

# Estudo sobre a viabilidade do uso da madeira de “*Cryptomeria japonica*” para produção de painéis compensado

Study on the feasibility of using  
“*Cryptomeria japonica*” for plywood production

Juliana Afonso Pinto<sup>1</sup> e Setsuo Iwakiri<sup>2</sup>

## Resumo

A *Cryptomeria japonica* é uma espécie de bastante destaque no Japão e conhecida no mercado internacional. No Brasil há plantios experimentais na região sul e sudeste e a espécie tem apresentado grande potencial silvicultural, no entanto, há carências de estudos sobre a utilização industrial desta madeira. Dentro deste contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da utilização da *Cryptomeria japonica* em painéis de madeira compensada. Para a produção dos painéis foram selecionadas lâminas de cerne e de alburno, as quais foram coladas com resina fenol-formaldeído e uréia-formaldeído, com a variação da gramatura de 270 g/m<sup>2</sup> e 300 g/m<sup>2</sup>. Painéis de espessura nominal de 10mm foram compostos de lâminas somente de alburno, somente de cerne e da composição de lâminas de alburno na capa e contracapa e cerne no miolo. Foram avaliadas as propriedades de flexão estática na direção paralela e perpendicular, cisalhamento da linha de cola e a densidade também. A densidade dos painéis foi inferior aos painéis de pinus e superior aos painéis de paricá. Os valores médios de flexão estática (MOE e MOR) atenderam aos requisitos da norma europeia. Os resultados dos ensaios de cisalhamento revelaram a necessidade de ajustes na formulação de batida de cola e no desenvolvimento do processo de produção, uma vez que os painéis de colagem uréica não atingiram os requisitos mínimos da norma EN 314-2 (1996), e os painéis de colagem fenólica cumpriram somente no tratamento a seco e no pré-tratamento 24 horas em água a temperatura ambiente. O estudo demonstrou potencial desta espécie para produção de painéis de madeira compensada, tendo em vista que, embora os painéis tenham baixa densidade a sua resistência à flexão estática foi satisfatória.

**Palavras-chave:** *Cryptomeria japonica*, painel compensado, ensaios físico-mecânicos.

## Abstract

*Cryptomeria japonica* is an important species in Japan and well known to the international market. In Brazil there are plantations in the southern and southeastern region; however there are not many studies for its utilization with industrial purposes. This study was carried out to analyze the viability of using *Cryptomeria japonica* wood for plywood panels. For panels' production, heartwood and sapwood veneers were used, which were glued with phenol formaldehyde and ureic formaldehyde resin, using 270 g/m<sup>2</sup> and 300 g/m<sup>2</sup> of glue. Panels with 10mm thickness were composed by veneers of sapwood only; heartwood only and the mix of sapwood on the face and back face and heartwood in the core. The evaluation of the physical-mechanic properties involved bending verification in the parallel and perpendicular direction, bonding quality and density. The density of the panels was lower when compared to pine panels and higher when compared to parica panels' density. Mean bending values satisfied the EN standard. The bonding quality results show the need for adjustments in the glue mixture and improvements in the production process, since the ureic panels did not comply with EN314-2 (1996) requirements and the phenolic panels complied only in the dry treatment and in 24 hours cold water pre-treatment. The study confirmed the potential of this species in the plywood panel production; and even though panels presented low density, the bending results were satisfactory.

**Keywords:** *Cryptomeria japonica*, plywood, physical-mechanical test.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de compensados, se destacando não somente dentro da Amé-

rica do Sul, mas também em nível mundial. O principal destino dos nossos painéis é a Europa, sendo que no ano de 2010, mais de 65% da produção de compensado fenólico de pinus foram

<sup>1</sup>Mestre em engenharia florestal e gerente da qualidade. Kingfisher Sourcing Office South America – Av. Marechal Floriano Peixoto 306, sala 137, Curitiba – PR – 80010-130 – E-mail: [ju\\_sebaio@yahoo.com.br](mailto:ju_sebaio@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Professor doutor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR – Av. Lothário Meissner, 632, Curitiba, PR – 80210-170 – E-mail: [setsuo@ufpr.br](mailto:setsuo@ufpr.br)

exportadas para Alemanha, Bélgica, Reino Unido, Itália e Turquia (BRASIL, 2010).

Gay (2001) apresenta os benefícios do painel compensado destacando que é um produto de inúmeras aplicações e é mais estável quando comparado à madeira maciça, apresentando baixíssima variação no comprimento e largura, além de ter baixo inchamento em espessura. Apesar de ser sensível aos ataques biológicos, sua duração é superior quando comparada à madeira serrada. O autor ressalta também que o compensado tem propriedades elevadas e boa resistência mecânica, mesmo apresentando peso leve. É um material técnico bastante elaborado, homogêneo, rígido, mas flexível e fácil de trabalhar, justificando, desta maneira, suas mais variadas possibilidades de aplicações.

O documento do Mattos *et al.* (2008), intitulado Painéis de Madeira no Brasil: panorama e perspectivas menciona que o principal destino do painel compensado no mercado doméstico, com relação à aplicação, é a indústria de móveis e setor de construção civil, correspondendo a 31% e 44% do consumo doméstico respectivamente.

As normas europeias definem os painéis compensados utilizados na construção civil como de uso estrutural e não estrutural, e classificam os painéis pelas condições de aplicação em ambiente interno em condições secas, ambiente interno ou exterior protegido em condições úmidas e condições externas. Em geral, as indústrias nacionais de painéis compensados seguem os requisitos estabelecidos pelo Programa Nacional de Qualidade de Madeira para o controle do processo produtivo. Para o controle de qualidade do produto final, visando o atendimento dos requisitos físico mecânicos, as normas europeias (EN) e a PS1-07 são seguidas conforme o mercado de destino dos painéis.

Normalmente, os painéis compensado são produzidos no Brasil por madeiras plantadas de rápido crescimento como pinus, eucalipto e, recentemente, o paricá, uma espécie tropical com vasta área plantada no norte do Brasil. Salienta-se que as espécies tropicais oriundas de manejo florestal possuem uma significativa participação na produção nacional.

A *Cryptomeria japonica*, comumente conhecida como cedrinho japonês, é uma espécie exótica com plantios no sul e sudeste do Brasil, mas que ainda não está sendo utilizada comercialmente. Já existem alguns estudos sobre o plantio e análise da madeira oriunda destes plantios, principalmente considerando seu uso para pro-

dução de papel celulose. Porém, estudos para aplicação em painéis não foram identificados.

Park e Fushitani (2006) estudaram painéis de construção cruzada de três camadas produzidos com lâminas de *Cryptomeria japonica* para avaliar o seu desempenho em propriedade de flexão estática, levando em consideração a variação da espessura da lâmina de miolo em relação à espessura total do painel. As lâminas selecionadas apresentavam densidade entre 0,358 e 0,417 g/cm<sup>3</sup>, as quais foram coladas com resina tipo resorcinol-formaldeído, com uma gramatura de 300 g/m<sup>2</sup>. Concluíram que painéis de madeira laminada de construção cruzada foram possíveis de serem produzidos com a madeira de *Cryptomeria*, mesmo apresentando baixa densidade. Os autores sugeriram que os painéis laminados de construção cruzada com três camadas tenham em torno de 70% da espessura de lâmina de miolo, quando um comportamento isotrópico na resistência à tração e compressão na flexão é demandado.

Para obter-se um painel de compensado que atenda aos requisitos mínimos nos ensaios de verificação da qualidade de colagem, as etapas de produção de painéis, da montagem, preparação e aplicação da cola e prensagem, devem ser controladas. Desta maneira, durante a montagem dos painéis, o teor de umidade, viscosidade, tipo e quantidade de cola, assim como na prensagem, o tempo de assemblagem e tempo de carregamento, temperatura, pressão da prensa devem ser controlados. Para questões de qualidade e atendimento de normas, o comprimento, largura, espessura e esquadro do painel também são verificados.

Além do processo produtivo, superfície das lâminas e características dos adesivos, propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas da madeira afetam diretamente a colagem dos painéis. Portanto, o processo de laminação deve fornecer lâminas para produção dos painéis que garanta teor de umidade e classificação visual dentro das exigências mínimas para que o processo de colagem seja eficiente.

Hus (1997) afirma que boas características da madeira para produção de painéis compensados envolvem baixa densidade, baixo teor de umidade e extrativos, transição gradual de anéis de crescimento e baixa conicidade da tora.

Dentro do contexto que o Brasil é um grande participante no mercado internacional na produção de painéis compensados, aliado a disponibilidade de plantios de *Cryptomeria japonica*

com rápido crescimento, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a viabilidade do uso da madeira desta espécie para produção de painel compensado, com diferentes gramaturas de resina ureia-formaldeído e fenol-formaldeído, utilizando lâminas de alburno e cerne.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas lâminas de *Cryptomeria japonica* obtidas a partir da laminação de toretes provenientes de um plantio de 35 anos da empresa Madem Florestamento Ltda, localizado no Município de Rio Negro, Estado do Paraná.

Foram selecionadas lâminas com espessura nominal de 2 mm, de alburno e cerne, para produção de painéis compensados experimentais de 5 lâminas, com espessura nominal de 10mm e dimensões laterais de 500mmx500mm.

No total foram produzidos 36 painéis, sendo 18 colados com resina uréia-formaldeído (UF) e 18 colados com resina fenol-formaldeído (FF). Para cada tipo de resina, foram produzidos painéis com lâminas somente de cerne, lâminas somente de alburno e painéis com a combinação de lâminas de alburno e cerne, tendo o alburno como capa e contracapa e o cerne no miolo (painel misto). Para cada grupo de painéis foi utilizada gramatura de 270 g/m<sup>2</sup> e 300 g/m<sup>2</sup>. O delineamento experimental pode ser visualizado na Tabela 1. Para cada tratamento foram produzidos 3 painéis – repetições.

**Tabela 1.** Delineamento experimental.

**Table 1.** Experimental design.

Tratamentos	Resina Ureia Formaldeído	Resina Fenol Formaldeído
T1	C - 270g/m <sup>2</sup>	C - 270g/m <sup>2</sup>
T2	A - 270 g/m <sup>2</sup>	A - 270 g/m <sup>2</sup>
T3	AC - 270 g/m <sup>2</sup>	AC - 270 g/m <sup>2</sup>
T4	C - 300g/m <sup>2</sup>	C - 300g/m <sup>2</sup>
T5	A - 300 g/m <sup>2</sup>	A - 300 g/m <sup>2</sup>
T6	AC - 300 g/m <sup>2</sup>	AC - 300 g/m <sup>2</sup>

C=Painel de Cerne, A=Painel de Alburno, AC=Painel de Alburno e Cerne (misto).

Para a produção dos painéis, as lâminas foram secas na estufa ao teor de umidade médio de 8% para lâminas de miolo e de 12% para lâminas de capa e contracapa. A formulação da batida de cola adotada para resina UF, em partes por peso foi: resina - 100, farinha de trigo - 25, água - 24,5, e catalisador - 7; para resina FF a formulação adotada foi: resina - 100, farinha de trigo - 15 e água - 15.

Após a aplicação da cola e montagem, os painéis foram mantidos fechados por um tem-

po de montagem máximo de 60 minutos. Os painéis UF foram prensados à temperatura de 100°C, pressão específica de 11 kgf/cm<sup>2</sup> e tempo de prensagem de 7 minutos. Os painéis FF foram prensados à temperatura de 135°C, pressão específica de 11 kgf/cm<sup>2</sup> e tempo de prensagem de 10 minutos.

Após a prensagem os painéis foram esquadrejados e acondicionados na câmara de climatização à temperatura de 20±2°C e umidade relativa de 65±5% até a estabilização. As propriedades físicas e mecânicas foram determinadas de acordo com a Norma Européia EN. As propriedades avaliadas foram: densidade do painel EN 323:1993 (CEN, 1993a), flexão estática paralela e perpendicular EN 310:1993 (CEN, 1993b) e cisalhamento da linha de cola EN 314:1996 (CEN, 1996). Os painéis UF foram submetidos ao pré-tratamento de 24 horas em água a temperatura ambiente e tratamento a seco; os painéis FF foram submetidos aos pré-tratamentos de 24 horas em água a temperatura ambiente, ciclo de fervura e tratamento a seco.

Salienta-se que a massa específica da madeira de cerne e alburno da *Cryptomeria japonica* foi determinada segundo a Comissão Panamericana de Normas Técnicas COPANT 461 (COPANT, 1972).

O Programa Statgraphics Plus, aplicando o método ANOVA e "teste de Tukey" foi utilizado para comparação das médias entre os resultados de MOE, MOR, cisalhamento e densidade, com um nível de confiança de 95%, tendo o teste de Bartlett aplicado para verificar a homogeneidade das variâncias. A análise também foi estendida para verificação da influência da gramatura e composição dos painéis nos resultados de MOE, MOR, cisalhamento de linha de cola e densidade.

O cisalhamento da linha de cola foi analisado também através da Tabela 2: Requirements da norma EN 314-2 (CEN, 1993c), considerando também a norma EN 326-2 (CEN, 2000).

**Tabela 2.** Exigências para verificação da qualidade de colagem.

**Table 2.** Requirements for verification of the bonding quality.

Média Resistência ao Cisalhamento FV, em N/MM	Falha na Madeira em %
0,2 ≤ fv	≥ 80
0,4 ≤ fv	≥ 60
0,6 ≤ fv	≥ 40
1,0 ≤ fv	Sem exigência

Fonte: EN 314-2

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Massa específica da madeira e dos painéis

A massa específica aparente da madeira de cerne e alburno da *Cryptomeria japonica* utilizada nesta pesquisa foram respectivamente de 0,393 e 0,473 g/cm<sup>3</sup>. Carneiro *et al.* (2009), encontraram para *Cryptomeria japonica* de 14 anos idade, valor médio de massa específica básica de 0,255 g/cm<sup>3</sup>. Já, Pereira *et al.* (2003) obtiveram para árvores de 22 anos da mesma espécie, valor médio de 0,360 g/cm<sup>3</sup>. Maiores valores de massa específica obtidos neste estudo podem ser atribuídos à maior idade do plantio e fatores relacionados às condições edafoclimáticas do local de crescimento.

Tendo em vista a maior massa específica da madeira do alburno em relação à do cerne, recomenda-se a utilização de lâminas do alburno na capa e contracapa e as do cerne no miolo do painel, para obtenção de painéis com maior resistência à flexão estática.

O fato das lâminas de cerne terem apresentado densidade inferior às lâminas de alburno, provavelmente decorre em virtude do lenho tardio das madeiras de coníferas possuir maior volume de material lenhoso, ocasionando uma maior densidade nesta parte do anel de crescimento (BURGER; RITCHER, 1991).

Os valores médios de massa específica dos painéis colados com resina ureia formaldeído (UF) e com resina fenol formaldeído (FF) são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios de massa específica dos painéis UF e FF.

**Table 3.** Average values of density – UF and FF panels.

Tratamento	Densidade painéis UF(g/cm <sup>3</sup> )	Densidade painéis FF(g/cm <sup>3</sup> )
C – 270g/m <sup>2</sup>	0,395 d	0,435 c
A - 270 g/m <sup>2</sup>	0,487 b	0,509 a
AC - 270 g/m <sup>2</sup>	0,461 c	0,526 a
C – 300 g/m <sup>2</sup>	0,393 d	0,466 b
A – 300 g/m <sup>2</sup>	0,476 bc	0,486 b
AC - 300 g/m <sup>2</sup>	0,510 a	0,520 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

A massa específica dos painéis UF e FF variou na faixa de 0,393 g/cm<sup>3</sup> a 0,526 g/cm<sup>3</sup>. Nos estudos realizados por Iwakiri *et al.* (2011) para compensados UF e FF de *Schizolobium amazonicum* foram obtidos valores médios de massa específica de 0,325 g/cm<sup>3</sup> a 0,493 g/cm<sup>3</sup>. Já, Suzuki (2005) obteve para compensados de *Cryptomeria japonica* produzidos com espessura de 9

mm e compostos de 3 lâminas, massa específica de 0,437 a 0,431 g/cm<sup>3</sup>.

Tanto para os compensados UF, quanto para os FF, os painéis compostos com lâminas do cerne resultaram em menor massa específica, comprovando a influência da massa específica das lâminas na massa específica dos painéis compensados.

A Tabela 4 mostra que, com relação à variação na gramatura, a análise estatística não evidenciou influência sobre a densidade dos painéis.

**Tabela 4.** Influência da gramatura na propriedade densidade.

**Table 4.** Influence of the glue quantity in the density property.

Gramatura	Resina Ureia Formaldeído		Resina Fenol Formaldeído	
	ME (g/cm <sup>3</sup> )	CV (%)	ME (g/cm <sup>3</sup> )	CV (%)
270 g/m <sup>2</sup>	0,444 a	11,12	0,490 a	9,28
300 g/m <sup>2</sup>	0,462 a	10,83	0,491 a	6,39

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

A análise estatística entre as diferentes composições dos painéis revela que a massa específica dos painéis de alburno e mistos são estatisticamente iguais, tanto para os painéis uréicos como para os painéis fenólicos, conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Influência das diferentes composições na propriedade densidade.

**Table 5.** Influence of the different compositions in the density property.

Tratamento	Resina UF	Resina FF
	ME (g/cm <sup>3</sup> )	ME (g/cm <sup>3</sup> )
Cerne	0,394 b	0,451 b
Alburno	0,482 a	0,515 a
Misto	0,486 a	0,506 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

### Flexão estática

Os valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) em flexão estática paralela e perpendicular dos painéis UF estão apresentados na Tabela 6.

Os resultados da Tabela 6 indicam que para o MOE e MOR paralelo os painéis produzidos com lâminas do alburno e os painéis mistos apresentaram médias estatisticamente superiores em relação aos painéis produzidos com lâminas do cerne. Este resultado indica a influência da menor massa específica das lâminas do cerne na redução das propriedades de flexão estática dos painéis compensados. Os resultados foram similares para as duas gramaturas utilizadas.

**Tabela 6.** Resultados de flexão estática paralela e perpendicular – painéis UF.**Table 6.** Results of static parallel and perpendicular bending– UF panels.

Tratamentos	Flexão paralela (MPa)		Flexão perpendicular (MPa)	
	MOE	MOR	MOE	MOR
C – 270g/m <sup>2</sup>	2592,58 b	21,83 b	1247,08 b	15,50 bc
A - 270 g/m <sup>2</sup>	4842,08 a	37,30 a	1842,41 a	18,55 ab
AC - 270 g/m <sup>2</sup>	5722,26 a	43,44 a	1290,06 b	12,07 c
C – 300g/m <sup>2</sup>	2968,75 b	24,45 b	1140,52 b	15,13 bc
A – 300 g/m <sup>2</sup>	5006,71 a	38,30 a	1355,16 b	12,19 c
AC - 300 g/m <sup>2</sup>	5174,88 a	36,87 a	2000,69 a	22,07 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

Para o MOE e MOR perpendicular não foram constatadas relações bem definidas quanto à influência da composição dos painéis com lâminas de alburno, cerne e mistas, e aumento na gramatura de 270 g/cm<sup>2</sup> para 300 g/cm<sup>2</sup>.

Os valores médios de módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR) em flexão estática paralela e perpendicular dos painéis FF estão apresentados na Tabela 7.

Os resultados de MOE e MOR na direção paralela obtidos para os painéis de lâminas do alburno e mistos produzidos com gramatura de 270 g/m<sup>2</sup> foram estatisticamente equivalentes entre si e superior em relação aos painéis compostos com lâminas do cerne. Portanto, a menor massa específica das lâminas do cerne contribuiu para redução nos valores de MOE e MOR paralelo.

Para os painéis produzidos com gramatura de 300 g/m<sup>2</sup>, o MOE paralelo dos painéis mistos foi estatisticamente igual aos painéis compostos de lâminas de alburno e superior aos painéis com lâminas do cerne. Já, para o MOR paralelo, não foram constatadas diferenças sig-

nificativas entre os painéis produzidos com lâminas do cerne, alburno e da composição de lâminas do alburno e cerne.

O incremento na gramatura de 270 para 300 g/m<sup>2</sup> contribuiu para aumento no MOE e MOR paralelo somente nos painéis compostos com lâminas do cerne.

Para o MOE e MOR perpendicular não foram constatadas relações bem definidas quanto à influência da composição dos painéis com lâminas de alburno, cerne e mistas, e aumento na gramatura de 270 g/cm<sup>2</sup> para 300 g/cm<sup>2</sup>.

Já na análise estatística apresentada na Tabela 8, para verificação da influência da variação na gramatura, é mostrado que esta variação não teve influência nos resultados de flexão estática, tanto para os painéis de colagem uréica como para os painéis de colagem fenólica na direção paralela e perpendicular.

Os resultados da Tabela 9 apresentam que a propriedade flexão estática dos painéis de colagem uréica não sofreu influência pela variação da composição dos painéis para o MOR na direção perpendicular. No entanto, foi evidenciado

**Tabela 7.** Resultados de flexão estática paralela e perpendicular – painéis FF.**Table 7.** Results of static parallel and perpendicular bending– FF panels.

Tratamentos	Flexão paralela (MPa)		Flexão perpendicular (MPa)	
	MOE	MOR	MOE	MOR
C – 270g/m <sup>2</sup>	3387,63 d	26,92 c	1638,30 b	19,00 bc
A - 270 g/m <sup>2</sup>	8185,27 a	56,63 a	1243,71 b	17,08 c
AC - 270 g/m <sup>2</sup>	7078,71 ab	45,85 ab	2396,88 a	26,71 a
C – 300g/m <sup>2</sup>	4917,81 c	41,37 b	1509,93 b	18,82 bc
A - 300 g/m <sup>2</sup>	5971,31 bc	39,96 bc	2223,27 a	25,35 ab
AC – 300 g/m <sup>2</sup>	6494,21 ab	46,48 ab	1346,65 b	19,19 bc

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

**Tabela 8.** Influência da gramatura na propriedade flexão estática.**Table 8.** Influence of the glue quantity in static parallel and perpendicular bending.

Direção	Flexão estática	Resina uréica		Resina fenólica	
		270 g/cm <sup>2</sup>	300 g/cm <sup>2</sup>	270 g/cm <sup>2</sup>	300 g/cm <sup>2</sup>
Paralelo	MOE	34,19 a	33,01 a	43,13 a	42,60 a
	MOR	4385,64 a	4359,47 a	6.221,71 a	5.894,44 a
Perpendicular	MOE	15,38 a	16,52 a	20,93 a	21,12 a
	MOR	1.459,85 a	1.506,72 a	1.759,63 a	1.696,62 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

que os painéis de alburno e mistos são estatisticamente iguais entre si e superior no cerne para o MOE e MOR na direção paralela e MOE na direção perpendicular.

A influência da composição do painel de colagem fenólica na propriedade flexão estática é apresentada na Tabela 10. O resultado do painel fenólico se diferenciou do painel uréico na direção perpendicular, em que no MOE e MOR não houve diferença estatística entre as diferentes composições.

Em virtude da coloração marrom-clara da lâmina do cerne da criptomeria ter uma forte aceitação no mercado externo, aliada à sua baixa densidade, a qual no presente estudo foi inferior à 0,400 g/cm<sup>3</sup>, recomenda-se a utilização das lâminas do cerne na capa e contracapa em painéis tais como decorativos, em aplicações internas e não estruturais que não requerem alta resistência mecânica.

Análises comparativas com valores referenciais da literatura indicam que os painéis de alburno e mistos com colagem UF apresentaram resultados de flexão estática iguais ou superiores em relação aos valores obtidos por Stella (2009) para painéis compensados de paricá, cujos valores variaram de 4932,86 a 5402,98 MPa e 29,86 a 35,08 MPa no MOE e MOR, respectivamente, no sentido paralelo. Já no sentido perpendicular, os valores variaram de 1554,17 a 1738, 28 MPa no MOE e de 16,80 a 17,32 MPa no MOR.

Destaca-se ainda que os painéis do estudo de Stella (2009) possuíam espessura de 13mm e 5 lâminas e foi considerada a variação de gramatura de 320 g/m<sup>2</sup> e 380 g/m<sup>2</sup>, a qual é superior ao do presente estudo.

Quanto aos painéis com colagem FF, com exceção dos painéis produzidos com gramatura

de 270 g/m<sup>2</sup> e lâminas do cerne, os resultados de MOE paralelo foram superiores aos valores referenciados por ABIMCI (2007), para compensados comerciais de pinus, cujos valores de MOE e MOR no sentido paralelo variaram de 3100,72 a 7063,29 MPa e 27,38 a 63,58 , respectivamente. No sentido perpendicular, o MOE foi de 1762,90 a 4047,22 MPa e no MOR variou de 20,58 a 45,27 MPa.

Iwakiri *et al.* (2011) realizaram um estudo de painéis compensados UF e FF produzidos a partir de 5 lâminas de *Schizolobium amazonicum* (paricá) de 2mm de espessura, com densidade média de 0,31 g/cm<sup>3</sup>, considerando na colagem duas variações de gramatura, 280 e 320 g/m<sup>2</sup>.

Obtiveram para compensados UF, valores de MOE paralelo e perpendicular na faixa de 3.444 a 4.234 MPa e 1.230 a 1.586 MPa, respectivamente, e para o MOR paralelo e perpendicular os valores obtidos foram na faixa de 23,4 a 33,2 MPa e 11,2 a 19,1 MPa, respectivamente. Para compensados FF, os autores encontraram valores de MOE paralelo e perpendicular na faixa de 3.965 a 5.279 MPa e 1.165 a 1.623 MPa, respectivamente, e para o MOR paralelo e perpendicular os valores obtidos foram de 21,2 a 32,6 MPa e 12,1 a 17,1 MPa, respectivamente.

Em comparação com os resultados obtidos por Iwakiri *et al.* (2011), com exceção dos painéis compostos com as lâminas do cerne, os painéis UF do presente estudo foram superiores aos de paricá no MOE paralelo e perpendicular, assim como superiores também no MOR paralelo e perpendicular, independentemente da composição dos painéis. Os painéis fenólicos de *Cryptomeria japonica* foram superiores no MOE e MOR paralelo e perpendicular.

**Tabela 9.** Influência da composição do painel de colagem uréica na propriedade flexão estática.

**Table 9.** Influence of the panel composition of ureic glue in the parallel and perpendicular static bending.

Tratamento	Paralelo		Perpendicular	
	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Cerne	23,13 b	2.780,66 b	15,33 a	1.193,80 b
Alburno	37,77 a	4.919,55 a	15,37 a	1.598,78 a
Misto	41,35 a	5.448,57 a	17,07 a	1.561,96 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

**Tabela 10.** Influência da composição do painel de colagem fenólica na propriedade flexão estática.

**Table 10.** Influence of the panel composition of phenolic glue in the static parallel and perpendicular bending.

Tratamento	Paralelo		Perpendicular	
	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)
Cerne	34,15 b	4.152,72 b	18,91 a	1.574,11 a
Alburno	48,29 a	7.078,29 a	21,22 a	1.738,49 a
Misto	46,16 a	6.936,46 a	22,95 a	1.871,76 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.

## Cisalhamento de linha de cola

Na Tabela 11 estão apresentados os valores médios obtidos no ensaio de cisalhamento para os painéis de colagem uréica, onde pode ser observado que no tratamento a seco não existe diferença estatística, independentemente da composição de lâminas e variação de gramatura utilizada na fabricação dos compensados. No teste em 24 horas em água a temperatura ambiente, não foi constatada diferenças significativas entre as médias obtidas para os painéis produzidos com gramatura de 270 g/m<sup>2</sup>. Já para painéis produzidos com gramatura de 300 g/m<sup>2</sup>, os painéis compostos com lâminas somente de cerne foram superiores em relação aos painéis mistos.

**Tabela 11.** Resultados de cisalhamento da linha de cola – painéis UF.

**Table 11.** Results of glue line shear strength – panels UF.

Tratamentos	Seco	24h em água a temperatura ambiente
C – 270g/m <sup>2</sup>	0,80 a	0,73 ab
A - 270 g/m <sup>2</sup>	0,81 a	0,82 a
AC - 270 g/m <sup>2</sup>	0,69 a	0,73 ab
C – 300g/m <sup>2</sup>	0,92 a	0,82 a
A - 300 g/m <sup>2</sup>	0,80 a	0,76 ab
AC – 300 g/m <sup>2</sup>	0,71 a	0,51 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.  
Os valores são em MPa.

**Tabela 12.** Resultados de cisalhamento da linha de cola – painéis FF.

**Table 12.** Results of glue line shear strength – panels FF.

Tratamentos	Seco	24h em água a temperatura ambiente	Ciclo de fervura
C – 270g/m <sup>2</sup>	1,05 a	0,83 ab	0,70 a
A - 270 g/m <sup>2</sup>	1,02 a	0,76 b	0,75 a
AC - 270 g/m <sup>2</sup>	1,06 a	0,92 ab	0,77 a
C – 300g/m <sup>2</sup>	1,20 a	0,85 ab	0,80 a
A - 300 g/m <sup>2</sup>	1,03 a	1,09 a	0,77 a
AC – 300 g/m <sup>2</sup>	1,08 a	0,79 b	0,73 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.  
Os valores são em MPa.

**Tabela 13.** Influência da gramatura na propriedade cisalhamento na linha de cola.

**Table 13.** Influence of the glue quantity in the glue line shear strength.

Gramatura	Resina uréica			Resina fenólica		
	Seco	24h em água T.A	Ciclo fervura	Seco	24h em água T.A	Ciclo fervura
270 g/cm <sup>2</sup>	0,77 a	0,76 a	-	1,04 a	0,84 a	0,74 a
300 g/cm <sup>2</sup>	0,81 a	0,69 a	-	1,10 a	0,91 a	0,75 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.  
Os valores são em MPa.

**Tabela 14.** Influência da composição do painel na propriedade cisalhamento na linha de cola.

**Table 14.** Influence of the panel composition in the glue line shear strength.

Tratamento	Resina uréica			Resina fenólica		
	C	A	AC	C	A	AC
Seco	0,86 a	0,81 a	0,70 a	1,13 a	1,03 a	1,07 a
5.1.1 (24h em água T.A)	0,77 ab	0,78 a	0,62 b	0,84 a	0,93 a	0,86 a
Ciclo fervura				0,75 a	0,73 a	0,75 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de probabilidade de 95%.  
Os valores são em MPa.

Na Tabela 12 estão apresentados os valores médios obtidos para ensaios de cisalhamento dos painéis fenólicos. Os resultados indicam que não houve influência significativa da variação da gramatura e composição do painel nos ensaios a seco e ciclo de fervura. Entretanto, no pré-tratamento em 24 horas em água a temperatura ambiente, o melhor resultado foi obtido para os painéis de alburno produzidos com gramatura de 300 g/cm<sup>2</sup>, diferenciando-se estatisticamente em relação aos painéis de alburno produzidos com gramatura de 270 g/cm<sup>2</sup> e painéis mistos com gramatura de 300 g/cm<sup>2</sup>.

É evidenciado na Tabela 13 que não há influência da variação da gramatura na propriedade de cisalhamento na linha de cola, mas que, em geral os valores médios foram superiores para a gramatura 300 g/cm<sup>2</sup>.

A Tabela 14 apresenta que para resina uréica, no tratamento a seco, a composição não influenciou nos resultados de cisalhamento de linha de cola. No entanto, no pré-tratamento 24 horas em água a temperatura ambiente, os painéis de alburno são estatisticamente iguais aos painéis de cerne e se diferem estatisticamente aos painéis mistos. Já para os painéis colados com resina fenólica, é mostrado que as diferentes composições não diferem estatisticamente no tratamento a seco, no pré-tratamento 24 horas em água a temperatura ambiente, assim como no pré-tratamento ciclo de fervura.

Na comparação com os valores referenciais da Norma Europeia EN 314 (CEN, 1996), os painéis produzidos com resina UF não atenderam aos requisitos mínimos. Já para os painéis produzidos com resina FF, os resultados foram satisfatórios no tratamento a seco e no pré-tratamento 24 horas em água a temperatura ambiente.

A baixa densidade da madeira de *Cryptomeria japonica* pode ter contribuído na formação da linha de cola "faminta", conforme menciona Marra (1993) como um dos fatores importantes na ancoragem do adesivo entre as lâminas. A viscosidade da batida de cola pode ser aumentada para reduzir a penetração do adesivo na estrutura porosa da madeira. Outro ponto importante é com relação à gramatura da cola, que foi trabalhada um pouco abaixo e um pouco acima do mínimo indicado pelo PNQM – Programa Nacional de Qualidade da Madeira.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados dos ensaios de flexão estática, cisalhamento da linha de cola e massa específica dos painéis obtidos nesta pesquisa e na comparação com resultados obtidos por outros pesquisadores para os painéis de pinus e paricá, pode se afirmar que a madeira de *Cryptomeria japonica* apresenta potencial para produção de painéis de madeira compensada.

Os painéis de alburno e mistos, tanto para os colados com resina UF quanto para os colados com a resina FF, resultaram em maiores valores de flexão estática e massa específica dos painéis.

Os resultados de cisalhamento da linha de cola dos painéis produzidos com resina UF não atingiram o valor mínimo exigido pela norma EN 314-2 (CEN, 1993c). Os painéis produzidos com resina FF apresentaram resultados satisfatórios em relação à norma EN 314-2 (CEN, 1993c) para o teste seco e no pré-tratamento 24 horas em água a temperatura ambiente.

De uma maneira geral, a variação da gramatura não teve influência nos resultados de flexão estática, cisalhamento na linha de cola e massa específica dos painéis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Painéis de compensado de pinus - Catálogo Técnico**. Curitiba: ABIMCI, 2007. 4p.

BRASIL. Alice Web. **Sistema de análise de informações de comércio exterior**. Disponível em: <<http://www.aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 05 mar. 2011.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel S.A, 1991. 154p.

CARNEIRO, M.E.; BITTENCOURT, E.; MUNIZ, G.I.B. **Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D. Don. Floresta**, Curitiba, v.39, n.4, p.913-920, 2009.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 326-1 – sampling, cutting and inspection of wood based panels products**. Bruxelas, 2000.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 314:1 - Colagem do Compensado de Madeira – Qualidade – Parte1: Método de Teste**. Bruxelas, 1996.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 323 – wood based panels – determination of density**. Bruxelas, 1993a.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 310 – Determinação do módulo de elasticidade**. Bruxelas, 1993b.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 314-2 - Colagem do Compensado de Madeira – Qualidade – Parte 2: Exigências de Teste**. Bruxelas, 1993c.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **European Standard EN 326-1 – sampling, cutting and inspection of wood based panels products**. Bruxelas, 2000.

COPANT - COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **COPANT 461: Maderas: método de determinación del peso específico aparente**. Caracas 1972.

GAY, P. **L'Atlas du bois**. Paris: Editions de Monza, 2001. 251p.

HSU, W.E. **Wood quality requirements for panel products**. IUFRO INTERNATIONAL WOOD QUALITY WORKSHOP, 1997, Quebec. **Proceedings...** Viena: IUFRO, 1997. 4p.



- IWAKIRI, S.; VARGAS, C.A.; PARCHEN, C.F.A.; WEBER, C.; BATISTA, C.C.; GARBE, E.A.; CIT, E.J.; PRATA, J.G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. *Floresta*, Curitiba, v.41, n.3, p.451-458, 2011.
- MARRA, A.A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453p.
- MATTOS, R.L.G.; GONÇALVES, R.M.; CHAGAS, F.B. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n 27, p.121-156, 2008.
- PARK, H.M., FUSHITANI, M. Effects of component ratio of the face and core laminate on static bending strength performance of three-ply cross-laminated wood panels made with sugi (*Cryptomeria japonica*). *Wood and Fiber Science*, Madison, v.38, n.2, 2006, p.278-291.
- PEREIRA, J.C.D.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. **Propriedades da madeira do cedrinho japonês**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4p. (Comunicado técnico, n. 88).
- SUZUKI, S. Using cedar plantation materials for wood based composites in Japan. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 22., 2005, Brisbane. **Proceedings...** Viena: IUFRO, 2005. USDA Scientific Session 90.
- STELLA, J.C. **A influência de variáveis do ciclo de prensagem e gramatura de cola nas propriedades mecânicas de compensado de paricá (*Schizolobium amazonicum*)**. Curitiba. 2009. 51p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

Recebido em 10/06/2012  
Aceito para publicação em 09/11/2012

