

# CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS FIBROSOS E DA ESTRUTURA INTERNA DE PAINÉIS DE MDF

ISABEL VARA BRANCO\* & HELENA PEREIRA\*\*

\* DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MADEIRAS. ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA. INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE VISEU. CAMPUS POLITÉCNICO. 3500 VISEU. PORTUGAL

\*\* DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL. INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA. 1399 LISBOA CODEX. PORTUGAL

## RESUMO

A indústria nacional produtora de painéis de fibra de média densidade, MDF, utiliza como matéria-prima a madeira de pinho, *Pinus pinaster*.

As propriedades de um painel de fibras, constituído por inúmeras fibras e feixes de fibras orientadas ao acaso, estão dependentes das características das fibras, do seu estado de agregação e da sua organização. O escorregamento, o alongamento, a torsão e a elasticidade dos elementos seus constituintes são de importância fundamental na estrutura do painel.

A densidade do painel de MDF varia entre  $600 \text{ kg/m}^3$  e  $1\ 000 \text{ kg/m}^3$  sendo maior próximo das superfícies e menor no seu interior.

As dimensões do comprimento dos traqueídeos de *Pinus* ou dos seus fragmentos percorrem o intervalo de 0,1 mm até valores superiores a 4 mm, sendo de 7 mm o maior comprimento encontrado. A largura dos traqueídeos corresponde aos valores encontrados (0,01 mm a 0,06 mm) para o género *Pinus*. Os agregados de traqueídeos apresentam valores que variam entre 0,1 e 0,6 mm.

A distribuição das fibras é uniforme. As fibras estão dispersas de um modo aleatório, organizadas segundo planos horizontais paralelos à superfície, evidenciando-se o aspecto típico de uma estrutura por camadas.

P. C.: MDF, traqueídeos (*Pinus*), agregados, biometria, estrutura

## SUMMARY

*Pinus pinaster* is the raw material for MDF.

The MDF density varies in between  $600 \text{ kg/m}^3$  and  $1\ 000 \text{ kg/m}^3$  decreasing from surface to interior.

The MDF properties depends on fiber characteristics, fibers and fiber bundles organization. The slipping, elongation, twisting and stretching of fibers and fiber bundles are fundamental in the board structure.

The tracheid length goes from 0,1mm up to 4 mm (7 mm is the largest one). The tracheid width agrees with the values (0,01 mm - 0,06 mm) from *Pinus*. The fiber bundles are very larges 0,1 mm up to 0,6 mm.

The fiber distribution is uniform and the structure is homogenous. Fibers are spread in a random way, oriented by multiplanar layers parallel to the surface of the board.

K W.: MDF, *Pinus* tracheids, length, width, board structure.

## INTRODUÇÃO

O painel deste tipo é fabricado por via seca. A densidade típica varia entre  $600 \text{ kg/m}^3$  e  $1000 \text{ kg/m}^3$  (Fig. 1) o que se sobrepõe aos  $560 \text{ kg/m}^3$  a  $800 \text{ kg/m}^3$  dos painéis duros de média densidade (MDH). O grande intervalo de densidades do MDF provém, em parte, dos vários tipos de espessura em que é fabricado e varia de 1,8 a 60 mm, em que os painéis menos espessos possuem geralmente densidades superiores à dos painéis mais espessos.

O MDF pode ser visto como um produto intermédio entre o painel de fibra duro e o painel de partículas de madeira. A resistência das suas ligações internas deriva da resina que se adiciona e que vai potenciar as ligações entre as fibras. As propriedades mecânicas e físicas do MDF aproximam-se bastante dos níveis admitidos para a madeira maciça e, por isso, pode ser utilizada em múltiplas aplicações como um substituto da madeira maciça. A multiplicidade de aplicações do MDF noutras indústrias tem sido implementada pela disponibilidade de elevadas densidades, resistência à humidade e pelo seu elevado grau de resistência ao fogo quando utilizado em exteriores.

Adicionalmente as propriedades dos painéis podem ser alteradas de acordo com os processos de fabrico e com as aplicações pretendidas, por exemplo, painéis de baixas densidades para revestimentos e de elevadas densidades para estruturas.

Os painéis hidrófobos possuem todas as propriedades do MDF *standard* com a vantagem de maior resistência e uma menor alteração das dimensões em condições de exterior abrigado.

As Normas Industriais EMB referem duas qualidades (dois graus) de resistência à humidade: MDF I.1 para aplicações de uso geral em ambientes húmidos e, MDF I.2 para aplicações em peças sujeitas a cargas em ambientes húmidos permanentes.

As aplicações do MDF hidrófobo incluem mobiliário de casa de banho, mobiliário de cozinha, parquet, caixilhos para janelas, saias para secretárias, componentes para bancos de jardim, moldes prensados e sinalizações para locais semi-expostos.

MDF para uso em exterior (MDF I.3) O MDF de exterior é um produto de desenvolvimento relativamente novo. Utilizado com sucesso em sinalização de trânsito e frontarias de lojas expostas a condições climáticas, durante bastante tempo.

As propriedades de um painel de fibras constituído por inúmeras fibras e feixes de fibras orientadas ao acaso, à semelhança do papel ou dos tecidos não produzidos em tear, estão dependentes não só das características das fibras, mas também do seu estado de agregação e de organização. O escorregamento, o alongamento, a torsão e a elasticidade dos elementos constituintes revestem-se de uma importância fundamental no painel. É evidente, que a macrodeformação e a resistência à rotura não são só dependentes dos pontos flectores das fibras e dos feixes de fibras na rede, mas ainda, tem de ser considerada a limitação da resistência ao escorregamento entre as fibras e a fricção entre as mesmas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Segundo a unidade industrial, nas condições de desfibrção utilizadas, as dimensões dos traqueídos apresentam uma distribuição de comprimentos como consta da Fig.1, com um máximo correspondendo a fragmentos de 0,5 a 0,8 mm e uma pequena percentagem de fragmentos maiores que 2 mm.

As amostras estudadas foram recolhidas no processo industrial de fabrico do produto MDF hidrófobo e foram recolhidas à saída do desfibrador antes da adição de cola na zona da “*blow line*”.

As dimensões do material celular desfibrado foram tomadas num sistema ERNST-LEITZ-WETZLAR ASM 68K. O tratamento estatístico das amostras foi efectuado no mesmo sistema.

Neste trabalho, por simplificação, designam-se como traqueídeos, os traqueídeos de *Pinus* ou os seus fragmentos, quando se apresentavam dissociados após a desfibração, designam-se como agregados de traqueídeos, os conjuntos de dois ou mais traqueídeos de *Pinus* ou os seus fragmentos, quando não se encontravam dissociadas após a desfibração.

Mediram-se o comprimento e largura, quer dos traqueídeos quer dos agregados de traqueídeos, colocando o material celular desfibrado em suspensão numa gota de água.

Os provetes, amostras retiradas das placas de MDF hidrófobo, com a espessura de 22 mm, foram seccionados segundo as dimensões 30 mm x 25 mm x 22 mm. As amostras, primeiro com o material tal como se apresentava após o corte, foram observadas para interpretação da estrutura interna.

A primeira observação da estrutura interna foi realizada com o auxílio de um microscópio estereoscópico SWIFT ZOOM, SM 788. Na fase seguinte, os fragmentos do material foram endurecidos para tornar possível o seu corte em secções (paralelas à face do painel e perpendiculares à face do painel), suficientemente finas, minimizando a sua desagregação, para a obtenção de preparações definitivas para microscopia óptica. O endurecimento do material foi conseguido com a inclusão em GMA, 2-hidroxietilmetacrilato. A observação das lâminas realizou-se num microscópio óptico SWIFT - M 4003D. As fotografias das lâminas foram realizadas num microscópio óptico NIKON Microphot FXA, com filme KODAK 160T.

## RESULTADOS

Para o cálculo do tamanho mínimo necessário de amostra para estimar a proporção (Kazmier, 1982), considerámos o intervalo de confiança de 90%, valor aceite pela indústria, e um erro máximo de  $\pm 0,05$ .

As duas Amostras A e B QUADRO I ainda que apresentem comprimentos máximo (6,664 mm- 4,803 mm) e mínimo (0,036 mm- 0,462 mm) muito distintos, aproximam-se nos comprimentos médios (1,691 mm- 1,803 mm). Este facto pode ter tido origem no modo como o desfibrador estava regulado, a que distância se encontravam posicionados os discos de refinação, bem como do seu estado de conservação.

Para o género *Pinus* (Bosshard, 1974) refere para a dimensão da largura dos traqueídeos, 0,01 a 0,07 mm, valores que são idênticos aos por nós encontrados. Os traqueídeos de *Pinus*, individualmente, possuem uma largura que varia entre 0,0086 mm e 0,062 mm conforme se observa no QUADRO I.

A caracterização da amostra de proveniente do desfibrador não corresponde à distribuição caracterizada pela indústria. Nas amostras analisadas verificou-se uma frequência maior de comprimentos superiores a 1 mm.

Os agregados de traqueídeos de *Pinus*, e seus fragmentos, foram caracterizados em relação ao comprimento e à largura. As Amostras A e B possuem um número mínimo de trinta unidades, valor mínimo que poderá ter uma amostra, de acordo com a distribuição da normal (Kazmier, 1982).

Os valores do comprimento (QUADROII) vão de 0,103 mm a 4,444 mm. Os valores da largura máxima (QUADRO II) vão de 0,072 mm a 0,504 mm, e referem-se a conjuntos de dois até oito traqueídeos. Não encontramos na bibliografia qualquer referência para os valores das dimensões estudadas nos agregados de traqueídeos do género *Pinus*.

Os traqueídeos de *Pinus* encontram-se organizados segundo planos horizontais, paralelos à superfície, evidenciando-se o aspecto típico de uma estrutura por camadas. Esta estrutura é o resultado da diversidade dimensional de traqueídeos, e seus fragmentos, bem como dos feixes de traqueídeos do seu entrecruzamento, do modo como estão estabelecidas as zonas de ligação e do modo como se deu a deformação do material celular, e ainda, de como se deu o escorregamento do material celular lenhoso entre si.

Não observámos traqueídeos ou fragmentos que se orientassem em profundidade, inequivocamente na vertical. Segundo os valores admitidos pela indústria, a proporção ideal seria de 5% das fibras (traqueídeos de *Pinus*) no colchão adoptarem uma orientação perpendicular às faces, o que levaria a um painel ideal.

A densidade do painel próximo das superfícies é maior que no seu interior o que se observa na estrutura mais compactada em zonas vizinhas da superfície do que em zonas mais interiores.

## CONCLUSÕES

Verificámos que o material desfibrado pelo refinador no processo industrial contém material celular, traqueídeos de *Pinus*, ou fragmentos de traqueídeos cujas dimensões apresentavam uma maior frequência de “fibras comprimidas” no que se afasta da distribuição caracterizada pela indústria. Este facto pode ter tido origem no modo como o desfibrador estava regulado, da distância entre os discos de refinação e, ainda, do estado de conservação dos mesmos. A largura das células, traqueídeos de *Pinus*, ou fragmentos de traqueídeos, quando consideradas individualmente revelou uma grande amplitude. Nas células de início e de fim de estação, quando vistas em cortes transversais é visível a característica variação da espessura da parede celular. Os agregados de células observados são conjuntos de traqueídeos intactos, que não foram refinados e que apresentam na sua largura máxima conjuntos de dois a oito traqueídeos.

A organização interna do MDF evidenciou as células lenhosas, traqueídeos de *Pinus* e seus fragmentos, dispostas de um modo aleatório sobre planos mais ou menos horizontais, evidenciando-se uma estrutura por camadas. Esta estrutura é o resultado da diversidade dimensional das células e feixes de células, do seu entrecruzamento, do modo como estão estabelecidas as zonas de ligação bem do modo como se deu a deformação das células e o escorregamento entre elas. Não observámos células, traqueídeos de *Pinus* e seus fragmentos, que se orientassem em profundidade, na vertical. A estrutura aparece mais compactada junto das superfícies do que no interior o que se deve à densidade do painel próximo das superfícies ser superior à do interior do mesmo. Contrariamente ao que esperávamos foi-nos impossível considerar os vazios porque a estrutura se apresentava muito desagregada em resultado das técnicas utilizadas para a realização dos cortes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOSSHARD, H.H., *Holzkunde*, Vol. 1, Birkhäuser Verlag, 1974

DAI, C., STEINER, P. R. - Spatial Structure of Wood Composites in Relation to Processing and Performance Characteristics. Part 3., Modelling the Formation of Multi-layered Random Flake Mats. *Wood Science Technologie* (28), 1994, p. 229 - 239.

HUMPHREY, P. E., BOLTON, A. J.- The Hot Pressing of Dry - Formed Wood Based Composites. Part II. A Simulation Model for Heat and Moisture Transfer and Typical Results. *Holzforschung*, Vol. 43, (3), March 1989, p. 199-206.

KALLMES, O., BERNIER, G., - The Structure of Paper IV. The Free Fiber Length of a Multiplanar Sheet, TAPPI, Vol. 46 (2), February, 1963, p.

KAZMIER, J. L. - Estatística Aplicada a Economia e Administração, Editora MacGRAW - HILL DO BRASIL, LTDA 1982.

KOLLMANN, F.F.P., KUENZI, E.W., STAMM, A.J. - Principles of Wood Science and Technology, Vol. II: Wood Based Materials, Springer - Verlag Berlin Heidelberg New York 1975.

MATAKI, Y. - Internal Structure of Fiberboard and its Relation to Mechanical Properties. Theory and Design of Wood and Fiber Composite Materials. Syracuse Wood Science Series. Vol. 3. Benjamin A. Jayne, Editor. Syracuse University Press 1972. p. 219 - 253.

STEINER, P.R., DAI, C., - Spatial Structure of Wood Composites in Relation to Processing and Performance Characteristics. Part 1., Rationale for Model Development. Wood Science Technologie (28), 1993, p. 45 - 51.

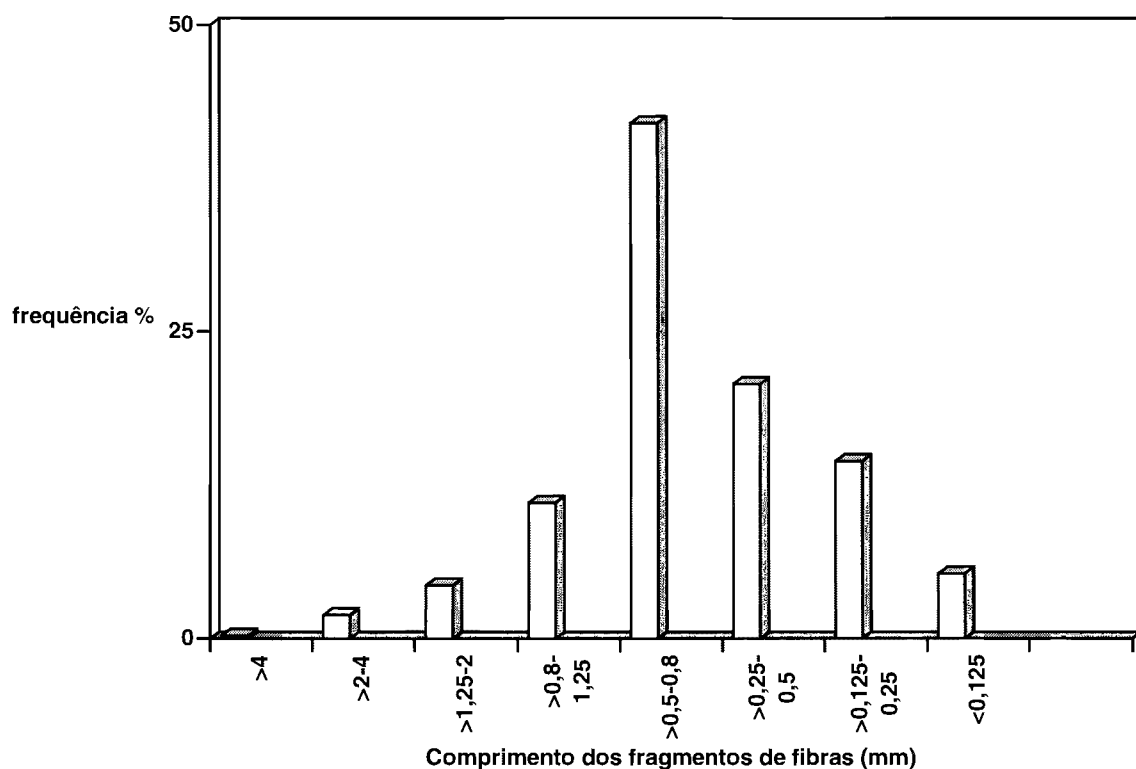


Fig. 1 - Distribuição de comprimentos de uma amostra tipo de fibras, traqueídeos de *Pinus*, utilizadas no fabrico de MDF

	Comprimento		Largura	
	A	B	A	B
Mínimo	0,036 mm	0,103 mm	0,013 mm	0,009 mm
Máximo	6,664 mm	4,803 mm	0,056 mm	0,062 mm
Média	1,691 mm	1,330 mm	0,034 mm	0,036 mm
Desvio P	1,196 mm	0,959 mm	0,009 mm	0,008 mm
Mediana	1,661 mm	1,730 mm	0,034 mm	0,036 mm

QUADRO I - Biometria dos traqueídeos de *Pinus*, e seus fragmentos

	Comprimento		Largura	
	A	B	A	B
Mínimo	0,643 mm	0,103 mm	0,072 mm	0,082 mm
Máximo	4,444 mm	3,265 mm	0,504 mm	0,500mm
Média	1,133 mm	1,001 mm	0,192 mm	0,246mm
Desvio P	1,226 mm	0,826 mm	0,105 mm	0,112mm
Mediana	1,390 mm	1,252 mm	0,151 mm	0,224 mm

QUADRO II - Biometria dos agregados de traqueídeos de *Pinus*, e seus fragmentos