidade dos painéis de 0,80 g/cm³, relação face miolo de 1:3:1 e teor de resina de 6%;

10. Os valores de absorção de água foram menores quando se utilizou na produção dos painéis: densidade dos painéis de 0,80 g/cm³, relação face miolo de 1:3:1 e teor de resina de 6%.

Já os valores de inchamento em espessura diminuíram quanto se utilizou a relação face/miolo de 1:3:1 e 6% de teor de resina;

11. O aumento da densidade dos painéis de 0,65 para 0,80 g/cm³ não afetou o inchamento em espessura após 2 horas de imersão, no entanto, houve um aumento inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água;

12. Com o aumento da densidade dos painéis houve um incremento na taxa de não retorno em espessura, no entanto, ocorreu uma redução com o aumento do teor de resina e a relação face/miolo não afetou esta propriedade;

13. Observou-se interação significativa entre composição dos painéis e densidade dos painéis (CPXDP), bem como composição dos painéis e teor de resina (CPXTR), apenas para algumas das propriedades estudadas;

14. Não se observou nenhuma interação significativa entre as três variáveis estudadas;

15. É possível minimizar os custos de produção de painéis OSB, em algumas situações principalmente quando a variável teor de resina se interagiu significativamente com a composição dos painéis.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Pisa Florestal S. A. e Alba Química S.A., respectivamente, pela doação da madeira para geração das partículas e do adesivo utilizados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Standard methods of evaluating the properties of wood-base fiber and particle materials. ASTM D-1037-91 Philadelphia: 199. vol.04.09 (Annual Book of ASTM standards).

ANDERSEN, A.W.; TROUGHTON, G.E. New phenolic formulations for bonding higher moisture content OSB panels. **Forest Products Journal**, Madison, v. 46, n. 10, p. 72-76, 1996.

AVRAMIDIS, S.; SMITH, L.A. The effect of resin content and face-to-core ratio on some properties of oriented strand board. **Holzforschung**, Berlin, v. 43, n. 2, p. 131-133, 1989.

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

CANADIDO, L.S.; SAITO, F.; SUZUKI, S. Influence of strand thickness and board density on the orthotropic properties of oriented strandboard. **Journal of the Japan Wood**, Tokyo, v. 36, n. 8, p. 632-636, 1990.

CHILD, M.R. **The effect of density, resin content and chip width on springback and certain other properties of dry formed flat pressed particleboard**. Raleigh, Nort Carolina State University, Dept. of Wood and Pap. Sci., 1956. MS. Thesis.

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., **Anais**. Belo Horizonte, SIF, 1998, p. 173-185.

DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG: testing of wood chipboards, bending test, determination of bending strength. DIN 52362, 1982, p. 39-40.

GARCIA, P.; AVRAMIDIS, S.; LAM, F. Oriented

Strand Board hot-pressing and flake orientation. In: Proceedings of the fourth International Conference on the development of Wood Science, **Wood Technoly and Forestry**. Missenden Abbey, UK, p. 365-374, 1999.

IWAKIRI, S. Painéis de partículas orientadas “OSB”. **Revista da Madeira: (ABPM)**, Curitiba. n. 41, p. 52-53. 1999.

KELLY, M.W. **A critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. U.S. For. Prod. Lab. General Technical Report FPL-10, Madison, 1977, 66p.

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

MURAKAMI, K. *et al.* Manufacture and properties of three-layered particleboards with oriented face strands of veneers I. **Japan Wood Science**, Tokyo, v. 45, n.5, p. 395-402, 1999.

PHILIPS, E.K. *et al.* Techniques for bonding high moisture content wood in oriented strand board with phenol formaldehyde resin. In: PROCEEDINGS OF THE TWENTY-FIFTH WASHINGTON STATE UNIVERSITY INTERNATIONAL PARTICLEBOARD COMPOSITE MATERIALS SYMPOSIUM, **Anais**, Pulmann, p. 231-248. 1991.

SOBRAL FILHO, M. Influence of wood furnish type on properties of oriented strand panels. **Forest Products Journal**, Madison, v.31, n. 9, p. 43-52. 1981.

SUCHSLAND, O. Compression shear test for determination of internal bond strenght in particleboard . **Forest Products Journal**, Madison, v. 27, n. 1, p. 32-36, 1977.

SUZUKI, S.; TAKEDA, K. Production and properties of Japanese oriented strand board I: effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board. **Japan**

Wood Science, Tokyo, v. 46, p. 289-295. 2000.
WATAI, L. T. Painéis Estruturais -Tendências e Desenvolvimento no Brasil In: SEMADER,4. **Anais**. Curitiba, ABPM: 1996. p. 71-74.

WU, Q. In-plane dimensional stability of oriented strand panel: effect of processing variables. **Wood and Fiber Science**.Madison, v.31, n. 1, p. 28 – 40. 1999.

YUSOFF, M. N. M.; HORIE, H. The manufacture of oriented strand boards from rubeerwood.

Journal of Tropical Forest Products. Malaysia, v. 3, n. 1, p. 43-50. 1997.

ZHANG, M. *et al.* Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strands. **Japan Wood Science**, Tokyo, n.44, p.191-197. 1998.

ZHOW, D. A estudy of oriented structural board made from hybrid poplar. Phisical and mechanical properties of OSB. **Holz Als Roh Und Werkstoff**, Berlin, v. 48, n. 7-8, p. 293-296, 1990.