
DIAGNÓSTICO DA VARIAÇÃO DO CONTEÚDO DE
UMIDADE DA MADEIRA NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE CHAPAS DE MADEIRA
AGLOMERADA

CARLOS EDUARDO C. DE ALBUQUERQUE
Prof. Assist., M.Sc., UFRRJ; Doutorando em
Eng. Florestal, UFPR

NABOR DA SILVEIRA PIO
Prof. Assist., M.Sc., UFAM; Doutorando em
Eng. Florestal, UFPR

SETSUO IWAKIRI
Prof. Titular, D.S., UFPR

IVAN TOMASELLI
Prof. Titular, PhD, UFPR

SIDON KEINERT JR
Professor Titular, PhD, UFPR

R E S U M O

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a variação da umidade da madeira no processo de fabricação de painéis aglomerados. A monitorização de umidade foi realizada desde sua chegada no pátio da indústria, até a entrada das partículas nos secadores rotativos. Verificou-se uma significativa variação de umidade nas fases do processo, inclusive, na mistura de partículas que alimentam os secadores rotativos. Concluiu-se que o nível de alteração de umidade verificado é particularmente elevado em alguns pontos, podendo influenciar na qualidade das chapas produzidas.

Palavras-chaves: umidade da madeira; partículas de madeira; aglomerados.

A B S T R A C T

DIAGNOSIS OF WOOD MOISTURE
CONTENT VARIATION IN INDUSTRIAL
PARTICLEBOARD PROCESS

This work aims to analyse the wood moisture content variation in industrial particleboard process. The wood moisture content was obtained from wood arriving in industry up to the wood particles inlet into rotative dryers. High moisture content variation was verified at process' stages and, also, in particle mixture which feeds the rotative dryers. The verified wood moisture content variation was very high at

some process' stages and it can influence the quality of the produced particleboard.

Key words: wood moisture content; wood particle; particleboard

INTRODUÇÃO

Atualmente, para que um produto seja competitivo no mercado, somente o aprimoramento tecnológico do parque industrial não é mais suficiente, sendo necessário, também, que a tecnologia esteja presente na origem e na preparação da matéria-prima. No caso das indústrias de aglomerados, além de se atentar para a procedência da madeira, deve-se observar a qualidade e condições da matéria-prima até a entrada das partículas nos secadores.

De 1990 a 1995, a produção nacional de aglomerados evoluiu de 494 para 884 mil m³ (TOMASELLI, 1999), representado um crescimento de 79%. Estes dados demonstram uma tendência de crescimento de mercado e, portanto, espaço para evolução do parque industrial de aglomerados. Para tanto, o aprimoramento tecnológico, desde a origem da matéria-prima, é um elemento fundamental.

A madeira destinada a produção de partículas não deve possuir menos do que 35% de umidade. Fora dessa condição, haveria o aumento do consumo de energia necessária ao processo, além de uma redução da qualidade das partículas obtidas. Portanto, é necessário que a madeira destinada à produção de partículas possua um teor de umidade acima de 35%. A indústria geralmente recebe madeira recentemente cortada que, normalmente, possui teores de umidade elevados, podendo chegar a 120% (KOLLMANN, 1975). Contudo, TSUMIS (1991) sugere que a madeira deve estar numa faixa de umidade um pouco acima da umidade de saturação das fibras (30 - 40%), devido aos custos da secagem e, se a madeira estiver na condição seca, haverá uma alta geração de finos na geração das partículas.

Após a fabricação das partículas, é necessário que elas sejam secas, até um teor de umidade

entre 2 e 4% (MALONEY, 1993), ou num valor médio de 3% (VITAL et al., 1992). Um método bastante eficiente para a secagem de partículas de madeira é aquele que permite a passagem de ar não saturado pela superfície das partículas, retirando a umidade destas (SCHNEIDER e KIPPING, 1990).

Numa secagem convencional, onde as partículas de madeira são secas de 100 para 6% de umidade, utilizando-se secadores de tambores rotativos, sob altas temperaturas, o consumo energético se situa em torno de 940 a 1060 kcal/kg de água evaporada (HARRIS, 1989).

O teor de umidade das partículas de madeira, destinadas à produção de chapas, deve-se situar entre 3 e 6%. Entretanto, é importante ressaltar que, na operação de aplicação do adesivo, normalmente na condição aquosa, este conteúdo de umidade se eleva (MOSLEMI, 1974).

O vapor d'água gerado no colchão, durante sua prensagem à quente, migra da superfície para o interior da chapa e do centro para as bordas (MOSLEMI, 1974). O colchão, quando sob pressão, atinge mais rapidamente a desejada espessura, se as partículas estiverem com teor de umidade adequado (MATOS, 1988). Contudo, uma umidade excessiva no colchão ocasiona a necessidade de um tempo de prensagem mais longo, causado pelo efeito retardante da umidade na cura do adesivo (MOSLEMI, 1974), prejudicando a reação química de polimerização da resina. Além disso, há uma necessidade de liberação de umidade do interior da chapa de forma eficiente. Outrossim, a resistência da madeira à compressão se reduz com a elevação do teor de umidade na madeira (KELLY, 1977) que aliada a alta temperatura, proporcionará a

plasticização da madeira que oferecerá menor resistência na compactação e facilitará a transferência de calor da superfície para o interior da chapa (MATOS, 1988).

Para um colchão que apresenta homogeneidade em umidade, os teores considerados ótimos situam-se entre 11 e 14% (STRICKLER, 1959; HEEBINK, 1972, citados por IWAKIRI, 1989).

Teores de umidade mais elevados na superfície, em relação ao miolo, resultam em maior gradiente de densidade da chapa (MALONEY, 1977). A resistência à flexão estática e tração paralela aumentam com a densificação superficial, mas a resistência da ligação interna, como também a do arrancamento de parafuso, são menores, devido à menor densidade do miolo (KELLY, 1977, citado por IWAKIRI, 1989). Em contrapartida, um baixo teor de umidade reduz a transferência de calor da superfície ao miolo da chapa (MOSLEMI, 1974), requerendo maior pressão para a consolidação do colchão e apresentando piores ligações entre as partículas (Kelly, 1977, citado por IWAKIRI, 1989).

WONG et al. (1998), estudando variações de umidade em colchão de partículas, verificou que, empregando um perfil de umidade onde as faces e o miolo possuem, respectivamente, alto e baixo teores de umidade, ocorreram aumentos nos picos de densidade em até 22 % para chapa de densidade média de 0,5 g/cm³, e 12 % para chapas de 0,7 g/cm³, com uma leve redução na densidade do miolo.

Este trabalho, realizado nas instalações industriais da Berneck Aglomerados S/A, visou a realização de um diagnóstico da variação do conteúdo de umidade da madeira, por monitorizamento da umidade em diversos estágios do processo industrial, até a entrada no secador de partículas. Tal objetivo, justificase pelo fato de haver ocorrências, na linha produtiva da referida indústria, de incêndios nos secadores, assim como de estouro nas chapas

durante a prensagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material analisado e as respectivas origens foram os seguintes:

- Toretos de pinus vindo das fazendas fornecedoras;
- Cavacos de serraria da empresa;
- Cavacos de terceiros;
- Maravalha de terceiros.

Foram coletadas amostras ao acaso no pátio da indústria que foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório.

Os locais para amostragem foram pré-definidos (Quadro 1), assim como o período de coleta, que correspondeu a um turno de trabalho de 8 horas. A forma e número de amostras são apresentados no Tabela 1. A visualização deste trabalho é possível através da Figura 1, que apresenta o fluxo de operações no pátio da empresa, da entrada da madeira até os secadores rotativos, os pontos de amostragem e respectivos teores médios de umidade.

O material correspondente aos toretes foi amostrado em tomada única, sendo tomadas 4 amostras para o material recém-chegado de caminhão, e 6 amostras para os lotes de toretes. Para os demais pontos a amostragem foram realizadas tomadas horárias, até atingir o período de um turno de trabalho, sendo 6 amostras para as pilhas de cavacos, e 8 amostras para todo os pontos restantes, totalizando 98 amostras.

A determinação da umidade, em base seca, do material amostrado, foi realizada segundo a norma ABCP M2/71. Após esta determinação, para cada ponto de amostragem, foi

Quadro 1 – Definição dos pontos de amostragem

Pontos de amostragem	Código
1. Ponto de toretes, lote em utilização (mais antigo);	LV
2. Ponto de toretes, lote intermediário;	LI
3. Ponto de toretes, lote em forma (mais recente);	LN
4. Ponto de toretes, caminho de toretes recém chegado;	LNC
5. Pilha de cavacos da serraria;	CS
6. Pilha de cavacos de terceiros;	CT
7. Silo de maravalha;	SMA
8. Material saído dos moinhos de cavacos PZK s;	PZK
9. Material saído do cepilhador Z130 para forma da camada interna;	Z130
10. Material saído do cepilhador U74 para forma da camada externa;	U74
11. Material na saída da célula de cepilho do silo comido (origem do Z130);	SUZ130
12. Material na saída da célula de maravalha do silo comido;	SUMA
13. Material na saída da célula de material originado dos moinhos de cavacos PZK s do silo comido;	SUPZK
14. Material, em mistura, na saída do silo comido.	SUM

Tabela 1 – Forma de amostragem e número de amostras

Ponto de amostragem	Amostragem em cônica tomada	Amostragem em tomada horária	Número de amostras
LV	X	-	6
LI	X	-	6
LN	X	-	6
LNC	X	-	4
CS	-	X	6
CT	-	X	6
SMA	-	X	8
PZK	-	X	8
Z130	-	X	8
U74	-	X	8
SUZ130	-	X	8
SUMA	-	X	8
SUPZK	-	X	8
SUM	-	X	8
TOTAL			98

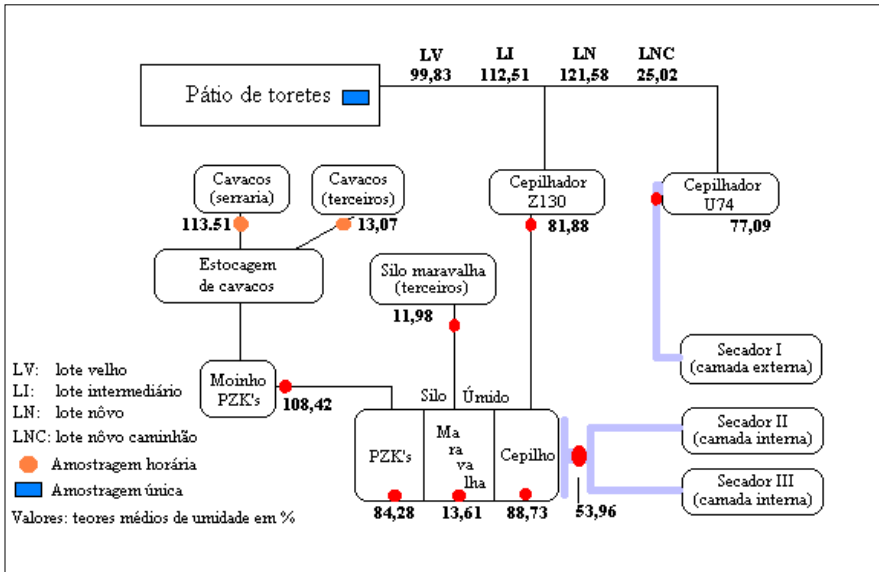


Figura 1. Fluxo de operações, pontos de amostragem e os respectivos teores de umidade médios.

determinado a média, valores máximos e mínimos, coeficiente de variação da umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos, média, valores máximos e mínimos, e coeficiente de variação, dos teores de umidade nos diversos pontos de amostragem, são apresentados no Quadro 2.

A matéria-prima, na forma de toretes, apresentou uma variação considerável nos seus teores médios de umidade, com um coeficiente de variação relativamente pequeno. Contudo, a amostragem realizada em uma carga de um caminhão recém-chegado, apresentou um teor médio de umidade significativamente inferior (abaixo do PSF) ao encontrado em todo o pátio da empresa. Este fato observado demonstra que, ocasionalmente, podem chegar toretes do campo com teores de umidade muito abaixo

do esperado e usual, o que pode gerar uma mistura de cavacos muito heterogênea em umidade. Por exemplo, sendo este lote de caminhão misturado ao material em início de processamento, estará se misturando material com teores médios de umidade entre 99,83% e 25,02%. Este caso, deixa transparecer que não se aplicam procedimentos padrões de atividades nas fazendas fornecedoras, visando uma homogeneidade em umidade dos toretes expedidos.

No cepilhador U74, destinado a preparar material para formação da camada externa, registrou na saída do material processado, uma umidade média de 77,09%, mas com um coeficiente de variação de 25,16%, bem mais elevado do que os apresentados nos toretes (2,80; 4,46; 4,50 e 10,11%). Isto permite deduzir que ocorreu entrada de madeira vinda de toretes muito secos misturados com os demais, o suficiente para deixar o material bem mais heterogêneo em teor de umidade.

Quadro 2. Média, valores máximos e mínimos, e coeficiente de variação dos teores de umidade (base seca) nos diversos pontos de amostragem

Pontos de amostragem	Teor médio de umidade	Teor máximo de umidade	Teor mínimo de umidade	Coeficiente de variação
LV	99,83	102,44	95,57	2,8005
LI	112,51	117,13	103,63	4,4573
LN	121,58	135,18	100,52	10,1088
LNC	25,02	26,11	23,78	4,4957
CS	113,51	137,70	101,80	11,1284
CT	13,07	22,57	7,23	50,748
PZK	108,42	113,91	101,44	3,8067
SMA	11,98	14,95	9,74	17,979
Z130	81,88	98,96	69,29	15,0325
U74	77,09	90,07	31,24	25,1577
SUPZK	84,28	93,58	72,55	9,1015
SUMA	13,61	27,92	9,73	44,0097
SUZ130	88,73	103,40	66,76	16,5889
SUM	53,96	65,58	43,00	14,4511

Em relação ao cepilhador Z130, a saída de material apresentou uma umidade média de 81,88%, com um coeficiente de variação de 15,03%. Este resultado foi semelhante ao ocorrido com o material saído do cepilhador U74, já que também ocorreu a mistura de toretes muito secos na entrada do cepilhador, provenientes de carregamento recém-chegado de caminhão, reduzindo a umidade média e deixando o material mais heterogêneo em teor de umidade.

O material saído dos moinhos PZK's apresentaram uma umidade média de 108,42%, dentro do esperado, e apenas 3,81% de coeficiente de variação. Contudo, foi observado que, nas porções amostradas das pilhas de cavacos provenientes da serraria da empresa, forneceram teores esperados de umidade (113,51%), e um coeficiente de variação aceitável (11,13%), no entanto, na pilha correspondente à origem de terceiros, registrou-se uma umidade média muito baixa, de apenas 13,07%. Esta condição poderá, ao se misturarem os cavacos sem um padrão quantitativo preciso, ocasionar uma saída de material extremamente heterogêneo em umidade dos moinhos PZK's.

O coeficiente de variação no silo úmido, segmentado em três células, com material proveniente dos moinhos PZK's, silo de maravalha e cepilhador Z130, foi elevado com destaque para a célula de maravalha, proveniente de terceiros, com teor de umidade muito baixa (13,61%). Na saída do referido silo, a madeira em mistura apresentou uma umidade intermediária (53,96%), e um coeficiente de variação não muito elevado (14,45%), contudo, este dado não evidencia a heterogeneidade em que o material se apresenta, pois qualquer porção amostrado do material lenhoso, por estar em mistura, dará resultados em teor úmido com uma aparente, mas falsa, homogeneidade. Este fato, em especial, pode afetar a qualidade na produção de chapas após a secagem das partículas, visto que estarão entrando, nos secadores, material muito heterogêneo, ou seja, partículas muito secas, misturada com as muito úmidas, junto com as de umidade próximas da média calculada. Isto ocorre de forma aleatória e, como o controle do processo de secagem se faz pela média calculada da umidade do material, considerando-o homogêneo, pode ocasionar problemas difíceis de serem detectados, pois não se trata de erro nas regulagens dos

secadores, e sim, de uma heterogeneidade aleatória muito alta em umidade do material que está sendo seco.

A Figura 2, apresenta os teores médios de umidade, assim como os respectivos valores máximos e mínimos, das três células do silo úmido e da mistura de partículas na saída do mesmo. Como pode-se observar, há uma grande variação em umidade nos componentes da mistura e, portanto, a mistura não é composta de um material homogêneo quanto à umidade. Por conseguinte, pela análise da Figura 2, verifica-se que a aparente homogeneidade em umidade na mistura, obtida nas rotineiras medições realizadas na empresa, não é real, pois este material possui uma constatada heterogeneidade em umidade. Esta situação, provavelmente irá influenciar os resultados da secagem neste material.

CONCLUSÕES

A saída da mistura de partículas do silo úmido é um ponto muito importante, em virtude deste material ser encaminhado para os secadores rotativos e, em seqüência, enviados para a formação das chapas.

A heterogeneidade em umidade verificada entre os seus componentes, pode gerar problemas na fabricação das chapas. Esta situação, pode estar contribuindo de forma significativa para a ocorrência de incêndios nos secadores, assim como no estouro de chapas durante a prensagem. Estas duas situações ocorrem quando há a presença de material muito seco ou muito úmido, e uma heterogeneidade significativa pode ser um fator importante para estas ocorrências.

SUGESTÕES

É necessário esforços no sentido de se tentar homogeneizar a umidade do material ao chegar

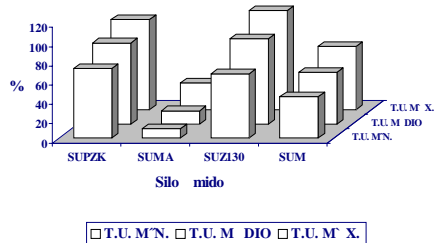


Figura 2. Teores de umidade mínimo, médio e máximo (T.U. MÍN, MÉDIO e MÁX.), em porcentagens, dos materiais contidos nas células componentes do silo úmido (SUPZK, SUMA e SUZ130), e da saída da mistura de partículas do mesmo (SUM), sendo: SUPZK – célula com material originado dos moinhos de cavacos PZK's; SUMA – célula com material correspondente à maravalha; SUZ130 – célula com material originado no cepilhador Z130; SUM – partículas, em mistura, das três células do silo úmido.

no silo úmido. Para tanto, um estudo de análise dos procedimentos efetuados, desde o fornecimento da matéria-prima até a entrada do silo úmido, deve ser efetuado. Com um material homogêneo no silo úmido, provavelmente irá amenizar problemas de incêndios e estouro de chapas, além de proporcionar à empresa um controle efetivo de sua matéria-prima.

AGRADECIMENTOS

À Berneck Aglomerados S/A, sediada em Araucária – PR, pelas informações cedidas, assim como pela liberação do acesso em suas instalações industriais, que possibilitaram a realização deste trabalho.

LITERATURA CITADA

HARRIS, R. A. Accelerated ambient air-drying of wood fuel. *Forest Products Journal*,

- Madison, v. 39, n.5, p.34-36, may 1989.
- IWAKIRI, S. *A influência de variáveis de processamento sobre propriedades de chapas de partículas de diferentes espécies de Pinus*. Curitiba: [s.n.], 1989. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, 1989.
- KELLY, M. M. *Critical literature review of relationships properties of particleboard*. Madison: USDA-FS-FPL. 1977, 64p.
- KOLLMANN, F. F. P., KUENZI, E. W. & STAMM, A. J. *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer-Verlag, 1975. v.2.
- MALONEY, T. M., *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing*. São Francisco: Miller Freeman Inc., 1993. 2ed. 689p.
- _____. *Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing*. São Francisco: Miller Freeman Publication, 1977, 672p.
- MATOS, J. L. M. *Ciclo da prensa em chapas de partículas estruturais "waferboards"*. Curitiba:[s.n.], 1988. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, 1988.
- MOSLEMI, A.A. *Particleboard vol. II - Technology*. Southern Illinois University Press, London - Amsterdam, 1974, 245p.
- SCHNEIDER, M. H. & KIPPING, J. E. Modeling forced-air drying of particulate wood fuels. *Forest Products Journal*, Madison, v.40, n.5, p. 47-51, maio 1990.
- TOMASELLI, I. Tendências de mudanças na indústria de painéis. *Revista da Madeira*, Curitiba, v.8, n.43, p.36-42, 1999.
- TSOUMIS, G. *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 494 p.
- VITAL, B. R., HASELEIN, C.R. & DELLA LUCIA, R.M. Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden). *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v.16, n.1, p.88-96, jan./abr. 1992.
- WONG, E. D., ZHANG, M. & KAWAI, S. Effects of mat moisture content and press closing speed on the formation of density profile and properties of particleboard. *Japan Wood Science*, Japan, n.44, p.287-295, 1998.