

## CLIMATOLOGIA APLICADA AO USO DA MADEIRA

JOSÉ DE FÁTIMA DA SILVA<sup>1</sup> - [defatima@inmet.gov.br](mailto:defatima@inmet.gov.br)

EXPEDITO R. G. REBELLO<sup>2</sup> - [rebello@inmet.gov.br](mailto:rebello@inmet.gov.br)

VARLONE ALVES MARTINS<sup>2</sup> - [varlone@lpf.ibama.gov.br](mailto:varlone@lpf.ibama.gov.br)

MARCUS VINICIUS DA SILVA ALVES<sup>1</sup> - [malves@lpf.ibama.gov.br](mailto:malves@lpf.ibama.gov.br)

GUSTAVO STANCIOLI CAMPOS DE PINHO<sup>3</sup> - [gcompos@lpf.ibama.gov.br](mailto:gcompos@lpf.ibama.gov.br)

### RESUMO

O território brasileiro apresenta, em geral, uma grande variação na umidade de equilíbrio da madeira. Verifica-se também, um elevado potencial de apodrecimento para madeiras em condições de serviço, não obstante as significantes diferenças neste parâmetro entre as diversas regiões. No presente trabalho, dados meteorológicos como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, foram compilados e sistematizados. Com base em trabalhos científicos anteriormente desenvolvidos, o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET em conjunto com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, realizou o mapeamento nacional dos teores de umidade de equilíbrio e do potencial de ataque fúngico visando orientar e apoiar o setor madeireiro em sua busca pela melhor utilização da madeira e produtos derivados.

### SUMMARY

The Brazilian territory shows, in general, a great variation in the equilibrium moisture content of wood. A high decay potential of off-the-ground wood structures is also observed despite the variation shown by the index values determined throughout the country. In the present work meteorological data such as temperature, air relative humidity and precipitation were compiled. Based on these collected data and on previously published scientific work, the Brazilian Institute of Environment and Natural Renewable Resources – IBAMA, together with the Brazilian Institute of Meteorology – INMET, prepared maps of the Brazilian territory showing the distribution of wood equilibrium moisture content and wood decay potential values aiming to guide and support the timber sector on its search for better utilisation of wood.

### 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 prazo. Entre estas 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 estas trocas de vapor d'água se equívalem e o teor de umidade da madeira tende a se estabilizar. Este 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 madeira quando em uso é exposta a URA's e a temperaturas que variam tanto no ambiente de exposição, diariamente, como em função das estações do ano, causando pequenas alterações em toda sua estrutura lenhosa. As variações diárias tendem a afetar a madeira apenas superficialmente, ao passo que, aquelas de longo prazo, podem causar alterações mais profundas comprometendo seriamente as dimensões e na qualidade da madeira onde quer que esteja sendo aplicada, desde o uso doméstico, comercial, e, até mesmo na composição de estruturas em ambientes externos. Medidas de proteção como a aplicação de vernizes, ceras ou tintas podem retardar, mas dificilmente vão evitar estas trocas de umidade entre o ar e a madeira.

<sup>1</sup> Meteorologista – Serviço de Pesquisas Aplicadas – SEPEA/CDP/INMET

<sup>2</sup> Meteorologista – Serviço de Pesquisas Aplicadas – SEPEA/CDP/INMET

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal – Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal – Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal – Laboratório de Produtos Florestais – LPF/IBAMA

A importância do TUE prende-se ao fato de ser este o parâmetro ideal para se estabelecer um referencial para a caracterização das condições seca, onde o teor de umidade deve ser igual ou ligeiramente inferior ao teor de umidade de equilíbrio médio da região onde a madeira será utilizada. Esse procedimento é fundamental para que as trocas de umidade da madeira com o 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 constante 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) é definido como um indicativo do risco de apodrecimento a que a madeira está sujeita, quando exposta a condições climáticas adversas. As marcantes diferenças climáticas verificadas no território brasileiro demandam medidas de proteção também diferenciadas. Dessa maneira, a indicação de zonas de alto PAF (apodrecimento), baseada em parâmetros climáticos, é extremamente importante na determinação de medidas de proteção adequadas por meio de tratamento que consiste na extração da umidade da madeira por processos térmicos, com aplicação de resinas especiais de selamento do sistema poroso da madeira para uso nas diversas regiões do Brasil.

Este trabalho fornece parâmetros essenciais para se relacionar à estabilidade dimensional e a durabilidade natural da madeira, com as condições climáticas de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. É a climatologia aplicada desde o setor de processamento industrial, à comercialização e ao uso final 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 feito inicialmente um levantamento para 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, para a determinação do TUE, foi usada a equação definida por SIMPSON (1971):

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

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;

$K_1$  e  $K_2$  são constantes de equilíbrio.

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

Dados de temperatura média e de precipitação, provenientes das normais climatológicas de 1931/60 BRASIL (1984) e de 1961/90 BRASIL (1992) das estações climatológicas previamente selecionadas para a determinação do TUE, foram utilizadas para o cálculo do PAF no Brasil.

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

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

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 0,30 mm 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 apresentada por CRESSIE (1990), com a utilização do software *Win Surfer*, e analisados climatologicamente segundo as variações sazonais características dos sistemas meteorológicos atuantes.

## 3 – RESULTADOS

### 3.1 Teor de Umidade de equilíbrio (TUE)

Foram elaborados 12 mapas contendo as médias mês a mês das condições de TUE em todo o Brasil, ilustrados na figura 1.

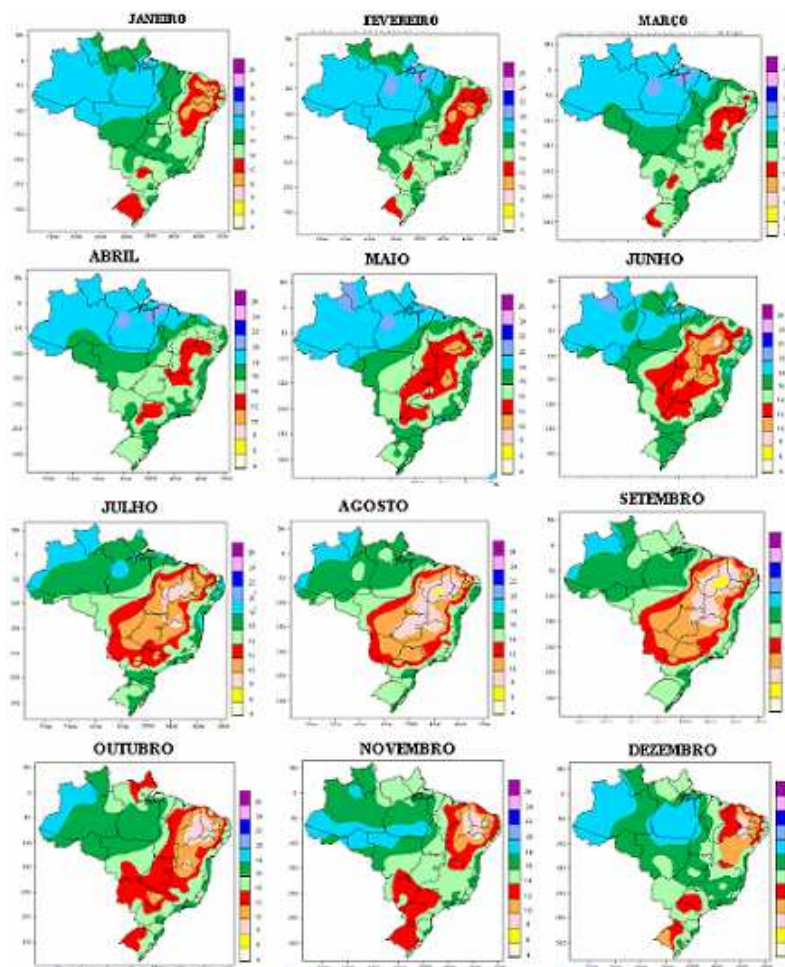


Figura 1. Teor de Umidade de Equilíbrio médio para os meses de janeiro a dezembro em todo o Brasil nos períodos de 1931/1960 e 1961/1990.

A figura 2 apresenta o mapa das médias anuais geradas, referentes às condições de TUE da madeira em todo o Brasil. Os valores médios de TUE representados no mapa são uma primeira aproximação e devem constituir-se em referência no estabelecimento de teores de umidade recomendados para madeiras a serem utilizadas em todo o território nacional.

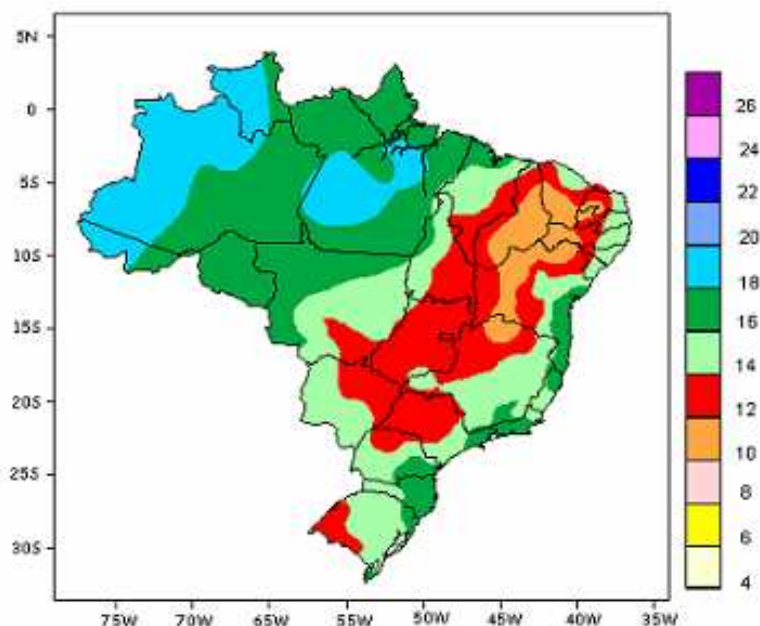


Figura 2. Teor de Umidade de Equilíbrio (TUE) Médio – elaborado com base nas normais climatológicas de temperatura e umidade relativa do ar nos períodos de 1931/1960 e 1961/1990.

Nos mapas mensais (figura 1), são mostradas regiões com grande variação de TUE ao longo do ano, caso típico da Região Centro-Oeste. Estas grandes variações são, pelo menos em parte, responsáveis pelos problemas causados à madeira em uso nessas regiões, como instabilidade dimensional, rachaduras e empenos.

No mapa que contém as médias anuais (figura 2), pode-se observar que a Região Norte e parte da região litorânea brasileira apresentam áreas com TUE mais elevado (16 a 18%). Valores menores de TUE, em torno de 12%, são encontrados no sudoeste do Rio Grande do Sul formando uma grande região que se estende desde o norte do Paraná até o Rio Grande do Norte, passando pelo centro-oeste de São Paulo, nordeste do Mato Grosso do Sul, estado de Goiás, oeste da Bahia, e sul e leste de Tocantins. Toda essa região é cercada por áreas com TUE em torno de 14%. Valores mínimos de TUE (10%) ocorrem no polígono da seca, na Região Nordeste.

Conforme discutido acima, as variações de TUE que ocorrem tanto ao longo do território brasileiro como durante o ano fazem com que a madeira requeira especial atenção com relação à secagem e ao teor de umidade final de utilização. No que concerne aos problemas causados pela instabilidade dimensional da madeira, é fundamental que, no processamento, sejam consideradas as condições de TUE, principalmente as médias anuais, da região a que a madeira e seus produtos derivados se destinam, de maneira a se obter uma melhor performance desse material em uso.

### 3.2 Potencial de Ataque Fúngico (PAF)

Na Figura 3, pode-se observar diferentes zonas correspondentes aos diversos índices de PAF, variando, em toda a extensão do território brasileiro, de 20 a 270. Estes dados revelam que, do ponto de vista climatológico, o risco de apodrecimento de madeiras no país é muito variável. Por outro lado, os resultados apresentados na Figura 3 também indicam que todas as regiões do Brasil, com exceção do noroeste da Bahia e sul do Piauí, apresentam elevado PAF, especialmente quando comparado aos índices apresentados na literatura (MORALES et al., 1980 e SCHEFFER, 1971).

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 polo de produção e comercialização de madeira e derivados, encontra-se numa área excepcionalmente propícia à deterioração biológica.

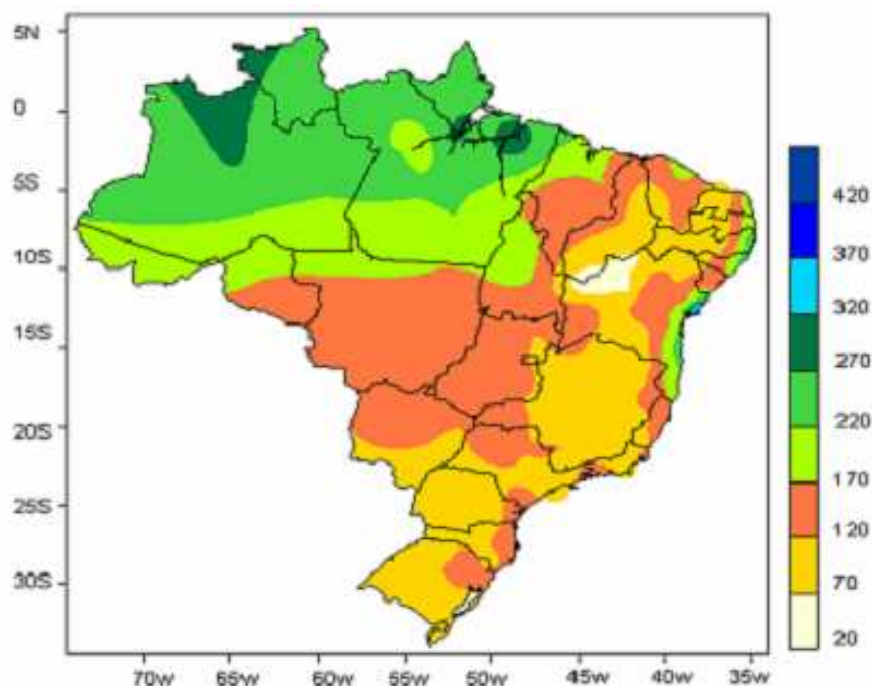


Figura 3. Potencial de Ataque Fúngico (PAF) – elaborado com base nas normais climatológicas de temperatura e número de dias de chuva nos períodos de 1931/1960 e 1961/1990.

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.

#### 4 - BIBLIOGRAFIA

- BRASIL, Ministério da Agricultura – Instituto Nacional de Meteorologia – Normais Climatológicas (1931-1960), 3ª edição. Rio de Janeiro, 1984.
- BRASIL, Ministério da Agricultura – 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.
- MORALES, V.P.; HERAS, G. e ECHENIQUE-MARINQUE, R. Riesgo a pudricion da la madera em diferentes climas de México. *La Madera y su Uso em la Construccion* nº 1, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 1980
- SCHEFFER, T.C. A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. *Forest Products Journal*, vol. 21 nº 10, 1971.
- SIMPSON, W.T. Equilibrium moisture content: prediction for wood. *Madison, Forest Products Journal*, 21(5), 48-9, 1971.