

ANÁLISE NUMÉRICA CONCERNENTE ÀS ESPESSURAS DAS CAMADAS DE PAINÉIS OSB

NUMERICAL ANALYSIS CONCERNING THE THICKNESS OF LAYERS OF OSB PANELS

Julio Soriano^{1*}, Juliano Fiorelli², Lucas S. Peixoto³, Wanley E. Lopes Junior⁴,
Guilherme H. Barbirato⁵, Romulo Martins⁶

⁽¹⁾ Professor Livre Docente. FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil

⁽²⁾ Professor Livre Docente. FZEA, Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil

⁽³⁾ Mestrando em Eng. Agrícola, FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil

⁽⁴⁾ Mestrando em Eng. e Ciência de Materiais, FZEA, Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil

⁽⁵⁾ Doutorando em Eng. e Ciência de Materiais, FZEA, Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil

⁽⁶⁾ Mestrando em Eng. e Ciência de Materiais, FZEA, Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil

* Contato: julio.soriano@feagri.unicamp.br

CÓDIGO: 4619246

Resumo

Os painéis OSB (Oriented Strand Boards) possibilitam o uso de madeira de florestas jovens, bem como o aproveitamento de resíduos da indústria madeireira. A rigidez do painel se deve às propriedades elásticas da matéria prima, bem como da orientação das partículas (strands) geralmente dispostas em três camadas. Esta pesquisa objetivou avaliar a influência das espessuras das camadas na rigidez de painéis OSB fletidos. Painéis retangulares (400 mm x 240 mm) e quadrados (400 mm x 400 mm) foram discretizados com elementos Shell 181 do software Ansys (R19-1), levando-se em conta as propriedades elásticas e ortotrópicas (coeficientes de Poisson e módulos de elasticidade longitudinal e transversal) das camadas externas (e) e interna (i). Os deslocamentos verticais e as tensões normais de flexão foram avaliados em função da relação i/h , com h representando a espessura total do painel. Com o aumento de i/h , as flechas nos painéis quadrados foram reduzidas e aumentaram nos painéis retangulares. Para ambos os formatos de painéis, por efeito do aumento dos valores i/h , as tensões normais resultaram moderadamente crescentes segundo a direção paralela ao eixo de orientação das camadas externas e, na direção transversal as tensões foram decrescentes. Com base nos resultados desta pesquisa pode-se concluir pela viabilidade da relação $i/h=0,6$ na constituição das camadas de painéis OSB.

Palavras-chave: rigidez a flexão, flechas, tensões normais, método dos elementos finitos.

Abstract

Oriented Strand Board (OSB) panels enable to the use of wood from young forests, as well as the use of waste from the timber industry. The stiffness of the panel is due to the elastic properties of the raw material as well as the orientation of the strands, generally arranged in three layers. This research aimed to evaluate the influence of layers thickness on the stiffness of OSB panels under flexure. Rectangular (400 mm x 240 mm) and quadratic (400 mm x 400 mm) panels were discretized by Shell 181 elements of the Ansys software (R19-1), taking into account the elastic and orthotropic properties (Poisson coefficients and longitudinal and transverse elasticity) of the external (e) and inner (i) layers. The vertical displacements and the bending normal stresses were evaluated as a function of the i/h ratio, with h representing the total thickness of the panel. It was noted that with the increase of i/h ratio, the vertical displacements in the quadratic panels were reduced and, increased in the rectangular panels. As a result of the increase of the i/h values, in both panel formats, the normal stresses were moderately increasing in the direction parallel to the orientation axis of the external layers, and in the transverse direction the stresses resulted decreasing. It was possible to conclude the feasibility of the relation $i/h = 0.6$ in the composition of the OSB panel layers.

Keywords: bending stiffness, vertical displacement, normal stress, finite element method.



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de produtos compósitos de madeira tem proporcionado soluções mais eficientes para a utilização dos recursos florestais, dentre os quais os painéis de OSB são formados pela matriz composta por finas lascas ('strands') de madeira com adesivo estrutural e disposta em três camadas orientadas (Iwakiri et al. 2005; FPL 2010; Shmulsky and Jones 2011; Stokke 2014). São produtos cuja forma laminada possibilita o uso em construção de paredes, forros de coberturas e pisos, bem como na composição de vigas do tipo I ou caixão.

No processo de fabricação dos laminados OSB se faz possível controlar as dimensões, as proporções e a orientação das partículas em cada uma das camadas do painel. Esse controle na produção do OSB, é essencial para que se tenha uma maior resistência à flexão e a maior rigidez do painel, que em grande parte são atribuídas a orientação paralela dos 'strands' (FPL 2010; Shmulsky and Jones 2011). Segundo Thomas (2003) e Plenzler, Niewiadomska and Mielcarek (2013), a rigidez do painel OSB é função das propriedades ortotrópicas da madeira utilizada, bem como da espessura de cada camada. A norma EN 300:2002 estabelece requisitos mínimos para painéis de OSB que são classificados em quatro tipos. No caso de placas do tipo OSB/1 (para usos gerais, incluindo-se mobiliários, interiores, utilizados em ambiente secos), com espessuras de 6 a 10 mm, os módulos de ruptura (MOR) devem ser de mínimo 20 e 10 MPa para as direções longitudinal e transversal, respectivamente.

A modelagem computacional é uma ferramenta importante para a avaliação e o entendimento do comportamento dos produtos compósitos de madeira, cuja estrutura pode ser representada por elementos finitos, como por exemplo na modelagem de painéis OSB por elementos do tipo casca (Pang 2005; Chen, Yan and Cooper 2008) ou do tipo sólido (Zhu et al. 2005). A complexidade dos materiais compósitos de madeira tem sugerido a implementação de modelos sólidos de homogeneização que considere as características da microestrutura do material (Holmberg, Persson and Peterson 1988; Wu, Lee and Han 2004).

Esta pesquisa teve por objetivo a análise da influência das espessuras das camadas discretizadas na rigidez de painéis OSB, em que as flechas e as tensões normais foram obtidas pela modelagem computacional.

2. METODOLOGIA

Para se alcançar os objetivos deste trabalho foram simulados painéis com formatos quadrado (400 mm x 400 mm) e retangular (400 mm x 240 mm), ambos os formatos com espessura total (h) de 10 mm. Os painéis foram formados por três camadas (Figura 1), sendo as duas externas (e) e a interna (i), com os resultados discutidos em função da relação (i/h).

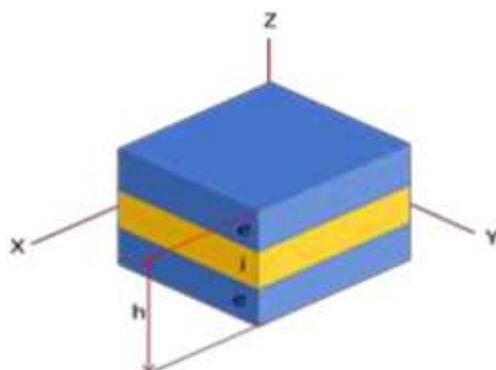


Figura 1: Representação das três camadas do painel

A variação da composição da espessura total do painel foi estabelecida pela relação i/h com valores no intervalo de 0 a 0,8 e para essas combinações tem-se os valores inteiros para as respectivas espessuras das camadas (Tabela 1).

Tabela 1: Relações i/h para painéis OSB com três camadas e 10 mm de espessura

i/h	0	0,2	0,4	0,6	0,8
i (mm)	0	2	4	6	8
e (mm)	5	4	3	2	1

Para cada valor do parâmetro i/h foram obtidos os deslocamentos verticais, os quais foram empregados na análise da rigidez do compósito. Também foram obtidas para análise as tensões normais nas direções que caracterizam a placa X e Y (segundo as coordenadas globais).

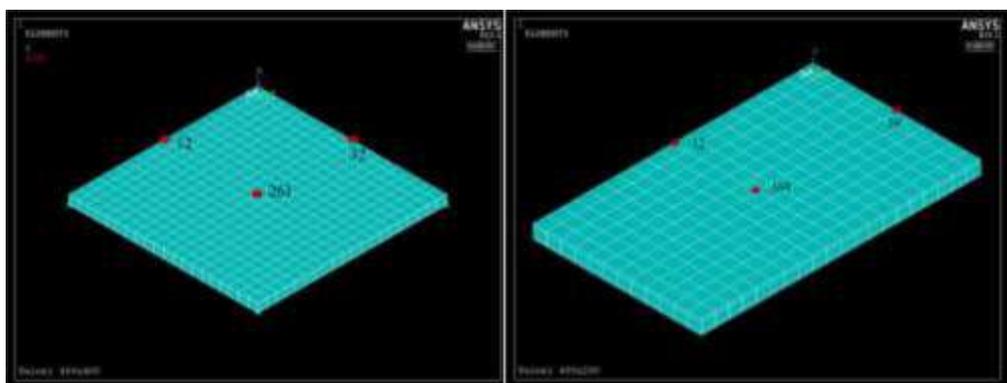
2.1. Propriedades do material

As propriedades mecânicas empregadas para análise elástica foram obtidas da pesquisa publicada por Thomas (2003), sendo os módulos de Young ($E_x = 3550$ MPa; $E_y = E_z = 2320$ MPa), coeficientes de Poisson ($\nu_{xy} = 0,23$; $\nu_{yz} = \nu_{xz} = 0,16$) e os módulos de cisalhamento ($G_{xy} = G_{yz} = G_{xz} = 1230$ MPa). Como propriedade física essencial para se considerar os efeitos de peso próprio dos painéis empregou-se uma densidade média de $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

2.2. Modelagem dos painéis

Cada um dos painéis foi discretizado com elementos finitos do tipo Shell 181 (Ansys, R19-1) e com a atribuição de modelagem da seção transversal em camadas (Figura 2). O painel de formato quadrado foi modelado com 400 elementos e 441 nós, e o painel retangular com 240 elementos e 273 nós. Na Figura 2 são destacados os nós para os quais os resultados da simulação foram essenciais na discussão deste trabalho. As condições de

contorno de cada painel consistiram na aplicação de apoios fixos em cada uma das extremidades, restringindo os deslocamentos verticais desses pontos e, também, foi impedida a rotação de cada painel em torno do eixo vertical (Z).



(A)

(B)

Figura 2: Malha de elementos finitos. (A) painel 400x400; (B) painel 400x240

As camadas de cada painel, conforme Figura 3, foram orientadas segundo as coordenadas globais (X, Y, Z), sendo as duas camadas externas (1 e 3) dispostas na direção X (direção 0°) e a camada interna orientada segundo a direção Y (direção 90°).

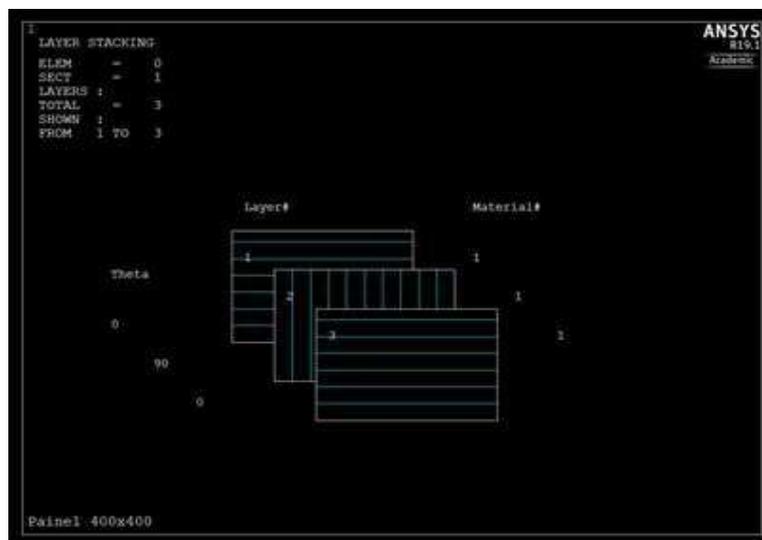


Figura 3: Camadas orientadas para formação do painel OSB

As simulações foram realizadas com incrementos de carga uniformemente distribuída na superfície de cada painel. Para se considerar a ação de peso próprio do painel, cuja densidade é igual a $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, foi ativada a aceleração de $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ segundo o eixo Z. Com isto, ação do próprio foi equivalente a uma ação uniformemente distribuída igual a $6,38\cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os efeitos de variação das espessuras das camadas foram quantificados por relações percentuais das flechas (deslocamentos verticais) e das tensões normais obtidas para o correspondente carregamento de peso próprio dos painéis. Em se assumindo um modelo elástico linear, esses efeitos aqui discutidos para a relação i/h se mantêm para quaisquer outros incrementos de carga. Foram consideradas as relações i/h variando de 0 a 0,8. No caso do primeiro valor (0) trata-se apenas de um parâmetro teórico correspondendo a um painel de camada única (igual a espessura total) e que foi utilizado como referência para avaliação dos efeitos da relação i/h . Tipicamente, o painel OSB é caracterizado pela fabricação em camadas formadas por 'strands' com espessuras da ordem de 0,6 a 0,75 mm (FPL 2010; Shmulsky and Jones 2011).

3.1. Efeito do parâmetro i/h na flecha

Para cada valor do parâmetro i/h foi determinada a flecha (deslocamento vertical máximo) no ponto central de cada painel (Tabela 2), representados pelos nós 261 e 169, para os painéis 400x400 e 400x240, respectivamente.

Tabela 2: Flechas (mm) obtidas com carregamento de peso próprio dos painéis

i/h	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Painel 400x400	0,17572	0,17548	0,17394	0,17081	0,16857
Painel 400x240	0,08388	0,08403	0,0851	0,0880	0,0965

As diferenças nas flechas devidas aos incrementos do parâmetro i/h (Figura 4) mostraram que esse efeito é não linear. Em relação ao valor $i/h=0$ o aumento da camada interna fez reduzir os deslocamentos do painel de forma quadrada (400x400) e, por outro lado, fez aumentar a flecha do painel retangular (400x240).

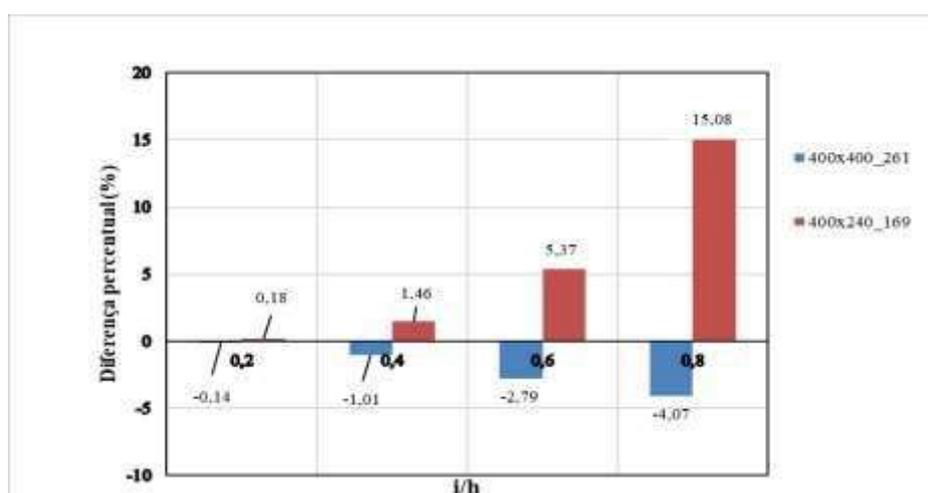
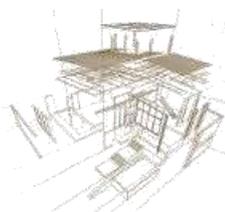


Figura 4: Efeito da relação i/h nos deslocamentos verticais, no central dos painéis 400x400 e 400x240



Para o painel 400x400, observam-se os maiores benefícios para as relações i/h 0,6 e 0,8, com as quais as flechas foram reduzidas da ordem de 2,79% e 4,07%, respectivamente.

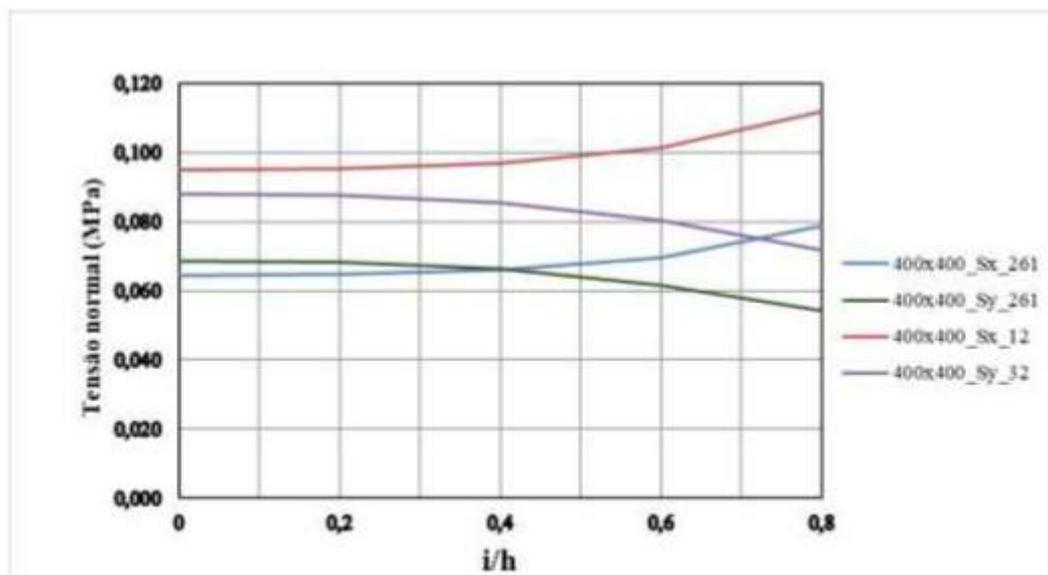
No caso do painel retangular (400x240) o efeito do incremento de i/h implicou no aumento da flecha de forma muito significativa, tendo resultado numa diferença de 15,08% para a relação 0,8. Por esse acréscimo de flecha, no caso em que o Estado Limite de Serviço é uma limitante de projeto, a relação $i/h=0,8$ para o painel retangular deixa de ser de interesse.

As relações i/h 0,2 e 0,4 implicam em pequenos aumentos da flecha para um painel retangular e, as relações i/h 0,6 e 0,8 intensificam a redução de flechas para painéis quadrados. No entanto, para um painel com espessura de 10 mm há de se considerar que a relação extrema $i/h=0,2$ resulta numa camada interna com apenas 2 mm e, para $i/h=0,8$ as camadas externas terão a espessura de apenas 1 mm, podendo implicar na exequibilidade da fabricação do painel.

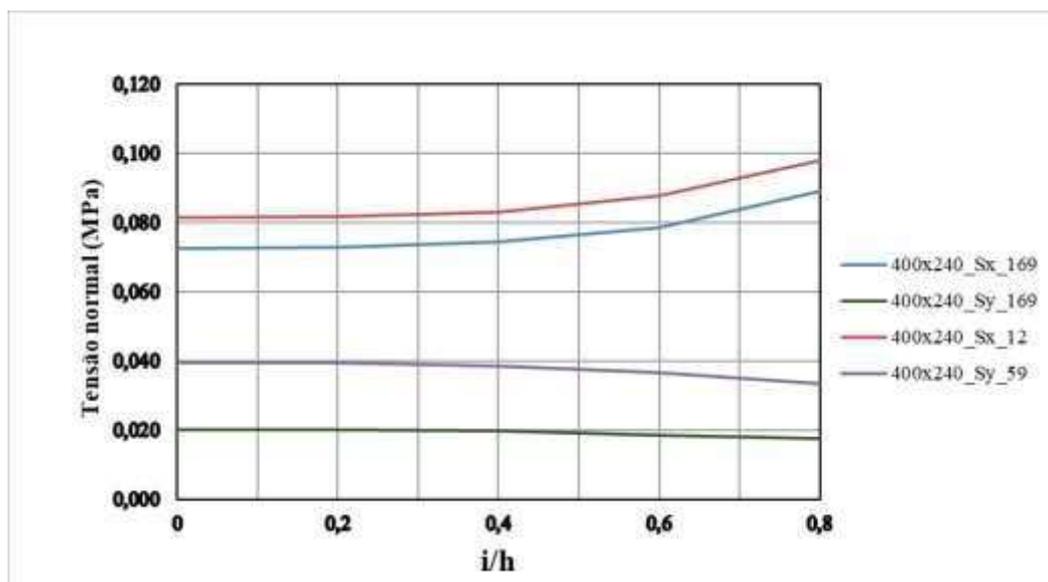
3.2. Efeito do parâmetro i/h nas tensões normais

Para a análise das tensões normais foram considerados os efeitos na posição central do painel 400x400 (Figura 5A) no correspondente nó 261 e, no nó 169 do painel 400x240 (Figura 5B). Também foram avaliados os efeitos sobre as tensões normais críticas (máximas) para as bordas dos painéis, nos respectivos nós 12 e 32 (Painel 400x400) e, 12 e 59 (Painel 400x240). Na região central do painel 400x400 (nó 261), conforme Figura 5A, os valores das tensões normais se aproximam ($S_x \sim S_y$), havendo uma inversão de intensidade de tensão para $i/h=0,4$ e as diferenças foram mais acentuadas para a relação $i/h=0,8$ ($S_{x_261} > S_{y_261}$). Portanto, o aumento da camada interna (com menor módulo de elasticidade) implicou para a posição central no aumento das tensões solicitantes S_x (direção X) e, simultaneamente, reduziu as tensões S_y (direção Y). Nas bordas do painel 400x400 foram obtidas as tensões críticas segundo as direções longitudinal (S_{x_12}) e transversal (S_{y_32}).

Para o painel 400x240 (Figura 5B) na região central tem-se as tensões $S_{x_169} \gg S_{y_169}$, cujas diferenças se intensificaram com o aumento da relação i/h . Analogamente ao observado com o painel quadrado, o aumento da camada interna fez aumentar as tensões S_x e S_y . A tensão crítica também ocorreu no ponto de borda (S_{x_12}).



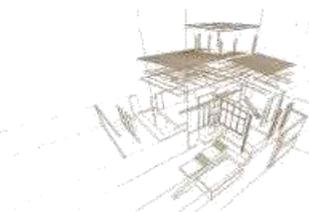
(A)



(B)

Figura 5: Efeito da relação i/h nas tensões normais. (A) painel 400x400; (B) painel 400x240

Da análise das tensões normais deve-se considerar que a EN 300:2002 estabelece $MOR_{Longitudinal} \gg MOR_{Transversal}$, e que para o caso desta pesquisa a relação entre os valores mínimos do $MOR_{Longitudinal}$ (20 MPa) e $MOR_{Transversal}$ (10 MPa) resulta igual a 2,0. As relações entre as tensões solicitantes na direção X (máxima) e na direção Y (mínima) são apresentadas na Figura 6, mostrando para o painel 400x400 que $i/h=0,8$ implicou na relação entre tensões (Sx_{12}/Sy_{261}) igual a 2,06, superando, assim, a relação com os limites inferiores da EN 300:2002. Para os valores de i/h 0,2 a 0,6, mesmo que a tensão normal solicitante atinja o valor limite mínimo estabelecido para a direção transversal, na direção X as tensões resultarão aquém do limite ($= 2,0$). Nota-se que a aproximação ao valor limite se dá acima de $i/h=0,6$.



Para o painel retangular, em todos os casos de i/h tem-se que a relação entre tensões normais (S_x_{12} / S_y_{169}) resultou maior que 2,0. Com isto, uma vez fixado o valor mínimo de resistência para a direção longitudinal, como consequência na direção transversal a tensão solicitante resultará muito aquém do valor limite mínimo normalizado (o qual o painel deverá atender como requisito de fabricação), o que demonstra o mal aproveitamento das propriedades do painel segundo a direção Y.

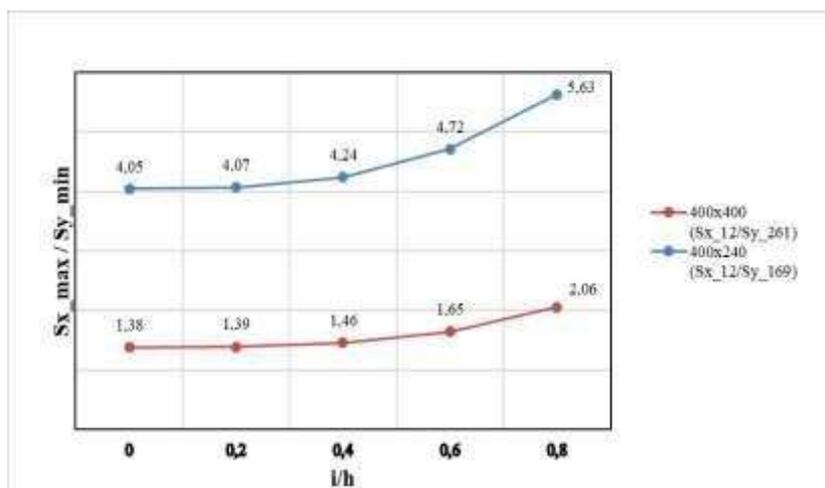


Figura 6: Relação das tensões longitudinal e transversal relativas ao parâmetro i/h

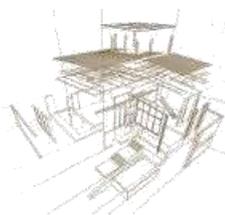
Tendo por base as discussões concernentes aos deslocamentos verticais e às tensões solicitantes em painéis de OSB, formados por três camadas, com forma quadrada e retangular, bem como as espessuras das camadas que tornam exequíveis a fabricação de painéis, conclui-se como mais apropriada a relação $i/h=0,6$. Para este valor destacam-se principalmente os benefícios de reduções das flechas para o painel quadrado e o melhor aproveitamento dos limites para as tensões normais. No caso do painel retangular verificou-se que a flecha aumentou acentuadamente com a variação de i/h no intervalo de 0,6 a 0,8.

Os resultados desta pesquisa corroboram com os resultados experimentais em que autores (Mendes 2001; Iwakiri, Mendes and Saldanha 2002) obtiveram as melhores performances de qualidade e de comportamento à flexão estática para painéis de OSB em cujas fabricações foram configuradas camadas na proporção 1:3:1 (face:miolo:face).

4. CONCLUSÕES

A análise numérica de painéis OSB pelo método dos elementos finitos, acerca dos efeitos da rigidez resultante das variações das espessuras das camadas possibilitou concluir que:

- O aumento da espessura da camada interna implica favoravelmente na redução das flechas no painel de formato quadrado. No entanto, para painéis retangulares as flechas são crescentes com o aumento de i/h . Em ambos os casos o comportamento da flecha em função de i/h resultou de forma não linear.



- Para os valores de i/h menores que 0,8, nos painéis quadrados as tensões normais segundo a direção longitudinal resultam próximas ao dobro dos valores da direção transversal, implicando que para ambas as direções é possível explorar os limites estabelecidos pela EN 300:2002.
- Para o painel de forma retangular, independentemente do valor i/h , a relação entre a tensão normal longitudinal e transversal resulta maior que 2,0. Com isto, para a tensão na direção longitudinal estabelecida pelo valor de requisito mínimo para fabricação, a resistência do painel na direção transversal ficará subaproveitada.
- Tendo em vista os efeitos da variação i/h aos deslocamentos verticais e às tensões normais, a relação 0,6 mostrou-se mais apropriada para painéis de OSB com 10 mm de espessura, com o melhor aproveitamento dos limites de resistência, bem como pela pelas flechas reduzidas para o painel quadrado e moderadamente ampliadas para o formato retangular.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio obtido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (proc. 2017/18076-4), do CNPq (proc. 407451/2018-8) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ansys Academic Research Mechanical – Release 19.1. Ansys, Inc.

Chen, Z., Yan, N. and Cooper, P. (2008). Predicting performance of oriented strandboard under concentrated static loading conditions using finite element modeling. *Wood and Fiber Science*, v.40, n. 4, p. 505 – 518.

European Committee for Standardization (2006). *Oriented Strand Boards (OSB) – Definitions, classification and specifications*. EN 300. Portugal.

Forest Products Laboratory - FPL. (2010). *Wood handbook—Wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI, USA.

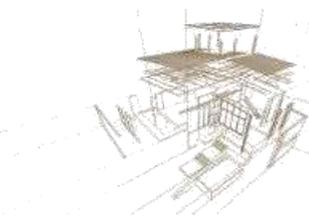
Holmberg, S., Persson, K. and Peterson, H. (1999). Nonlinear mechanical behaviour and analysis of wood and fibre materials. *Computers and Structures*, v. 72, p. 459-480.

Iwakiri, S., Mendes, L.M. and Saldanha, L.K. (2002). Produção de chapas de partículas orientadas “osb” de *Eucalyptus gaudis* com diferentes teores de resina, parafina e composição em camadas. *Ciência Florestal*, v. 13, n.1, p. 89-94.

Iwakiri, S. et al. (2005). *Painéis de madeira reconstituída*. FUPEF, Curitiba, PR, Brasil.

Mendes, M. L. (2001). *Pinus spp. na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)*. Doutorado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, PR.

Pang, W.C. (2005). *Corrugated wood composite panels for structural decking*. Doctor of Philosophy, Michigan Technological University, MI.



Plenzler, R., Niewiadomska, L. and Mielcarek, P. (2013). Shear and bending properties of structural oriented strand boards osb/4. *Wood Research.*, v. 48, n.2, p.285-294.

Shmulsky, R. and Jones, P.D. (2011). *Forest products and wood science: an introduction*. Hoboken, Wiley-Blackwell, NJ, USA.

Stokke, D.D. (2014). *Introduction to wood and natural fiber composites*. Chichester, West Sussex, Wiley, UK.

Thomas, W.H. (2003). Poisson's ratios of an oriented strand board. *Wood Sci Technol.*, v. 37, p. 259–268.

Zhu, E.C. et al. (2005). A constitutive model for OSB and its application in finite element analysis. *Holz Roh Werkst.* v.63. p. 87–93.

Wu, Q., Lee, J. N. and Han, G. (2004). The influence of voids on the engineering constants of oriented strandboard: a finite element model. *Wood and Fiber Science*, v. 36, n. 1, p. 71–83.