



UMA PROPOSTA DE NORMA TÉCNICA BRASILEIRA SOBRE DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES POPULARES

Maurício Roriz⁽¹⁾; EneDIR Ghisi⁽²⁾; Roberto Lamberts⁽³⁾

(1) Universidade Federal de São Carlos - Departamento de Engenharia Civil

Via Washington Luís, Km 235 - 13.565-905 - São Carlos, SP - Brasil.

(2 e 3) Universidade Federal de Santa Catarina - Departamento de Engenharia Civil -
88040-900 – Florianópolis, SC - Brasil.

e-mail: m.roriz@zaz.com.br, cenegh@leeds.ac.uk, lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO Este artigo resume uma proposta de Norma Técnica Brasileira que define requisitos mínimos aceitáveis de desempenho térmico para habitações de interesse social. O território brasileiro é dividido em 8 zonas bioclimáticas e, para cada zona, são indicadas estratégias de condicionamento térmico passivo que contribuam para elevar os níveis de conforto térmico.

ABSTRACT This article summarizes a proposal of a Brazilian Technical Standard that sets acceptable minimum requirements of thermal performance for dwellings of social interest. The Brazilian territory is divided in 8 bioclimatic zones and strategies of passive thermal conditioning are indicated to each zone as a way of increasing thermal comfort levels.

1 Antecedentes

O Grupo de Conforto Ambiental e Eficiência Energética da ANTAC, desde sua criação, no ano de 1988, vem procurando dar início ao processo brasileiro de normalização sobre esta área específica. Neste sentido, em 1991 realizou o "Primeiro Encontro Nacional Sobre Normalização Quanto ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações". Desde então, muitos passos já foram dados rumo ao estabelecimento destas almeçadas Normas Brasileiras. No âmbito do desempenho térmico, algumas propostas começaram a surgir, com diferentes abrangências e pressupostos.

Para unificar e oficializar o processo, criou-se a Comissão de Estudos sobre Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações (CE-02:135.07), vinculada ao Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-02) da Associação Brasileira de Norma

Técnicas (ABNT). Esta Comissão dividiu seu trabalho em 4 temas: Terminologia, Métodos de Cálculo, Métodos de Medição e Procedimentos de Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações Populares. Após alguns anos de trabalho, em abril de 1998 a Comissão reuniu-se em Florianópolis para procurar compatibilizar os diferentes textos.

Este objetivo foi atingido em relação aos 3 primeiros temas. Quanto aos Procedimentos de Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações Populares, entretanto, a Comissão decidiu adiar sua elaboração para uma futura etapa do processo de normalização e solicitou que fosse formulado um texto que contivesse apenas diretrizes construtivas para a otimização do desempenho térmico de habitações de interesse social. O presente artigo apresenta um resumo da versão atual deste texto.

2 Base de Dados Climáticos

Para definir a base de dados climáticos, dividiu-se o território brasileiro em 6500 células, cada uma correspondendo a um quadrado com 36 km de lado, caracterizado pela respectiva posição geográfica e pelas médias mensais de temperaturas máximas e mínimas e das umidades relativas do ar. Para 330 células contou-se com dados climáticos medidos. Para as demais, o clima foi estimado por meio de interpolação.

3 Metodologia

A metodologia adotada na presente proposta consta das seguintes etapas:

- Classificação do clima de cada célula do território brasileiro através da aplicação de uma Carta Bioclimática adaptada a partir da sugerida por GIVONI (1992).
- Identificação das Zonas Bioclimáticas, agrupando em cada uma o conjunto das células classificadas em um mesmo tipo.
- Formulação de recomendações construtivas, específicas para cada Zona Bioclimática, visando proporcionar condições mínimas de conforto térmico aos usuários. Estas recomendações conjugam as estratégias de condicionamento térmico passivo indicadas por Givoni com limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico adaptados do Método de Mahoney.

3.1 O Método de Mahoney

Sob a coordenação de Carl Mahoney, do Departamento de Estudos Tropicais da Associação de Arquitetura de Londres, um grupo de especialistas desenvolveu um método simplificado de análise climática que vem sendo usado durante quase 30 anos em muitos países como uma importante ferramenta de auxílio ao projeto de habitações, escolas e hospitais. A principal vantagem deste método é que, para aplicá-lo, o projetista não precisa estabelecer hipóteses preliminares. Basta dispor das normais climatológicas locais, anotá-las em planilhas e compará-las com limites de conforto indicados para cada tipo de clima. Esta comparação permite identificar grupos de

problemas climáticos dominantes e, para cada grupo, obter recomendações técnicas a serem consideradas durante o processo de projeto (ONU, 1971).

3.2 O Método de Classificação Bioclimática

As adaptações efetuadas sobre a Carta Bioclimática de Givoni (ver figuras 1 e 2) não refletem qualquer intenção de questionar os fundamentos teóricos da mesma. Nesta etapa do processo de normalização, o trabalho limitou-se a considerar as experiências acadêmicas e profissionais dos especialistas da Comissão de Estudos, bem como alguns aspectos da cultura construtiva típica de cada região brasileira. O item 3.3 compara as duas versões da Carta Bioclimática e relaciona alguns dos motivos que provocaram a necessidade de alterar-se o método original.

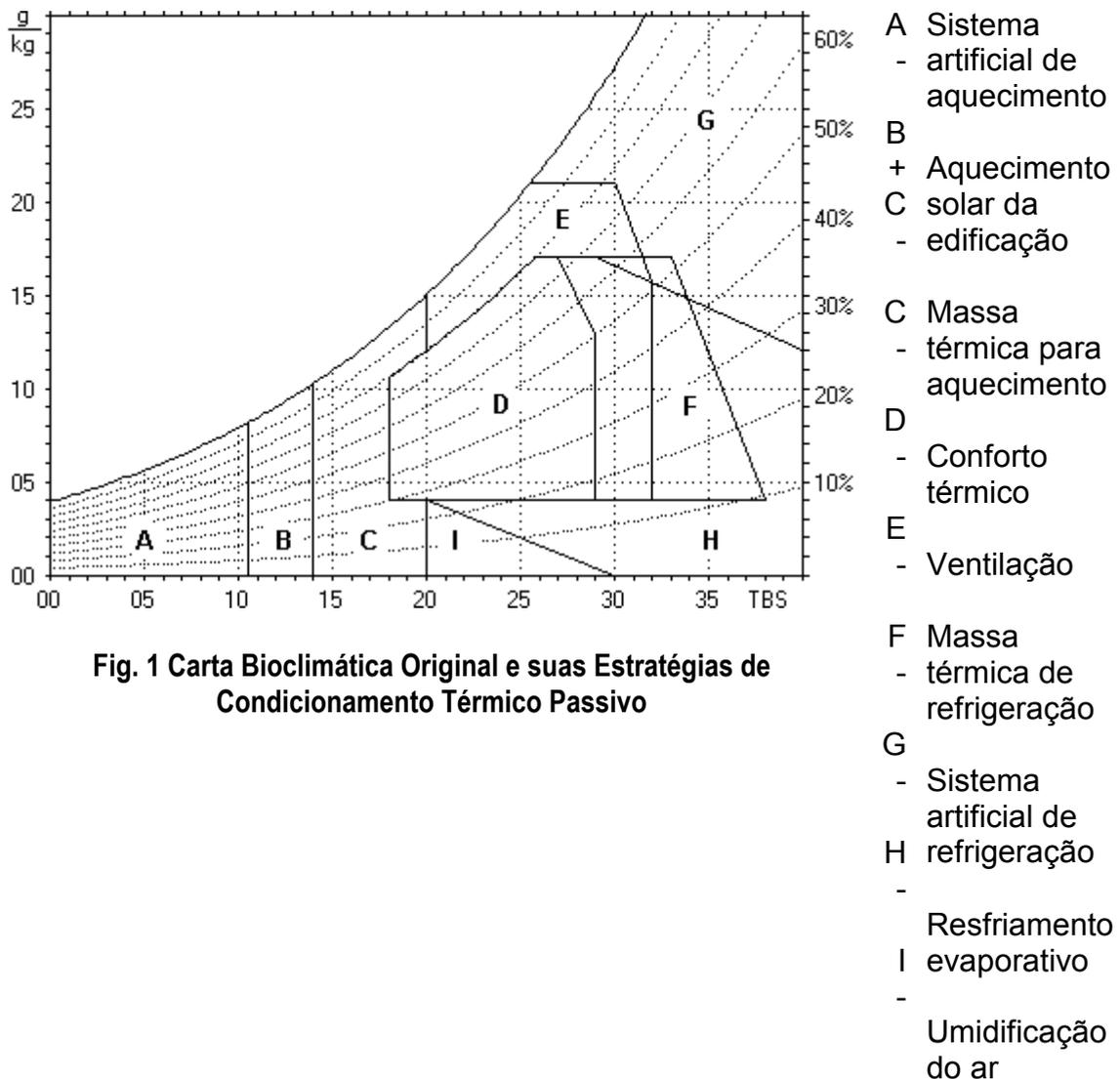


Fig. 1 Carta Bioclimática Original e suas Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo

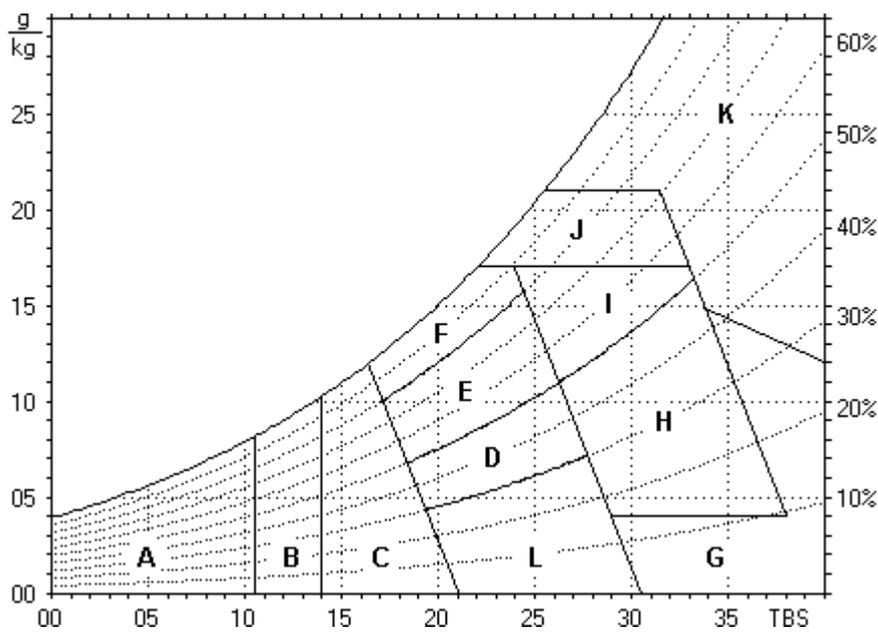


Fig. 2 Carta Bioclimática Adaptada e suas Estratégias de Condicionamento Térmico

- A Sistema artificial - de aquecimento
- B Aquecimento - solar da edificação
- C - Massa térmica para aquecimento
- D Conforto - térmico (baixa umidade)
- E Conforto - térmico
- F Desumidificação + (renovação do ar)
- G Resfriamento evaporativo + Massa térmica de refrigeração
- H Ventilação + Sistema artificial de refrigeração
- I Umidificação do ar
- J
- K
- L

Este método permite identificar o tipo climático de cada localidade. Sobre a Carta, para cada mês do ano e para cada localidade, os dados mensais de temperatura e umidade do ar foram representados por uma reta (fig. 3), obtida da seguinte forma:

Dados de entrada:

T_{min} = Temperatura média das mínimas

T_{max} = Temperatura média das máximas

UR = Média mensal da Umidade Relativa

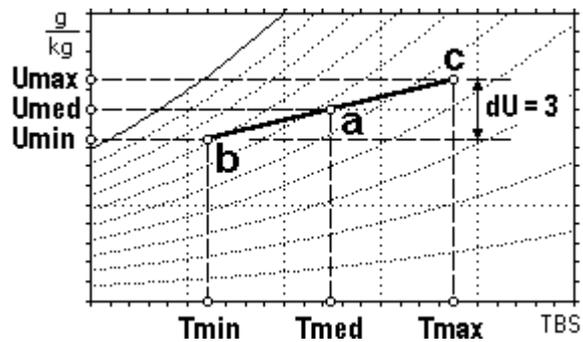


Fig. 3 Representação gráfica do clima

Cálculo da temperatura média mensal:

$$T_{med} = (T_{min} + T_{max}) / 2$$

Na interseção entre T_{med} e UR marca-se o ponto "a", cuja correspondente umidade absoluta é considerada como média do mês (U_{med}). Conforme LAMBERTS et alii (1997), a variação média diária da umidade absoluta do ar pode ser considerada igual a 3 gramas de vapor d'água por quilograma de ar seco. Assim, as seguintes expressões permitem estimar as umidades absolutas mínima e máxima:

$$U_{min} \text{ (umid. absoluta correspondente a } T_{min}) = U_{med} - 1,5 \text{ (g vapor / kg ar seco)}$$

$$U_{max} \text{ (umid. absoluta correspondente a } T_{max}) = U_{med} + 1,5 \text{ (g vapor / kg ar seco)}$$

Localiza-se o ponto "b" na interseção entre as retas que passam por T_{min} e U_{min} e o ponto "c" na interseção entre as retas que passam por T_{max} e U_{max} . A reta "bc" é tomada como representativa de todas as horas de um dia médio do mês considerado. Calcula-se, então, a percentagem destas horas que corresponda a cada estratégia da Carta Bioclimática. No exemplo da figura 4, as horas mais frias do dia estão na região C (massa térmica para aquecimento), enquanto as mais quentes estão na região D. Como a reta inteira equivale a 100% do tempo, os segmentos C, E e D indicam, respectivamente, as percentagens das horas correspondentes a cada uma destas estratégias. Esta operação é repetida para os 12 meses, obtendo-se, assim, as percentagens de cada estratégia acumuladas ao longo de um ano.

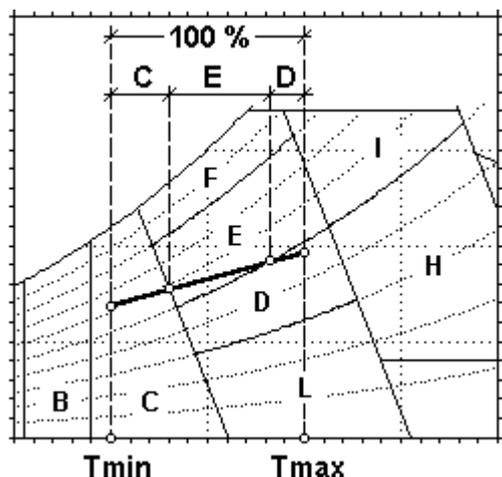


Fig. 4 Percentagens de cada estratégia

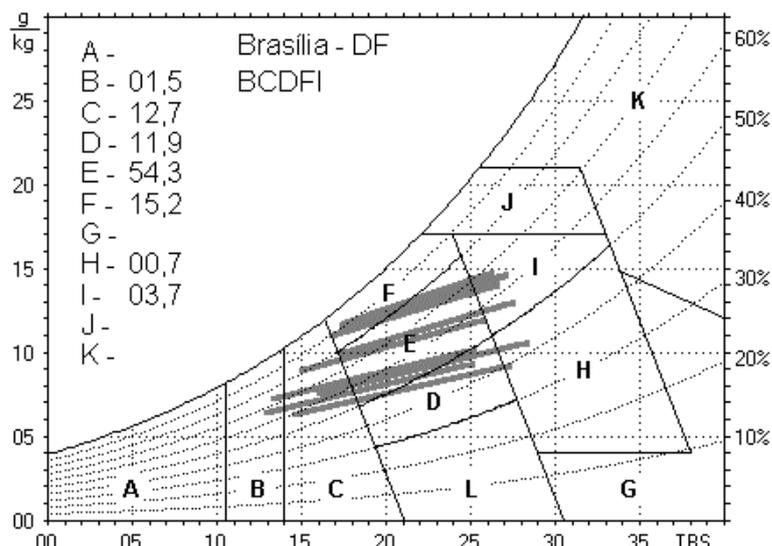


Fig. 5 O clima de Brasília

A figura 5 mostra o clima de Brasília, com as respectivas percentagens das horas correspondentes à cada estratégia. Valores menores que 1% são desprezados. Em seguida, são selecionadas as 5 principais estratégias, exceto a da região "E" (conforto). No caso de Brasília, restariam as seguintes:

B – 1,5 % C – 12,7 % D – 11,9 % F – 15,2 % I – 3,7 %

Estas 5 estratégias (BCDFI) permitem classificar o clima da cidade em uma das 8 Zonas Bioclimáticas, através dos critérios apresentados na tabela 1.

Tab. 1 Critérios para classificação bioclimática

Zona	A	B	C	D	H	I	J
1	SIM					NÃO	NÃO
2	SIM						
3		SIM		NÃO	NÃO		
4		SIM					
5			SIM	NÃO	NÃO		
6			SIM				
7					NÃO		
8				NÃO			

A tabela 1 deve ser percorrida de cima para baixo, procurando-se a primeira Zona cujos critérios correspondam às estratégias características do clima analisado. Por exemplo, para uma cidade ser classificada na Zona 1, precisa ter "A" entre suas estratégias, mas não pode ter "I" nem "J". Assim, Brasília pertence à Zona 4.

3.3 Comparações entre a Carta Adaptada e a Carta Original

A aplicação da Carta Bioclimática original resultou em um zoneamento no qual climas admitidos como distintos foram agrupados em uma mesma zona e climas semelhantes em zonas diferentes. Para tornar o método mais sensível à realidade climática brasileira, foram feitas as seguintes alterações:

a) Foram inclinados os limites de temperatura à esquerda e à direita da zona de conforto, pois as pessoas sentem mais calor quando submetidas a umidades mais altas. Os limites originais (linhas verticais) não identificaram certos períodos reconhecidamente quentes de algumas cidades. A figura 6 mostra um exemplo em que a carta adaptada classifica 12,5% do ano como quente (H+I), enquanto a carta original (figura 7) não aponta nenhum período com calor.

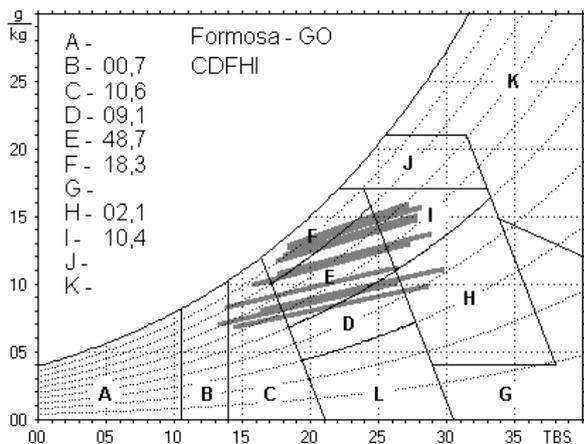


Fig. 6 Formosa, GO (Carta Adaptada)

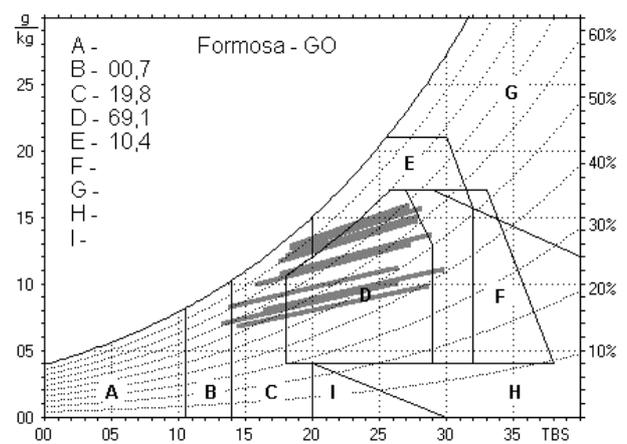


Fig. 7 Formosa, GO (Carta Original)

b) A zona de conforto fica dividida em 2 sub-zonas: A zona D, com umidades relativas entre 30 e 50%, e a zona E, para umidades entre 50 e 80%. Esta medida permitiu constatar diferenças climáticas entre cidades como Belo Horizonte e Patos de Minas, conforme indicam as figuras 8 e 9.

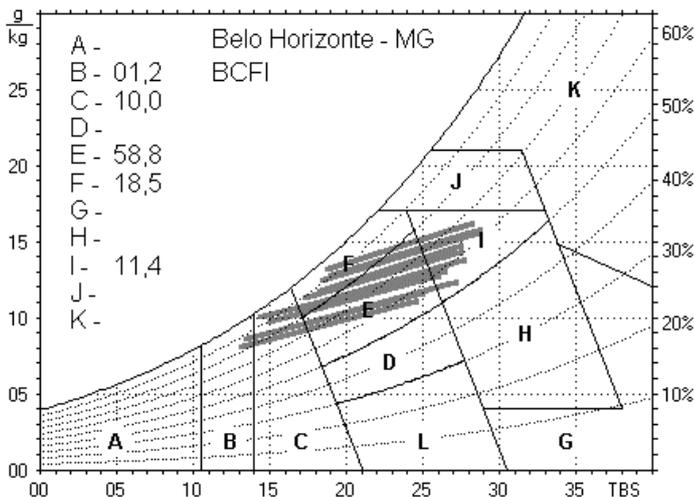


Fig. 8 Belo Horizonte (Carta Adaptada)

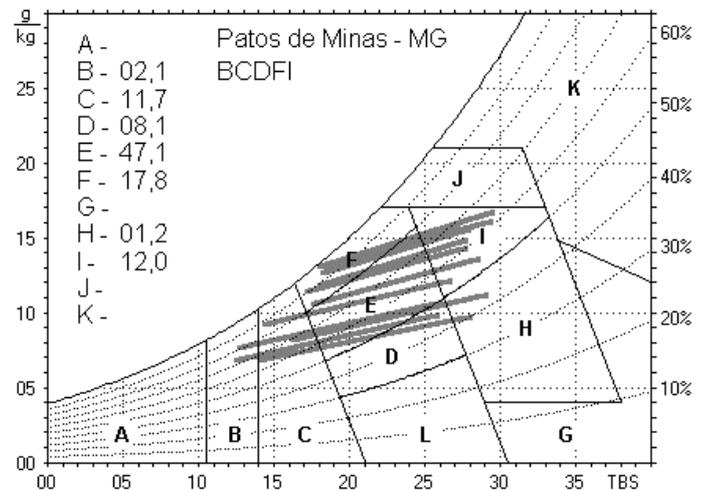


Fig. 9 Patos de Minas (Carta Adaptada)

c) Na carta adaptada, a estratégia de ventilação foi dividida nas zonas J e I. A zona J só é aplicável quando altas temperaturas se conjugam com altas umidades. Esta divisão possibilita distinguir a ventilação seletiva (noturna) da ventilação permanente.

d) Como em diversos outros métodos adotados internacionalmente, o limite inferior de umidade da zona de conforto passa a ser definido pela curva de umidade relativa e não pela linha horizontal (umidade absoluta) indicada na carta original.

e) Criou-se a zona F, para a qual se recomenda a substituição do ar úmido interior pelo ar exterior mais seco. Esta zona exige taxas de ventilação menores que a zona J.

4 O Zoneamento Bioclimático Resultante

A figura 10 mostra as 8 zonas bioclimáticas resultantes. Os números junto à legenda indicam as percentagens territoriais correspondentes à cada clima. A zona 8 (clima quente e úmido) ocupa 53,7% do país, englobando a região amazônica e o litoral nordeste. A região mais fria (zona 1) fica ao sul e representa apenas 0,8%. Há 3 grupos de recomendações para cada zona. Um, sugere limites para Transmissão Térmica, Atraso Térmico e Fator de Calor Solar de coberturas e paredes (tab. 2 e 3). Outro, indica as áreas de abertura para ventilação e o sombreamento de janelas (tab. 4). O último aponta estratégias bioclimáticas que otimizem as condições térmicas das habitações (tab. 5).

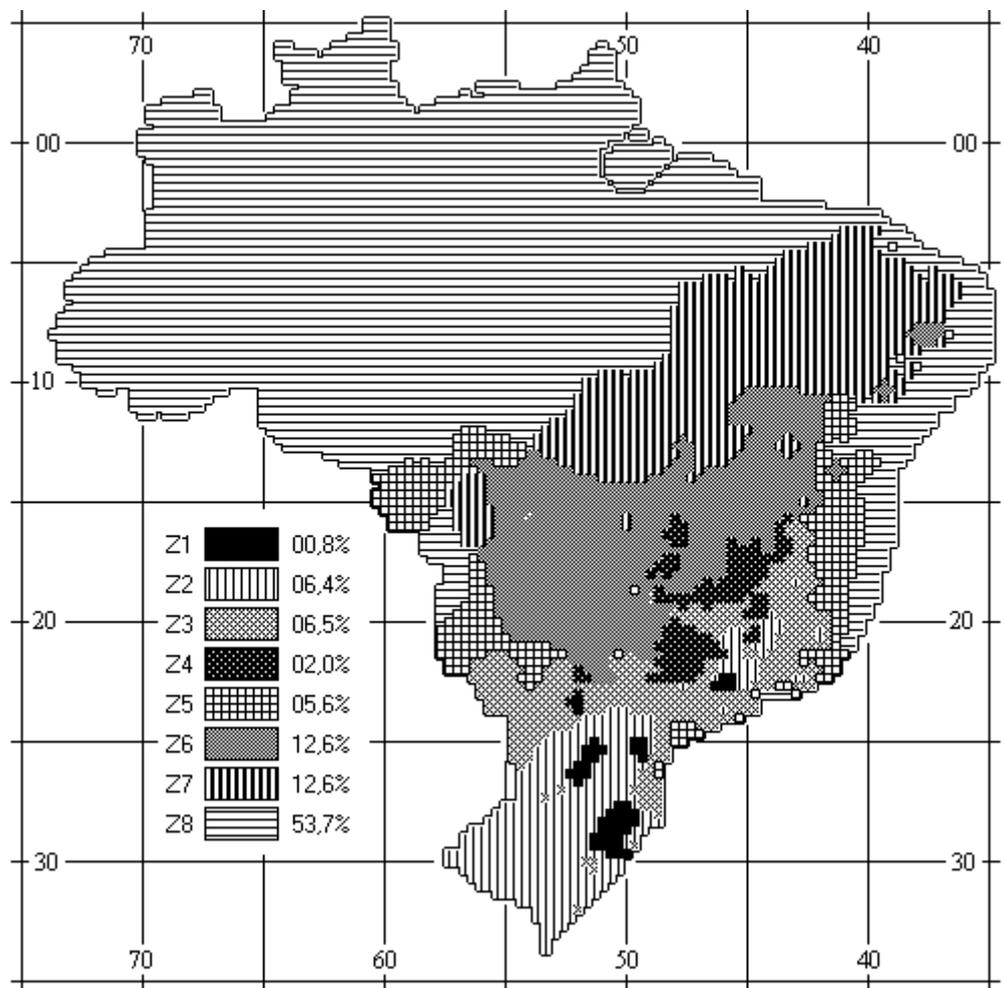


Fig. 10 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Tab. 2 Limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico de coberturas

Zona	Coberturas recomendadas	Transmitância (U, em $W/m^2.K$)	Atraso Térmico (ϕ , em horas)	Fator Solar (FS, em %)
1 a 6	Leves e isoladas	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FS \leq 6,5$
7	Pesadas	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FS \leq 6,5$
8	Leves e refletoras	$U \leq 2,30 \times FT^*$	$\phi \leq 3,3$	$FS \leq 6,5$

* FT é um fator de correção que admite transmitâncias mais altas em coberturas com áticos ventilados (ABNT, 1998).

O Fator de Calor Solar é determinado pela seguinte equação: $FS = 100.U.\alpha .Rse$ (%)

Onde: U = transmitância, α = absorvância, Rse = resistência superficial externa

Tab. 3 Limites aceitáveis de indicadores do desempenho térmico de paredes externas

Zona	Paredes externas recomendadas	Transmitância (U, em $W/m^2.K$)	Atraso Térmico (ϕ , em horas)	Fator Solar (FS, em %)
1 e 2	Leves	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS \leq 5,0$
3, 5 e 8	Leves e refletoras	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS \leq 4,0$
4, 6 e 7	Pesadas	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS \leq 3,5$

Tab. 4 Recomendações quanto ao dimensionamento e sombreamento de aberturas

Zona	Área de abertura para ventilação (A = % da área do piso)	Sombreamento das aberturas
1, 2 e 3	Média: $15\% < A < 25\%$	Permitir sol durante o período frio
4, 5 e 6	Média: $15\% < A < 25\%$	Sombrear
7	Pequena: $10\% < A < 15\%$	Sombrear
8	Grande: $A > 40\%$	Sombrear

Tab. 5 Estratégias bioclimáticas correspondentes à cada zona, para verão e inverno

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8
Verão		J	J	H, J	J	H, J	H, J	J, K
Inverno	A, B, C	A, B, C	B, C	B, C	C	C		

5 Conclusões

O conteúdo deste artigo foi amplamente discutido entre os especialistas da Comissão de Estudos sobre o Desempenho Térmico e a Eficiência Energética de Edificações. Entre julho e agosto de 1999 será submetido à votação entre os sócios da ABNT, podendo vir a fazer parte da primeira Norma Brasileira sobre Desempenho Térmico de Edificações.

Durante esta primeira avaliação, a grande maioria daqueles especialistas entendeu que as propostas aqui formuladas poderão contribuir significativamente para elevar os padrões de habitabilidade das diferentes regiões climáticas do país. Todos, porém, estão conscientes de que este é apenas um primeiro passo, cujas eventuais imperfeições certamente serão identificadas e corrigidas ao longo do tempo e através da experiência a ser proporcionada pela aplicação da futura norma.

6 Referências Bibliográficas

ABNT. (1998). *Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ainda não publicado.

GIVONI, B. (1992). *Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines*. Energy and Building, 18 (1), 11-23.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. (1997). *Eficiência Energética na Arquitetura*. PW Editores. São Paulo.

ONU. (1971). *Climate and House Design – Vol. I: Design of Low-Cost Housing and Community Facilities*. Department of Economic and Social Affairs. New York.