

---

*José de Fátima da Silva<sup>(1)</sup>  
Varlone Alves Martins<sup>(2)</sup>  
Expedito R.G. Rebello<sup>(3)</sup>  
Marcus Vinicius da Silva Alves<sup>(4)</sup>  
Gustavo Stancioli Campos de Pinho<sup>(5)</sup>*

## 1 - INTRODUÇÃO

No cenário mundial atual, é crescente a preocupação com a conservação das florestas. Torna-se, portanto, indiscutível a importância de se utilizar técnicas de processamento que aumentem a resistência e a longevidade do material madeira e que, conseqüentemente, venham resultar na diminuição da pressão sobre as reservas naturais e em economia das florestas plantadas que já apresentam preocupantes projeções de déficit de matéria-prima a médio e longo prazos. Entre essas técnicas destacam-se a secagem e a preservação da madeira, etapas essenciais no processamento da madeira e que visam agregar valor ao produto final influenciando nos custos, na qualidade e na durabilidade do mesmo.

A madeira é um material higroscópico, isto é, quando em contato com o ar, absorve ou perde umidade na forma de vapor até atingir um equilíbrio onde essas trocas de vapor d'água se equívalem e o teor de umidade da madeira tende a se estabilizar. Esse teor de umidade da madeira, quando em equilíbrio com a umidade relativa do ar (URA), é denominado Teor de Umidade de Equilíbrio (TUE), parâmetro relacionado com a temperatura e a umidade relativa do ar da região.

A importância do TUE pren-

de-se ao fato de ser este o parâmetro ideal para se estabelecer quando a madeira pode ser considerada seca: o seu teor de umidade deve ser igual ou ligeiramente inferior à umidade de equilíbrio médio da região onde a madeira será utilizada. Esse procedimento é fundamental para que as trocas de umidade da madeira com a umidade do ar sejam reduzidas ao mínimo, atenuando assim as variações dimensionais associadas a essas trocas de umidade. Como resultado, obtém-se menor ocorrência de defeitos causados pelas variações dimensionais na madeira durante a sua utilização, como, por exemplo: portas, janelas e gavetas que se travam; frestas que surgem, principalmente entre as tábuas de assoalhos forros e lambris; tacos e peças coladas que se soltam e rachaduras e empenos em geral.

Em virtude de suas características orgânicas, a madeira quando exposta a condições de alta umidade ou ao contato permanente com a água apresenta elevados riscos de deterioração biológica. O apodrecimento da madeira causado por fungos xilófagos é especialmente observado em condições onde o teor de umidade da madeira se aproxima de 30% e a temperatura ambiente situa-se na faixa de 25 a 30°C.

O Potencial de Ataque Fúngico (PAF) pode ser definido como um indicativo do risco de apodrecimento a

que a madeira está sujeita, quando exposta às condições climáticas. Dessa maneira, a indicação de zonas de alto PAF (apodrecimento), baseada em parâmetros climáticos, é extremamente importante para se especificar madeiras e/ou medidas de proteção adequadas para uso nas diversas regiões do Brasil.

Este trabalho fornece parâmetros essenciais para se relacionar a estabilidade dimensional e a durabilidade natural da madeira com as condições climáticas de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. É a climatologia aplicada ao setor de processamento industrial, à comercialização e ao uso da madeira.

## 2 - METODOLOGIA

### 2.1 - Teor de Umidade de Equilíbrio (TUE)

Partindo-se de uma lista geral com todas as estações climatológicas brasileiras, em operação ou não, e das duas normais climatológicas de 1931/60 (BRASIL, 1984) e 1961/90 (BRASIL, 1992), foi inicialmente feita uma intersecção para se determinar as estações da lista que continham dados constantes nas normais climáticas. As estações que satisfizeram essa condição foram tomadas como base para a coleta de dados e, em seguida, procedeu-se ao tratamento estatístico necessário.

No escopo do cálculo, os dados foram processados e submetidos a uma média ponderada para, posteriormente, proceder-se à determinação do TUE usando a equação definida por SIMPSON (1971) - na página seguinte:

### 2.2 - Potencial de Ataque Fúngico (PAF)

O PAF foi calculado de acordo com a fórmula de SCHEFFER (1971). Entretanto, devido aos registros de precipitação das estações climatológicas brasileiras começarem a partir de 0,30mm, foi necessária uma adaptação na fórmula utilizando-se o número médio de dias

---

(1) Meteorologista, BSc - Divisão de Meteorologia Aplicada - INMET

(2) Engenheiro Florestal, PhD - Laboratório de Produtos Florestais - IBAMA

(3) Meteorologista, BSc - Divisão de Meteorologia Aplicada - INMET

(4) Engenheiro Florestal, PhD - Laboratório de Produtos Florestais - IBAMA

(5) Engenheiro Florestal, BSc - Laboratório de Produtos Florestais - IBAMA

$$TUE = \frac{K_1 K_2 h}{1 + K_1 K_2 h} + \frac{K_2 h}{1 - K_2 h} \times \frac{1800}{W}$$

onde:

*TUE* - é o teor de umidade de equilíbrio, em porcentagem;  
*H* - é a pressão de vapor relativa, ou seja, umidade relativa/100;  
*W* - é o peso molecular da unidade polimérica que forma o hidrato;  
*K*<sub>1</sub> e *K*<sub>2</sub> - são constantes de equilíbrio.

do mês com precipitação de 0,30mm ou maior e não de 0,25mm ou maior como postulado originalmente pela equação de SCHEFFER (1971), descrita abaixo:

$$PAF = \sum_{Jan}^{Dez} \frac{[(T-2)(D-3)]}{16,7}$$

onde:

*PAF* - é o potencial de ataque fúngico;  
*T* - é a média mensal de temperatura, em graus centígrados;  
*D* - é o número de dias no mês com precipitação de 0,30mm ou

maior;

$\sum_{Jan}^{Dez}$  - é o somatório dos resultados dos meses de janeiro a dezembro.

### 2.3 - Mapas

A introdução dos dados meteorológicos: temperatura, URA e número de dias de chuva nas equações que exprimem TUE e o PAF, geraram os indicadores de condições climáticas constantes nos mapas abaixo. Os mapas gerados, representam a climatologia geral dos indicadores técnicos das condições climáticas em questão, na interpolação dos dados foi aplicado o método Kriging de construção de grades usando interpolação linear (Cressie-1990), com a utilização do software Win Surfer, e analisados climatologicamente segundo as variações sazonais características dos

sistemas meteorológicos atuantes.

### 3 - RESULTADOS

Foram elaborados 12 mapas contendo as médias mês a mês das condições de TUE em todo o Brasil. Por questões práticas, no entanto, optou-se

Mato Grosso do Sul, Estado de Goiás, oeste da Bahia, sul e leste de Tocantins. Os valores mínimos de TUE ocorrem no polígono da seca na Região Nordeste. Conforme discutido acima, a influência desses índices sobre a madeira faz com que todas essas condições de TUE requeiram especial atenção com relação à

neste artigo pela apresentação de apenas um mapa mostrando as médias geradas referentes ao período de 1961/90 (Figura 1). Os valores médios de TUE representados no mapa são uma primeira aproximação e devem constituir referência no estabelecimento de teores de umidade recomendados para madeiras a serem utilizadas em todo o território nacional.

Pode-se observar que a Região Norte apresenta áreas com TUE muito elevado, enquanto na parte central e no Nordeste do Brasil, os índices estão dentro de um intervalo médio de umidade. Valores menores de TUE, em torno de 12%, são encontrados no sudoeste do Rio Grande do Sul, norte do Paraná, centro e oeste de São Paulo, nordeste do

secagem e ao teor de umidade final de utilização. No que concerne à estabilidade dimensional, não se pode perder de vista as condições de TUE da região a que a madeira e seus produtos derivados se destinam quando o objetivo é a obtenção de uma melhor performance deste material em uso.

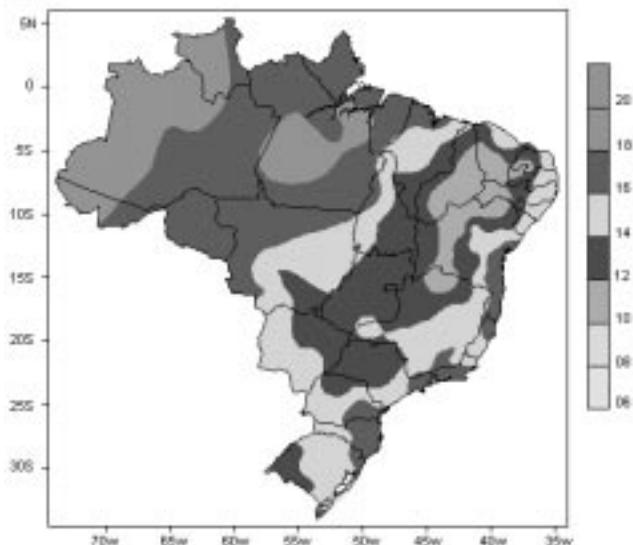
De maneira geral, os resultados apresentados na Figura 2 indicam que todas as regiões do Brasil, com exceção do noroeste da Bahia e sul do Piauí, apresentam elevado PAF. Temperatura e teores de umidade elevados propiciam condições favoráveis para a infestação e o desenvolvimento de organismos xilófagos, especialmente fungos. O mapa do PAF, elaborado a partir da média anual de temperatura e do número de dias de

precipitação, demonstra claramente que a Região Norte apresenta PAF muito elevado, variando de 170 a 270. A Região de Belém, importante pólo produtor de madeira, encontra-se numa área excepcionalmente propícia a deterioração bio-

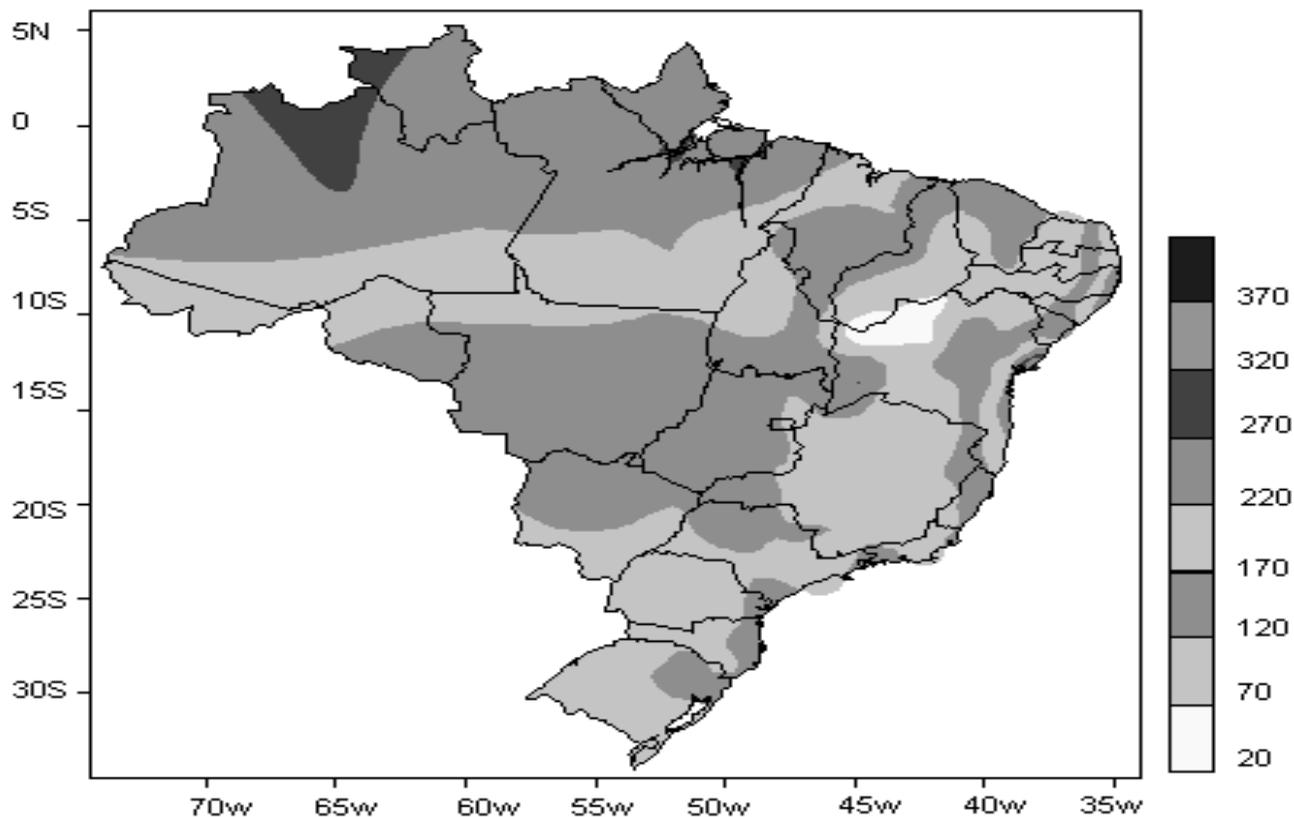
lógica.

A região litorânea do Nordeste brasileiro também apresenta, sob o ponto de vista climático, um alto risco de deterioração. As condições climáticas

presentes na Região Centro-Oeste e no centro-sul do Maranhão, apesar de não mostrarem o mesmo nível de severidade daquelas regiões anteriormente mencionadas, apresentam substancial risco de apodrecimento para madeiras e produtos derivados.



**Figura 1** – Teor de Umidade de Equilíbrio (TUE) - Elaborado com base nas normas climatológicas de temperatura e umidade relativa do ar, período - 1931/60/90.



**Figura 2** – Potencial de Ataque Fúngico (PAF) - Elaborado com base nas normas climatológicas de temperatura e número de dias de chuva, período - 1961/90.

#### 4-BIBLIOGRAFIA

BRASIL, Ministério da Agricultura – Instituto Nacional de Meteorologia – Normais Climatológicas (1931-1960), 3ª edição. Rio de Janeiro, 1984.

BRASIL, Ministério da Agricul-

tura – Instituto Nacional de Meteorologia – Normais Climatológicas (1961-1990), 1ª edição. Brasília/DF, 1992.

CRESSIE, N.A.C. (1990), “The Origins of Kriging” *Mathematical Geology*, v.22, p.239-252.

SCHEFFER, T.C. A climate

index for estimating potential for decay in wood structures above ground. *Forest Products Journal*, vol. 21 n° 10, 1971.

SIMPSON, W.T. Equilibrium moisture content: prediction for wood. *Madison, Forest Products Journal*, 21(5), 48-9, 1971.