

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

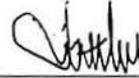
# ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO PARA FINS DE EDIFICAÇÃO

Antonio César Silveira Baptista da Silva

Dissertação apresentada ao corpo docente do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil

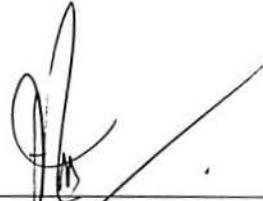
Porto Alegre  
1994

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.



---

Prof. Miguel Aloysio Sattler  
Orientador



---

Prof. Jorge Daniel Riera  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação  
em Engenharia Civil

Banca Examinadora:

- Prof. Roberto Lamberts (co-orientador)  
PhD. pela University of Leeds, Inglaterra.
- Prof. Heitor da Costa Silva  
PhD. pela School of Architecture Association, Inglaterra.
- Prof. Moacir Antonio Berlato  
Dr. pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE / SP.

Aos meus pais, João Baptista e Magali, a quem devo tudo que tenho e sou. A todos, que como meu pai, se dedicam à educação e à pesquisa em prol da nação brasileira.

## AGRADECIMENTOS

- à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e seus professores e funcionários que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, em especial à bibliotecária Juliana, da Engenharia Civil;
- à Universidade Federal de Santa Catarina e seus professores e funcionários, pelo inigualável acolhimento a mim dispensado;
- aos professores e funcionários do CEPSSRM da UFRGS, em especial à pessoa do amigo Alfonso Risso, pela imprescindível colaboração neste trabalho;
- ao professor Miguel Satler, pela importante orientação e incentivo nesta área de atuação e pesquisa;
- ao professor Roberto Lamberts, pela fundamental dedicação e esforço pessoal na orientação deste trabalho;
- aos professores John Martin Evans e Maurício Roriz, pelas colaborações ao decorrer do trabalho;
- aos inestimáveis amigos e colegas da UFRGS e da UFSC, pelo incentivo, companheirismo e lazer;
- aos meus pais, pelo incentivo, apoio e segurança, fundamentais na realização de qualquer tarefa;
- ao CNPq, pelo essencial apoio financeiro para a conclusão deste trabalho e desenvolvimento da pesquisa no Brasil.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1- Considerações Iniciais.....	1
1.2- Objetivos.....	3
1.3- Estrutura da Dissertação.....	4
<b>2- O CLIMA.....</b>	<b>5</b>
2.1- Introdução ao Ambiente Climático.....	5
2.2- O Ambiente Climático.....	7
2.2.1- Influência dos fatores astronômicos.....	8
2.2.2- Influência dos fatores dinâmicos.....	9
2.2.3- Influência dos fatores estáticos.....	10
2.3- Ambiente Climático do Objeto.....	15
2.3.1- Descrição geográfica do Brasil.....	15
2.3.2- Classificações climáticas do Brasil.....	17
2.3.3- Descrição climatológica do Brasil.....	20
<b>3- BIOCLIMATOLOGIA PARA FINS DE EDIFICAÇÃO.....</b>	<b>29</b>
3.1- Conforto Térmico.....	29
3.2- Estratégias de Projeto Bioclimático.....	35

<b>4- ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO.....</b>	<b>44</b>
4.1- Introdução.....	44
4.2- Metodologia e Desenvolvimento.....	45
4.2.1- Zoneamento bioclimático.....	47
4.2.1.1- Identificação das maiores médias das temperaturas máximas mensais (Tmax) e das menores temperaturas mínimas mensais (Tmin) de cada local.....	47
4.2.1.2- Determinação das umidades (URx e URn) correspondentes a Tmax e Tmin.....	48
4.2.1.3- Verificação de desconforto por frio e calor frente ao diagrama de GIVONI.....	49
4.2.1.4- Análise de imagens.....	50
4.2.1.5- Zoneamento bioclimático.....	62
4.2.2- Zoneamento Bioclimático para fins de Edificação.....	68
4.2.2.1- Verificação das médias amplitudes térmicas mensais ( $\Delta t_x$ ).....	69
4.2.2.2- Determinação das estratégias bioclimáticas.....	69
4.2.2.3- Análise das imagens.....	70
4.2.2.4- Zoneamento bioclimático de edificações.....	82
<b>5- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>92</b>
5.1- Conclusão.....	92
5.2- Sugestões para Prosseguimento.....	93
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>98</b>

## Lista de Figuras

### Capítulo 2:

Fig. 2.1- Relevo do Brasil.....	16
Fig. 2.2- Classificação climática de Köppen.....	18
Fig. 2.3- Classificação climática de Nimer.....	20

### Capítulo 3:

Fig. 3.1- Zona de conforto estabelecida por Givoni.....	34
Fig. 3.2- Limites da zona de conforto para velocidade do ar próxima à 2 m/s.....	39
Fig. 3.3- Limites de aplicabilidade do resfriamento convectivo noturno.....	40
Fig. 3.4- Limites de aplicabilidade do resfriamento evaporativo.....	42
Fig. 3.5- Limites de aplicabilidade de estratégias bioclimáticas em países em desenvolvimento.....	43

### Capítulo 4:

Fig. 4.1- Localização das estações meteorológicas.....	46
Fig. 4.2- Visualização gráfica dos desvios de conforto.....	50
Fig. 4.3- Média das temperaturas máximas mensais ( $T_{max}$ ).....	51
Fig. 4.4- Média das temperaturas mínimas mensais ( $T_{min}$ ).....	53
Fig. 4.5- Umidade relativa de $T_{max}$ ( $UR_x$ ).....	56
Fig. 4.6- Umidade relativa de $T_{min}$ ( $UR_n$ ).....	58
Fig. 4.7- Desvio de conforto frente ao período quente ( $\Delta\Phi$ ).....	59
Fig. 4.8- Desvio de conforto frente ao período frio ( $\Delta\gamma$ ).....	61
Fig. 4.9- Zonas bioclimáticas.....	63
Fig. 4.10- Subzonas bioclimáticas.....	64
Fig. 4.11- Subzonas bioclimáticas da Região Sul.....	65
Fig. 4.12- Subzonas bioclimáticas da Região Sudeste.....	66
Fig. 4.13- Subzonas bioclimáticas da Região Nordeste.....	67
Fig. 4.14- Subzonas bioclimáticas da Região Norte.....	67
Fig. 4.15- Subzonas bioclimáticas da Região Centro -Oeste.....	68
Fig. 4.16- Amplitude térmica durante $T_{max}$ ( $\Delta t_x$ ).....	71
Fig. 4.17- Estratégias de resfriamento passivo.....	74

## LISTA DE QUADROS

### Capítulo 2:

Quadro 2.1- Categorias taxonômicas de organização geográfica do clima e suas articulações urbanas .....	7
---	---

### Capítulo 3:

Quadro 3.1- Aplicação do PMV sobre os limites da zona de conforto de GIVONI (1992).....	35
---	----

### Capítulo 4:

Quadro 4.1- Subzonas bioclimáticas e áreas relativas de ocupação.....	64
Quadro 4.2- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação.....	84
Quadro 4.3- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Sul.....	86
Quadro 4.4- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Sudeste.....	87
Quadro 4.5- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Nordeste.....	88
Quadro 4.6- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Norte.....	89
Quadro 4.7- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Centro-Oeste.....	90

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 3:

Tabela 3.1- Pontos de Balanço de Temperatura.....	43
---	----

Fig. 4.18- Estratégias de resfriamento passivo na Região Sul.....	75
Fig. 4.19- Estratégias de resfriamento passivo na Região Sudeste.....	76
Fig. 4.20- Estratégias de resfriamento passivo na Região Nordeste.....	77
Fig. 4.21- Estratégias de resfriamento passivo na Região Norte.....	78
Fig. 4.22- Estratégias de resfriamento passivo na Região Centro-Oeste.....	79
Fig. 4.23- Opções de resfriamento passivo para amenizar desconforto.....	80
Fig. 4.24- Estratégia de Aquecimento Bioclimático.....	81
Fig. 4.25- Reclassificação das estratégias de resfriamento bioclimático.....	83
Fig. 4.26- Zoneamento Bioclimático de Edificações.....	85
Fig. 4.27- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Sul.....	86
Fig. 4.28- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Sudeste.....	87
Fig. 4.29- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Nordeste.....	88
Fig. 4.30- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Norte.....	89
Fig. 4.31- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Centro-Oeste.....	90

## RESUMO

A exemplo de outros países, o Brasil atualmente demonstra preocupações com o consumo energético dispensado ao condicionamento artificial dos edifícios, assim como com a falta de condições de habitabilidade das "habitações populares", e por esta razão necessita de estudos na área da bioclimatologia aplicada a construção.

Este trabalho engloba, de forma conjunta, *o clima, o homem e a edificação*, baseado na climatologia do Brasil e nos estudos da bioclimatologia aplicada em edificações.

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização e diferenciação bioclimática do território brasileiro, com fins de adequação das edificações ao clima e às exigências humanas de conforto higrotérmico.

Para alcançar este objetivo, foram utilizadas normais climatológicas de 204 cidades, referentes a um período de 30 anos (1961 a 1990), publicadas pelo Departamento Nacional de Meteorologia.

Como resultado, obteve-se um *zoneamento bioclimático*, representando as diferentes respostas fisiológicas humanas diante do clima, e um *zoneamento bioclimático para fins de edificação*, representando as características gerais da edificação, diante da realidade climática onde esta será implantada.

Os zoneamentos foram gerados através da utilização de programas de geração de superfícies e interpolação e através de sistemas geográficos de informações (SGI).

## Abstract

Concern is growing in Brazil regarding the amount of energy used in buildings and the poor thermal conditions offered by low cost houses. Therefore, research is needed in building bioclimatology.

This dissertation presents the results of a research work developed to establish the division of Brazil into bioclimatic and building bioclimatic zones, taking into account Brazilian climatology and studies on building bioclimatology. This work will allow a better understanding of the building characteristics necessary to use less energy and provide better thermal comfort.

The climatological data used were monthly averages published by the Departamento Nacional de Meteorologia (National Department of Meteorology) for 204 cities for a period of 30 years (1961 to 1990).

The data were analyzed by a geographic information system in order to have outputs in maps.

## Capítulo 1

# INTRODUÇÃO

### 1.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A conservação das riquezas naturais de nosso planeta, além de ser uma questão ambiental da atualidade, é uma questão econômica que vem assolando o mundo por algumas décadas.

Países desenvolvidos de todo o mundo têm buscado medidas disciplinares para conter o consumo de energia elétrica no setor industrial, no residencial, no comercial e no de transportes [CARVALHO, 1983].

O consumo energético no setor de edificações se dá na produção dos materiais, no transporte destes para a obra, na construção, no uso e na manutenção das condições de habitabilidade. Na manutenção destas condições, um edifício mal projetado pode consumir, em sua vida útil, uma quantidade de energia muitas vezes maior do que todo o conteúdo energético dos materiais que foram utilizados para construí-lo [MASCARÓ, 1983].

Como descreve MEIR (1989), a *internacionalização* da arquitetura desvinculou o projeto do entorno climático onde este seria implantado, causando desta forma a destruição dos padrões tradicionais locais. Com o avanço da tecnologia, os aquecedores e condicionadores de ar compactos passaram a oferecer alto grau de conforto interno a estes edifícios descompromissados com o entorno, a tal ponto que o clima passou a ser ignorado quando da realização do projeto [WATSON e LABS, 1983].

No Brasil, a climatização artificial tem sido utilizada de forma indiscriminada em projetos irresponsáveis, que ignoram o ambiente climático com a intenção de manter um *status* de "alto padrão econômico". Embora o Brasil de maneira geral tenha enormes reservas hidroelétricas, acumulando cerca de 20% das reservas mundiais para somente 2,5% da população mundial, não possui meios financeiros para usufruir desta condição particular [MASCARÓ, 1983]. Além disso, não se deve esquecer que a produção de energia é, de maneira geral, um processo que polui e agride o meio ambiente, tão intimamente ligado à qualidade de vida na Terra, e que toma, nos últimos anos, posição de destaque nas preocupações da humanidade. Mesmo as hidroelétricas, que parecem passivas, quando de um projeto racional, modificam, além da paisagem, da fauna e da flora, as condições climáticas de regiões inteiras, fugindo a qualquer previsão possível de suas conseqüências.

Bem mais grave do que o *descompromisso energético* das edificações de "alto padrão econômico" é o *descompromisso humano* das habitações da população de "baixa renda". O déficit habitacional de cerca de 12 milhões de unidades impulsiona os "programas de habitação popular" que se fundamentam em construir rápido, com baixo custo e em grande quantidade.

Como descreve MASCARÓ (1991), sob esse pretexto de baixo custo, são cometidas as maiores atrocidades em termos de conforto e salubridade na habitação. Milhares de habitações são construídas sem qualquer compromisso com o usuário, como se estas fossem um favor isento de responsabilidade. A técnica e materiais empregados são da mais baixa qualidade, regidos por um fator econômico descompromissado com o bem-estar dos usuários, não havendo legislação que evite esta situação.

No Brasil, a documentação normativa nesta área, se restringe a poucos dispositivos que não atendem às necessidades dos projetistas, não só porque não estão elaborados de forma a instrumentalizar com eficiência o meio técnico mas, principalmente, porque não consideram de forma adequada às diferenças climáticas e sócio-econômicas entre as várias regiões brasileiras [ALUCCI, 1988]. A inexistência de tal documentação vem se refletindo na forma desastrosa com que importamos alternativas construtivas muitas vezes inadequadas a nossa realidade, uma vez que não existem critérios que permitam distinguir o adequado do inadequado.

Como pode-se perceber a dissociação entre edificação e clima gera graves problemas econômicos e sociais. A solução para estes problemas passa obrigatoriamente por uma arquitetura bioclimática. Para que isso seja possível é necessário que se conheça o clima, suas condicionantes e suas variáveis incidentes na edificação e entorno e, principalmente, conhecer sua interação com a edificação e como tirar o melhor proveito desta interação. Os estudos de construções bioclimáticas visam minimizar este problema através do controle passivo das trocas térmicas entre a edificação e seu entorno climático.

Hoje em dia muitos países buscam os meios passivos de condicionamento térmico de edifícios. Como descreve GIVONI (1991), os países desenvolvidos tem seu interesse motivado pelo desejo de conservação de energia e diminuição da demanda de eletricidade consumida pelos sistemas de condicionamento térmico. Nos países em desenvolvimento, onde os condicionadores de ar não são aplicados em larga escala, o interesse por meios passivos é motivado pelo desejo de minimizar o desconforto térmico, seus efeitos sobre a saúde e produtividade e o número de instalações de condicionadores de ar.

Zoneamentos climáticos ou bioambientais são utilizados com o objetivo de determinar características específicas das edificações no referente ao conforto e/ou ao consumo energético dos edifícios. Tais zoneamentos geralmente fazem parte de normas de avaliação térmica e de normas de eficiência energética de edificações.

Os critérios e os métodos podem ser os mais variados e até combinados, de acordo com os objetivos e os dados climáticos disponíveis. Na Argentina, por exemplo, o zoneamento bioambiental, elaborado pelo Instituto de Racionalização de Materiais (IRAM) com a finalidade de conservação de energia, utilizou a *temperatura efetiva corrigida* (TEC), correlacionada com o *voto médio estimado* (PMV) e o índice de tensão térmica de Belding e Hetch para as zonas quentes. Para as zonas frias foi utilizado o conceito de graus/dia. Destes critérios foram obtidas 6 zonas bioambientais com subzonas em função da amplitude térmica [EVANS, 1991].

O IPT (1985) elaborou para o Banco Nacional da Habitação (BNH) um documento preliminar de normalização brasileira para avaliação de desempenho térmico de habitações térreas unifamiliares, no qual consta um zoneamento climático composto de 9 (nove) zonas de inverno e 11 (onze) zonas de verão.

Num trabalho elaborado por BARBOSA e LAMBERTS (1993) foram analisadas algumas normas estrangeiras de conservação de energia e o documento preliminar elaborado pelo IPT (1985). Neste trabalho constatou-se que o *zoneamento bioclimático brasileiro* é um dos itens preliminares a ser desenvolvido com o objetivo da formulação da *norma brasileira de desempenho térmico e energético de edifícios*.

RORIZ (1993), elaborou um estudo preliminar de zoneamento bioclimático brasileiro, utilizando-se de normais climatológicas e da metodologia de Mahoney. Seu estudo resultou em um conjunto de cidades que correspondiam às mesmas recomendações de projeto arquitetônico propostas por Mahoney. Como as planilhas de Mahoney são um tanto minuciosas quanto a estas recomendações, qualquer pequena variação nestas conduzem a caracterização de outra zona bioclimática. Além disso, estes conjuntos não chegam a formar um zoneamento brasileiro, pois se restringem às cidades utilizadas.

## 1.2- OBJETIVOS

1- *Qualificar e Zonear* o território nacional em função das diferentes características climáticas, com vistas ao bem-estar higrotérmico do ser humano. Obtendo-se um *zoneamento bioclimático brasileiro*.

2- *Qualificar e Zonear* o território nacional em função das diferentes características climáticas, visando obter alternativas genéricas de projeto, passivas ou não, que solucionem ou amenizem o desconforto higrotérmico no interior da edificação. Obtendo-se um *zoneamento bioclimático brasileiro para fins de edificação*.

## 1.3- ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Até ser atingida a expressão arquitetônica condizente com o ambiente climático deve-se seguir um processo racional:

**1- Conhecer o clima através do levantamento dos elementos climáticos do local de estudo;**

Este item será satisfeito no Capítulo 2 deste trabalho, onde serão abordadas as principais características do clima e seus fatores condicionantes no território brasileiro.

**2- Avaliar o impacto do clima em termos psico-fisiológicos sobre o ser humano;**

Este item será verificado no Capítulo 3, onde serão definidas as necessidades fisiológicas do homem frente as solicitações higrotérmicas impostas pelo clima. Serão descritas as condicionantes do bem-estar higrotérmico e os estudos que visam reestabelecer tais condições de conforto.

**3- Determinar a solução tecnológica que ofereça as condições de conforto na edificação.**

No Capítulo 4 será feito o confronto do edifício com o ambiente climático verificado no Brasil, a fim de obter as soluções tecnológicas de projeto bioclimático adequadas a nossa situação.

## Capítulo 2

# O CLIMA

### 2.1- INTRODUÇÃO AO AMBIENTE CLIMÁTICO

A origem grega da palavra *clima* (Klíma - inclinação) etimologicamente faz alusão ao conhecimento astronômico da inclinação do eixo imaginário da Terra, responsável pelas estações do ano e por uma série de fatores climáticos.

O Clima pode ser entendido como a integração ao longo do tempo, dos estados físicos do ambiente atmosférico, característicos de um determinado local. O *tempo meteorológico* é uma experiência diária, é o estado instantâneo da atmosfera. Se num determinado local, observarmos continuamente o *Tempo*, veremos que os fenômenos e os elementos meteorológicos constituem um conjunto de propriedades peculiar. Como descreve SERRA (1975a), tal conjunto poderá ser descrito através de medidas estatísticas de médias, extremos, amplitude, frequência de classes, variabilidade, etc, que definem o *clima* do local. Embora variáveis, os elementos meteorológicos oscilam em torno de valores centrais, não ultrapassando certos limites.

O clima é dividido em uma série de componentes denominados de *elementos climáticos*, que por sua vez são resultados de alguns condicionantes, denominados de *fatores climáticos*.

Esses elementos são: a temperatura do ar, a umidade atmosférica do ar, a radiação solar, a precipitação e os ventos. Os *fatores climáticos* são: radiação solar, massas de ar, inclinação do eixo terrestre, superfície receptora de radiação, balanço térmico, rotação terrestre, sistemas de pressão, circulação geral da atmosfera e as correntes oceânicas.

Como descreve VIANELLO e ALVES (1991), a **Meteorologia** é a ciência que descreve as leis gerais da atmosfera no seu sentido mais amplo. Seus interesses incluem a física, a química e a dinâmica da atmosfera, bem como os efeitos dinâmicos sobre a superfície da Terra dos oceanos e da vida em geral. Seus objetivos visam explicar as condições do *tempo*, sua previsão e seu controle artificial.

A **Climatologia**, por sua vez, destina-se ao estudo dos elementos climáticos sobre os mais variados setores da atividade humana com o intuito de descobrir, explicar e explorar o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos, visando ao benefício do homem, tendo em mente que as irregularidades dos fenômenos são as regras gerais e não as exceções. Quando refere-se à relação destes elementos com os seres vivos denomina-se **Bioclimatologia**, dividindo-se em bioclimatologia humana, animal e vegetal. Assim o tema "*zoneamento bioclimático para fins de edificação*" limita-se ao estudo do clima visando adequar a edificação em função das respostas psico-fisiológicas do ser humano aos elementos

climatológicos incidentes. Neste trabalho as condicionantes são os elementos meteorológicos que caracterizam o clima.

Os elementos climáticos são as variáveis efetivamente medidas e que se constituem, então, como os condicionantes diretos do clima. Para as classificações climáticas estas variáveis são agrupadas em faixas de valores e combinadas entre si. Desta forma, todas são importantes nesta combinação, a fim de melhor caracterizar cada região do planeta. Quanto ao conforto térmico humano nem todos os elementos têm a mesma importância na resposta fisiológica do corpo, como será visto mais adiante no capítulo 3.

O ambiente meteorológico e climatológico de um local ou de uma edificação é o resultado de processos físicos atuando em diferentes escalas espaciais e temporais. A circulação geral da atmosfera e as características geográficas de cada continente e de cada país formam as condições básicas no tempo e no espaço.

Pode-se distinguir três escalas espaciais, de acordo com os diferentes tipos de processos físicos implícitos na integração entre a atmosfera e o solo: a macro escala, a meso escala e a micro escala.

A *macro escala* compreende o espaço *zonal* e *regional*. Segundo, PEDROSO (1988) na *macro escala* são necessários, no mínimo, 30 anos de observação meteorológica, segundo a Organização Mundial de Meteorologia. Neste nível trabalha-se com normais de elementos climáticos coletados por intermédio do serviço meteorológico nacional. Nesta escala os dados são mais genéricos, gerando maior influência dos fatores climáticos sobre os elementos climáticos do que nas outras escalas. Desta forma, a latitude, altitude, distância dos oceanos, movimentos da Terra e os centros de ação atmosférica são importantes fatores de organização geográfica.

A *meso escala* compreende o espaço *local* das cidades e das grandes zonas de construção. Segundo PEDROSO (1988), neste nível espacial, devido às influências causadas pelas atividades do homem, a análise deve conter necessariamente as variações diárias dos elementos climáticos e a verificação das interferências dos fatores climáticos locais. Pode-se deduzir as informações meteorológicas para esta escala a partir dos dados meteorológicos da macro escala, de medidas particulares sobre o terreno e de modelos teóricos. Pode-se estabelecer relações genéricas para a transformação de dados meteorológicos da macro escala em meso escala, através de programas específicos, como os citados por PIETROBON (1990), baseados em dados meteorológicos não tratados.

A *micro escala* compreende o clima próximo ao solo, em torno e no interior da edificação. Os dados desta escala normalmente não são coletados pelos postos meteorológicos convencionais, pois que seus aparelhos de medição localizam-se a cerca de 2 metros altura acima da superfície do solo. Os processos físicos e químicos ligando o ambiente meteorológico, em macro escala e meso escala, com as edificações e suas funções, aparecem

nesta escala e são fortemente influenciados pelas edificações e seu entorno, alterando, algumas vezes radicalmente, os elementos climáticos incidentes na edificação.

A relação destas escalas com as fontes de dados e os espaços climáticos e urbanos está esquematizada no Quadro 2.1.

**Quadro 2.1** - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações urbanas

Fonte: PEDROSO (1988)

Ordens de grandeza	Unidades de superfície	Escala de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de Abordagem		
					Observação	Organização	Análise
I	10 <sup>7</sup>	-	-	-	-	-	-
II	10 <sup>6</sup> (milhões de Km)	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélite e Nefanálise	Latitude, Centros de ação atmosférica	Característica Geral comparativa
III	10 <sup>4</sup> (milhares de Km)	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas, sondagens aerológicas e rede meteorológica de superfície	Sistema meteorológicos (circulação secundária)	Redes Transectos
IV	10 <sup>2</sup> (centenas de Km)	1:1.000.000 1:500.000	Sub-regional (fácies)	Megalópode, grande região metropolitana		Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	10 (dezenas de Km)	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana (metrópole)	Posto meteorológico e rede complementar	Integração Geo-ecológica. Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 <sup>-2</sup> (centenas a milhares de metros)	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade, grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especial
VII	dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade, fácies de bairro	(detalhe)	Arquitetura	
VIII	metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação, habitação-setor da habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

## 2.2- O AMBIENTE CLIMÁTICO

O ambiente climático pode ser resumido como o resultado de uma combinação de fatores. Segundo SERRA (1975a), tais fatores dividem-se em três tipos a saber:

I- Fatores Astronômicos: distância do Sol, sua radiação, e os movimentos da Terra.

II- Fatores Geográficos ou Fatores Estáticos: latitude, altitude, inclinação do terreno (vales, montanhas), revestimento (vegetal, rochoso, etc) e posição dos continentes e mares.

III- Fatores Meteorológicos ou Fatores Dinâmicos: influem no clima local através de condições gerais de ventos, frentes, correntes marinhas, sistemas isobáricos médios, massas de ar, etc.

Apesar da separação sistemática com fins metodológicos, os fatores atuam de forma conjunta e indissociável sobre os elementos climáticos, sendo, freqüentemente, muito difícil a verificação da predominância de um sobre o outro. Neste capítulo veremos de forma sucinta e individual a interação e influência destes fatores sobre os elementos do clima.

### 2.2.1- Influência dos fatores astronômicos

O clima que a Terra teria caso fosse sólida, sem mares e desprovida de atmosfera, recebendo apenas a radiação emitida pelo Sol, denomina-se *clima solar*. Este dependeria quase que exclusivamente da *latitude*, caso não fosse os *movimentos* da Terra.

O *movimento de rotação* oeste-leste em torno do próprio eixo de pólo a pólo, num período de 24 horas, resulta na divisão em dia e noite, ambos com 12 horas, caso os demais movimentos não interferissem. Em trajetória aparente do Sol, este nasce no horizonte aproximadamente às 6 horas, alcança a altura máxima às 12 horas e se põem em torno das 18 horas. A radiação que depende da altura do Sol, também acompanha este ciclo. A intensidade de radiação que é nula durante a noite aumenta até a um máximo que coincide com a altura máxima, a partir de quando volta a decrescer até o chegar da noite. Deste fato resulta para a temperatura e demais elementos climáticos, como pressão, umidade, vento, etc, uma variação diurna de período de 24 horas.

A variação diária de temperatura está, desta forma, diretamente relacionada com a chegada de energia solar e conseqüente aquecimento do solo. Existe uma defasagem entre a máxima temperatura do ar e a superfície do solo. Entretanto, este elemento não depende apenas da *radiação*, mas em grande parte da *advecção*<sup>1</sup>. O equilíbrio entre a radiação solar registrada na superfície e a energia por esta emitida, só é atingida nos continentes próximo às 14 horas, quando a primeira já está declinando e a segunda ainda está se elevando, sob o aquecimento progressivo. Nesta hora normalmente ocorre o máximo da temperatura diária. Com o chegar da noite, a energia da superfície continua a ser emitida, fazendo decair a temperatura até a um mínimo que normalmente é registrado pouco antes do nascer do Sol, quando reinicia o aporte de radiação solar. Em função do movimento de rotação a temperatura diária comporta-se de forma aproximadamente senoidal, com valores máximos às 14 horas, mínimas, próximo às 6 horas e médias, às 10 e 20 horas.

De maneira geral, a umidade relativa tem a mesma variação senoidal, porém com extremos inversos. A umidade relativa máxima corresponde a temperatura mínima, enquanto a mínima umidade relativa corresponde a temperatura máxima diária. A capacidade do ar de conter vapor d'água aumenta com a temperatura. Como a umidade relativa é definida como a razão da quantidade de vapor observada, pela quantidade de vapor em que ocorreria saturação a uma dada temperatura, esta é tão maior quanto menor o denominador da equação.

O *movimento de translação* da Terra em torno do Sol num período de 365 dias aproximadamente, gera uma alteração no período de insolação. Isto se dá porque o eixo de rotação da Terra se acha inclinado de  $66^{\circ}33'$  sobre o plano da órbita de translação, que apresenta assim um ângulo de  $23^{\circ}27'$  com o plano do equador. Esta trajetória do Sol em

<sup>1</sup> Transporte "meridiano" de energia ou massa, gerado por gradiente horizontal.

relação ao equador resulta nos *equinócios* e nos *solstícios*. Os *equinócios*, que ocorrem em 21 de março e 23 de setembro, correspondem à datas em que o Sol, em sua trajetória aparente, cruza o equador, resultando em dias iguais às noites. Os *solstícios*, que ocorrem em 21 de junho e 21 de dezembro, correspondem, respectivamente, a maior declinação do Sol sobre o trópico de Câncer e o trópico de Capricórnio. De 21 de março a 23 de setembro, o pólo norte inclina-se para o Sol, resultando em dias maiores do que a noite no hemisfério norte e vice-versa no hemisfério sul. De 23 de setembro a 21 de março o pólo sul inclina-se para o Sol, resultando em dias maiores do que a noite no hemisfério sul e vice-versa no hemisfério norte. Na região do equador os dias tem a mesma duração do que as noites.

Da inclinação do eixo terrestre resultam as quatro estações do ano. A longa duração dos dias e a maior altura do Sol na sua trajetória diurna resultam, para o hemisfério exposto, num mais intenso aquecimento, com resfriamento simultâneo para o outro hemisfério.

Nos equinócios o Sol atinge o zênite por duas vezes no equador gerando uma dupla onda anual com *radiação* máxima. No solstício de verão (21 de dezembro) o Sol atinge o zênite na latitude  $23^{\circ}27'$ , mas nunca atinge o zênite nas faixas extratropicais. A intensidade de radiação varia de acordo com o coseno da latitude, sendo, durante o equinócio, máxima no equador e nula nos pólos.

Pode-se notar que a quantidade de radiação incidente na atmosfera varia em função da latitude. Porém, uma série de outros fatores vêm influenciar na radiação que efetivamente alcança a superfície terrestre. A atmosfera terrestre imprime sobre a radiação incidente perdas por absorção, reflexão e difusão, reduzindo, sensivelmente a quantidade de radiação incidente na superfície. Esta radiação será perdida pela superfície mediante radiação, evaporação e turbulência de acordo com suas características e condições.

Para manter o balanço térmico da Terra os ganhos globais de calor têm de ser iguais as perdas. Isto realmente acontece, porém ambos não são idênticos em qualquer ponto da superfície terrestre. Algumas regiões recebem mais radiação do que perdem, assim tornando-se fontes quentes, enquanto outras recebem menos do que perdem, tornando-se fontes frias. A diferença térmica gera conseqüentemente uma diferença de densidade e pressão do ar. Na busca do equilíbrio de pressão as partículas migram de uma região para outra, conduzindo calor. Tal movimento traduz-se em *ventos*, cujo conjunto forma a *circulação geral* da atmosfera.

### 2.2.2- Influência dos fatores dinâmicos

Como observado no item 2.2.1, a *circulação geral* é conseqüência da diferença entre as *fontes quentes* e as *fontes frias*.

Como descreve SERRA (1975a), a radiação solar pouco aquece a *atmosfera*, sendo quase toda enviada à *superfície terrestre*, cuja emissão acarreta uma queda progressiva

de temperatura em altitude, estabelecendo em cada ponto um *gradiente superadiabático* seguido de intensa *convecção*.

A zona equatorial, possui um excesso de energia em relação ao seu equilíbrio térmico, o contrário sucedendo às zonas polares. Para se estabelecer um equilíbrio global, se faz necessário um transporte "*meridiano*" de energia. O transporte desta energia ocorre através dos *ventos e correntes marinhas*, tendo como causa a *advecção do ar e da água*. Esta movimentação obedece a alguns princípios que analisaremos a partir de agora.

A maior temperatura média das camadas inferiores, nas baixas latitudes, acarreta menor peso para a coluna de ar equatorial em relação a outra polar na mesma altura. Porém nas camadas superiores acontece o oposto, pois que a maior *convecção* equatorial conduz o ar para níveis elevados, onde, em decorrência disso, a pressão aumenta. Logicamente esta *convecção* cessaria quando do aumento excessivo da pressão nos níveis superiores da atmosfera sobre a zona equatorial. Devido ao gradiente de pressão na atmosfera superior "equador-pólo" ocorre um transporte do ar aquecido das camadas superiores do equador para as do pólo. Já no pólo a advecção superior diminui o gradiente vertical e aumenta o peso acarretando a descida do ar e conseqüentemente a pressão junto a superfície. Como na zona equatorial a pressão superficial é bastante baixa, forma-se um gradiente que resulta numa corrente superficial "pólo-equador", conduzindo, assim, ar frio para a região equatorial, fechando o ciclo da *circulação meridiana*.

Semelhante fenômeno ocorre com a umidade atmosférica, que caracteriza o conteúdo de vapor d'água na atmosfera como resultado da evaporação das superfícies aquáticas e dos terrenos úmidos, assim como da transpiração das plantas. Em função da pressão e da temperatura, o ar pode conter uma determinada quantidade de vapor até atingir seu limite máximo, denominado como *pressão de saturação*. Para um mesmo valor de pressão atmosférica a capacidade do ar de reter vapor aumenta em função da temperatura. Em conseqüência a distribuição de vapor não é uniforme, variando diretamente com a radiação solar anual e a temperatura média, sendo, de um modo geral, maior nas regiões tropicais e menor em direção aos pólos. Segundo VIANELLO e ALVES (1991), as máximas concentrações de vapor nas regiões tropicais e equatoriais geram um fluxo de vapor d'água das baixas para as altas latitudes e, ao condensar e precipitar-se, aquece tais regiões, servindo de transporte do *superavit* de calor tropical em direção aos pólos.

### 2.2.3- Influência dos fatores estáticos

Esta interação é talvez a mais importante para a compreensão da distribuição geográfica das variáveis climáticas, como veremos na parte referente à climatologia do Brasil.

### **a) Influência da latitude**

A trajetória aparente do sol varia com a *latitude*, alcançando a maior altitude à linha do Equador (latitude 0) e diminuindo gradualmente à medida que nos direcionamos aos pólos. Daí surge que a radiação solar incidente reduz-se à medida que aumenta a latitude, conforme o ângulo de incidência. Quanto mais próximos do equador, maior a incidência de radiação nos planos horizontais e quanto mais próximos dos pólos (maior latitude), maior a incidência nos planos verticais.

Nas latitudes médias, entre os trópicos e os círculos polares (*zonas temperadas*), a trajetória solar aproxima-se do zênite apenas uma vez por ano, sem jamais alcançá-lo. Isto faz com que nestas regiões o ritmo das estações seja bastante definido em inverno e verão. Já nas baixas latitudes (*zona intertropical*) o Sol atinge o zênite por duas vezes ao ano, diminuindo assim a nitidez do ritmo estacional.

### **b) Influência da altitude**

Como a radiação solar pouco aquece a *atmosfera*, sendo em grande parte incidente sobre a *superfície terrestre*, depende desta o aquecimento do ar. Logicamente o ar que situa-se mais próximo da superfície terrestre sofre maior e mais rápido aquecimento. Desta forma, quanto maior a altitude atmosférica menor a temperatura do ar. Como descreve SERRA (1975b), o gradiente médio vertical da Terra é de  $0,56^{\circ}/100\text{m}$ , embora os valores individuais oscilem de  $0,45$  a  $0,75^{\circ}/100\text{m}$ .

Entretanto, a temperatura da superfície do solo apresenta-se relativamente maior nas montanhas do que nos vales e planícies, devido à maior intensidade da radiação solar. Desta forma as máximas temperaturas no solo são maiores nas montanhas do que nas planícies. Por sua vez as mínimas temperaturas são muito acentuadas, devido à forte emissão noturna provocada pela escassez de vapor, alto coeficiente de transparência, e menor densidade, gerando uma intensidade de radiação duas vezes maior do que nas planícies. Por tudo isso, a amplitude diária cresce muito mais nas cadeias elevadas [SERRA, 1975b].

### **c) Influência da topografia**

No referente à topografia devem ser investigadas: a forma, orientação, grau de exposição, altura e elevações ou vales situados no local, ou próximo a ele, já que estas variáveis podem exercer influência não só na temperatura, como também na distribuição de radiação solar, vento e precipitação.

A influência de pequenas elevações sobre a chuva pode ser bastante pronunciada, especialmente quando os ventos úmidos sopram de forma regular de uma só direção. A face da

peculiaridade do microclima é que quanto mais próximos estamos do solo, maiores serão as variações de temperatura do ar. Os elementos naturais que revestem o solo tendem a moderar os extremos de temperatura e a estabilizar as suas condições. A vegetação reduz a temperatura diurna do solo, enquanto que as superfícies implantadas pelo homem nas cidades tendem a elevar a temperatura e reduzir a umidade do ar. Esta é a causa das "ilhas de calor urbanas" que ocorrem nos grandes centros urbanos e que caracterizam o típico aquecimento diferenciado das cidades em relação ao meio rural que lhes são adjacentes. A forma exata deste fenômeno varia no tempo e no espaço, em função das características meteorológicas locais e urbanas. Desta forma, esse fenômeno gera uma diferença entre a temperatura medida nas estações meteorológicas, normalmente em locais com revestimento natural, e a ocorrente nos grandes centros urbanos.

As superfícies de pavimentação implantadas pelo homem, além de armazenarem grande quantidade de calor, reduzem a umidade do ar, pois impedem a evaporação natural do solo. Desta forma, o conteúdo de umidade do ar aumenta à medida que a temperatura do solo aumenta. O processo de evaporação transforma o calor sensível do ambiente em calor latente nas trocas de estado físico, influenciando na temperatura ambiental.

A vegetação, como já comentado, age diretamente na quantidade de radiação recebida pelas superfícies e quantidade e direção da movimentação do ar. Como explica RIVERO (1985), ao receberem os raios do sol, as folhas, como qualquer corpo, absorvem, refletem e transmitem a energia incidente de forma seletiva com o comprimento de onda da radiação. A absorção é alta: por volta de 90% das lumínicas e cerca de 60% das infravermelhas. Estes valores indicam a perfeita adequação do vegetal a suas necessidades, sendo que a energia solar que utilizará para suas funções vitais se encontram justamente na faixa de radiações visíveis. Uma pequena quantidade se transmite através da folha e o resto se reflete. Da energia absorvida, uma parte considerável se transforma em energia química potencial, por meio do processo da fotossíntese e outra, em calor latente, ao evaporar-se a água eliminada pela folha durante um processo denominado de *evapotranspiração*. Em resumo, a temperatura superficial da folha não é elevada apesar da quantidade de energia absorvida, mantendo-se sempre abaixo da temperatura inerte dos corpos vizinhos, e que a energia refletida é pequena, estando compreendida entre 15 e 30%.

Além dessas características das folhas, os vegetais de maior porte podem causar sombreamento nas superfícies, protegendo-as de uma maior quantidade de radiação incidente e, conseqüentemente, diminuindo-lhes o aquecimento. Junto à superfície do solo de um bosque ocorre uma temperatura muito uniforme. Na verdade, estas condições só se produzem dentro de um bosque, ocorrendo variações nos grandes claros e nos terrenos limítrofes. No entanto, os movimentos convectivos conduzem este ar mais fresco aos arredores, amenizando os extremos de temperatura.

temperatura, mas também pela latitude. Referenciando Johansson, o autor descreve a seguinte fórmula:

$$K = [1,7 A - 14] / \text{sen}(\varphi + 10), \quad (\text{eq. 2.1})$$

onde A e  $\varphi$  são respectivamente a amplitude e a latitude. Os valores de K variariam de 0 a 100. Entretanto, ao se aplicar o método no Brasil, obteve-se valores até negativos, que segundo SERRA (1975d), são fruto de uma inadaptação da fórmula, mas que mesmo assim descreve uma continentalidade nula para toda a bacia amazônica, equiparada a um vasto mar. Segundo o método de Johansson, no Brasil não há climas continentais.

Mesma resposta, no entanto, não é obtida através do *índice de oceanidade* de Kerner, referenciado por SERRA (1975d):

$$O = (100 \times \text{Temp. abril} - \text{Temp. outubro}) / \text{Amplitude Anual}. \quad (\text{eq. 2.2})$$

Segundo o método de Kerner, o Piauí, o Baixo Amazonas e a zona oeste da Bahia, em ordem decrescente, apresentam-se bastante continentais.

## 2.3- AMBIENTE CLIMÁTICO DO OBJETO

Neste capítulo teremos uma sucinta visão do território brasileiro no tocante às suas características geográficas e climatológicas, para que, ao abordarmos o desenvolvimento e analisarmos os resultados obtidos, se possa ter parâmetros de avaliação e validação dos resultados.

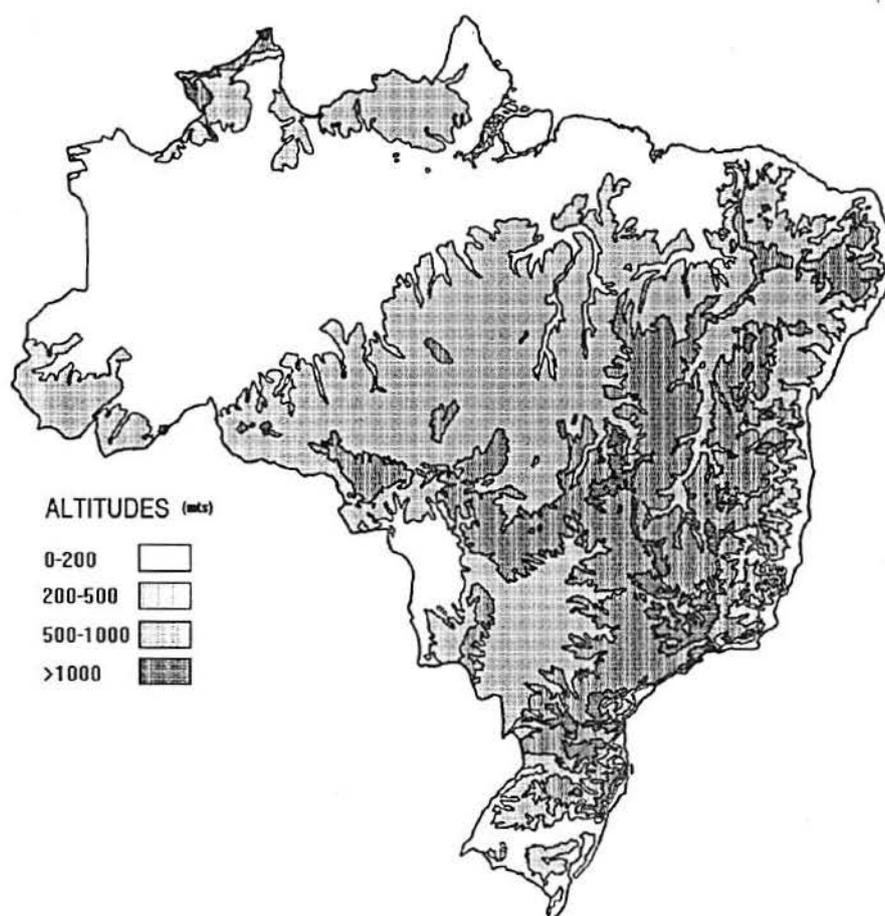
### 2.3.1- Descrição Geográfica do Brasil

O Brasil é o quinto país do mundo em território. Com dimensões tão amplas, apresenta ao longo de seu território paisagens e climas dos mais diversos e até mesmo contrastantes.

O Brasil está situado no setor nordeste-leste da América do Sul, sendo costeado pelo oceano Atlântico num percurso de 7.408 Km e ocupando uma área de 8.511.965 Km<sup>2</sup> entre as latitudes de 5°16'N e 33°45'S. Desta forma, uma pequena parcela de seu território, cerca de 8%, pertence ao hemisfério Norte. O Brasil apresenta 90% de sua superfície na faixa tropical e apenas 10% na zona temperada (abaixo do Trópico de Capricórnio). Segundo SERRA(1975c), por situar-se nesta posição geográfica, o Brasil deveria apresentar clima bem mais quente do que o verificado na realidade. Isto não ocorre devido às suas extensas regiões de planaltos.

O relevo do Brasil é variado, no entanto modesto. Cerca de 40% do seu território encontram-se abaixo dos 200 m de altitude, 45% entre 200 e 600 m, 12% entre 600 e 900 m e apenas 3% acima dos 900 m de altitude. Os planaltos ocupam cerca de cinco milhões de

quilômetros quadrados e distribuem-se basicamente em duas grandes áreas, separadas entre si por planícies e platôs: o planalto das Guianas e o planalto Brasileiro. O planalto das Guianas está situado ao norte da região amazônica, prolongando-se para as Guianas, Suriname, Venezuela e Colômbia. O planalto Brasileiro corresponde ao conjunto de serras e planaltos localizados ao sul do rio Amazonas e ocupa mais da metade do território nacional e suas maiores altitudes localizam-se a leste junto ao oceano Atlântico, decrescendo para norte e oeste. O planalto Brasileiro divide-se em outros cinco planaltos menores: Central, do Meio-Norte, da Borborema, Atlântico e Meridional. As planícies ocupam mais de três milhões de quilômetros quadrados e dividem-se em planície Amazônica, planície Litorânea e pantanal Mato-grossense.



**Figura 2.1-** Relevo do Brasil  
 Fonte: ATLAS CLIMATOLÓGICO DO BRASIL (1969)

O Brasil é também bastante variado quanto ao revestimento vegetal de sua superfície. No norte encontra-se a floresta amazônica, no sul a campanha gaúcha, no oeste o pantanal mato-grossense e no nordeste a caatinga. Entretanto, de um modo geral, a cobertura de maior área é representada pela Floresta Equatorial (*HYLEA*) que ocupa cerca de 40% do país, dominando o norte do país e se constituindo na maior floresta de clima quente-úmido do mundo. Além da floresta Equatorial aparecem a floresta Tropical e a Subtropical. Esta variada cobertura vegetal permite que se tenha *regiões naturais* bem delimitadas.

### 2.3.2- Classificações Climáticas do Brasil

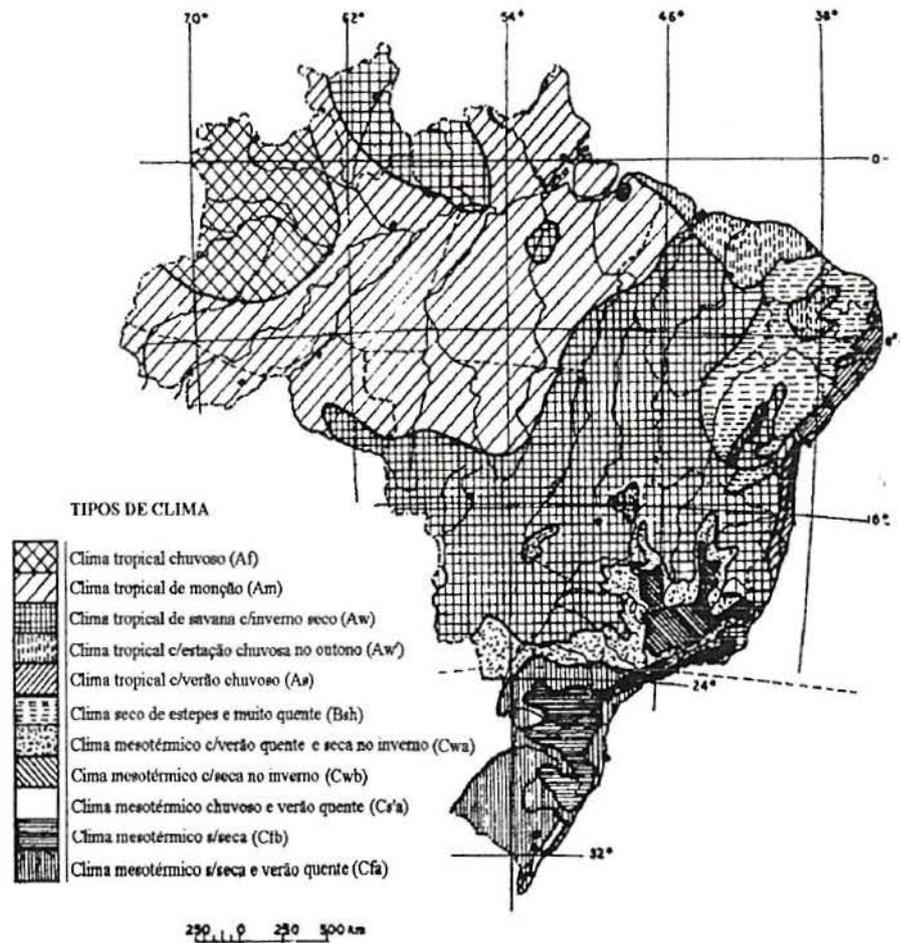
Não existem dois lugares no planeta que tenham exatamente o mesmo clima, mas para fins de estudo estes são classificados de acordo com suas semelhanças. As inúmeras variações do clima de local para local resultam numa enorme variedade de tipos climáticos. Segundo VIANELLO e ALVES (1991), *região climática* é uma certa área da superfície da Terra, sobre a qual os efeitos combinados de diversos fatores resultam em um conjunto de condições climáticas aproximadamente homogêneas. Estas *regiões climáticas* são identificadas e classificadas em diferentes tipos, de acordo com os propósitos a que se destina.

Para a realização de classificações climáticas pode ser adotado o enfoque *empírico*, que apoia-se na configuração climática observada em um só elemento ou na combinação de vários elementos; o enfoque *genético*, que apoia-se nos fatores causais das distinções climáticas; e o enfoque *aplicado*, que apoia-se nos efeitos do clima sobre outros fenômenos. Uma série de classificações climáticas, e até bioclimáticas, são discutidas por SERRA (1978).

#### a) Classificação de Köppen

Existem muitos sistemas para definição dos tipos de clima, sendo porém geralmente empregado o de Köppen, publicado pela primeira vez em 1901 e baseado na observação do "crescimento das plantas". Segundo SERRA (1975b), não só pela respectiva importância econômica, como pela analogia com a vida humana. Dois elementos principais determinam a cobertura vegetal: a temperatura e chuva, que na classificação de Köppen são caracterizados quantitativamente. Isto torna possível a outros pesquisadores questionar a validade de limites particulares, como fez, por exemplo, Thornthwaite (1948), que propôs um *balanço hídrico* para melhorar a classificação de Köppen. Na bibliografia de VIANELLO e ALVES (1991) estão demonstrados detalhadamente os métodos práticos para realizar as classificações. Os símbolos usados para representar grupos, tipos e variedades climáticas são letras maiúsculas e minúsculas. Estas últimas podem ainda aparecer livres ou caracterizadas por um, dois ou três primos.

Este método aplicado ao território brasileiro resultou na divisão climática observada na Figura 2.2.



**Figura 2.2-** Classificação climática de Köppen  
Fonte: VIANELLO e ALVES (1991)

### b) Classificação de Delgado de Carvalho

Segundo SERRA (1978), a divisão climática de Delgado de Carvalho (1917) baseia-se sobretudo em critérios geográficos. Os grupos ficam delimitados por faixas de latitude (critério de temperatura), e as subdivisões pela altitude, proximidade do oceano (temperatura) e por fim umidade (chuva).

A classificação se daria da seguinte forma:

#### A- Clima Equatorial e Subequatorial

1- Superúmido: Amazônia

2- Semi-árido: Nordeste

#### B- Clima Tropical e Subtropical

1- Semi-úmido marítimo: Costa Leste

2- Semi-úmido de altitude: Planalto Central

3- Semi-úmido continental: Interior do Brasil

#### C- Clima Temperado

1- Semi-úmido marítimo: Litoral Sul

2- Semi-úmido de latitude média: Rio Grande do Sul

3- Semi-úmido de altitude: Planalto Meridional

#### c) Classificação pela Temperatura Efetiva

Um estudo interessante, embora de utilidade restringida, foi desenvolvido por SERRA (1978). Tal estudo tentou uma classificação (bio)climática em função da resposta do ser humano frente ao ambiente climático.

Apesar de seu conhecimento das opiniões de que a TE não se aplica às condições ao ar livre, e de que as experiências para obtenção deste índice foram realizadas no estrangeiro, para hábitos diversos dos nossos, SERRA (1978) testou sem muita pretensão esta metodologia sobre o território nacional e principalmente sobre a zona equatorial "para pessoas em repouso e semi-nuas". Mesmo critério não seria lógico no sul do país onde sobretudo no inverno ninguém se manteria ao ar livre nas condições imaginadas.

Os valores de TE foram obtidos a partir de valores médios anuais, não representando as situações mais opressivas.

Os maiores valores de TE, acima de 20°C, aparecem na Amazônia, trechos do São Francisco e nordeste do Rio de Janeiro; segundo o autor, no primeiro, devido à umidade, no segundo, à temperatura do ar e no terceiro, devido a ambos os fatores.

A altitude, pela dupla queda de temperatura e umidade, faz reduzir para 8°C, na Borborema, chapada da Diamantina, sul de Minas Gerais e Serra dos Órgãos; para 4°C, no centro de Minas Gerais e para 12°C, no Planalto Central.

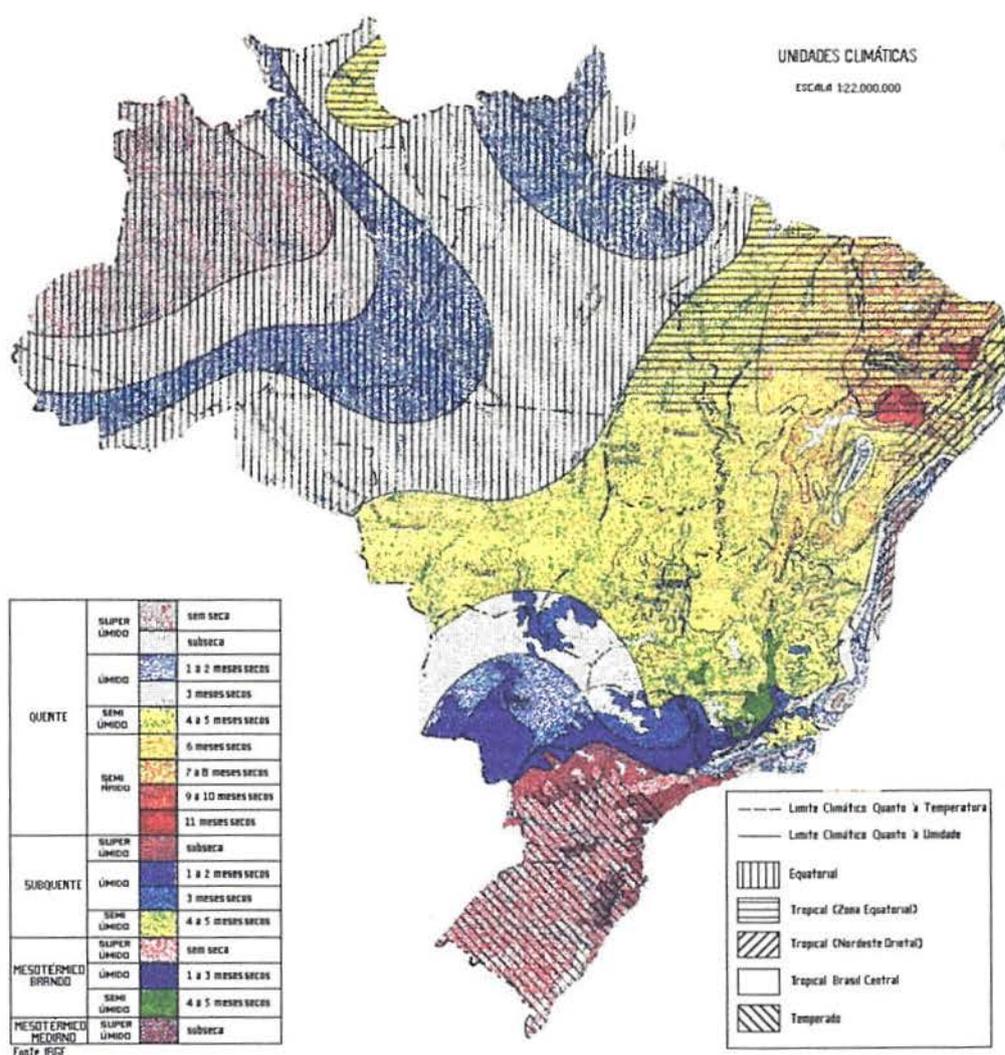
Mais no sul tem-se no litoral sudeste, 12 a 16°C em São Paulo; 4 a 12°C, no Rio Grande do Sul; 4 a 8°C, na Serra Geral e do Mar no Paraná e Santa Catarina.

Segue o autor descrevendo que segundo os padrões europeus de conforto (TE abaixo de 16°C e umidade entre 30 e 70%) somente seriam agradáveis o centro do Estado de São Paulo, a fronteira oeste do Rio Grande do Sul e as cadeias elevadas da Borborema e Diamantina, no nordeste.

Abstraindo-se da umidade, passam a ser considerados confortáveis o Planalto Central, a área sul de Mato Grosso, a Borborema, parte da Bahia, praticamente todo o Estado de Minas Gerais, as partes elevadas do Rio de Janeiro e os estados sulinos, excluindo-se o litoral de São Paulo e Paraná.

#### d) Classificação de Nimer

O geógrafo brasileiro Edmon Nimer, não adotou nenhum critério classificatório tradicional, quando classificou as diferentes regiões geográficas brasileiras, mas sim utilizou parcialmente diversos critérios de diferentes autores, naquilo que lhe pareceu mais significativo. Entre os autores utilizados estão Köppen e Gaussen e Bagnouls (1953). Além de balizar-se em autores tradicionais, NIMER (1989) selecionou aspectos e índices que julgou mais expressivos em cada região brasileira. Desta forma, segundo o autor torna-se possível introduzir na *climatologia tradicional*<sup>3</sup> conhecimentos relativos à *climatologia dinâmica*. Segundo NIMER (1989), o Brasil divide-se climaticamente como demonstra a Figura 2.3.



**Figura 2.3-** Classificação climática de Nimer  
Fonte: Anuário Estatístico Brasileiro 1991 (IBGE)

<sup>3</sup>Climatologia tradicional refere-se à climatologia que não aborda, em seus estudos, os fatores dinâmicos do ambiente climático em questão. Alguns autores denominam a climatologia dinâmica de climatologia moderna.

### 2.3.3- Descrição Climatológica do Brasil

Todo fenômeno da natureza têm de ser compreendido como um todo, e não analisado isoladamente. O clima não é exceção. Fatores físicos tais como relevo, altitude, latitude, maritimidade, etc influem decisivamente no clima e são estudados pela Climatologia Física<sup>4</sup>. As massas vegetais que além de serem causa são também efeito de uma série de características climáticas, sendo estudadas pela Bioclimatologia. Entretanto, o conhecimento das influências dos fatores estáticos ou geográficos que atuam sobre o clima de determinada região, por mais completo que seja é insuficiente para a compreensão de seu clima. O estudo da circulação atmosférica e das massas de ar representa um fator fundamental na compreensão do comportamento climático de uma região. Este campo de estudo cabe à Climatologia Dinâmica, que constitui o fundamento da moderna Climatologia. O clima é a interação destes três campos principais e os valores dos elementos climáticos refletem esta interação. A classificação climática de Nimer, desta forma, apresenta-se como sendo a que melhor abrange os fatores climáticos no seu critério classificatório.

Como este trabalho restringe-se a uma análise quantitativa de alguns elementos climáticos, uma análise mais aprofundada do clima, além de não fazer parte do escopo do trabalho, não seria suficientemente abrangente para se fazer explicar. Neste capítulo busca-se o balizamento da distribuição geográfica dos elementos em estudo, com o fim de possibilitar posterior comparação com os resultados obtidos neste trabalho.

Para fins de estudo, descreveremos a climatologia do Brasil separadamente por regiões territoriais, segundo a classificação de NIMER (1989), adotada pelo Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE), detendo-nos mais especificamente nas variáveis utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho (média das temperaturas máximas e mínimas, amplitude térmica e umidade).

#### a) Climatologia da Região Sul

Segundo NIMER (1989), na Região Sul, ao contrário das demais regiões brasileiras, há o domínio exclusivo do *clima mesotérmico do tipo temperado*. Embora o *clima mesotérmico* apareça em outras regiões brasileiras, sobretudo na Região Sudeste, este apresenta relação de sua ocorrência com as altas *altitudes*. Já no sul do Brasil o *clima mesotérmico* aparece ao nível do mar, estando relacionado com as latitudes médias e, portanto, *do tipo temperado*.

A Região Sul do Brasil, embora não seja das mais uniformes no que diz respeito aos valores e regimes térmicos o é, no entanto, no que se refere a pluviometria e ao ritmo estacional de seu regime.

---

<sup>4</sup> Parte da climatologia que estuda o clima resultante de fatores físicos ou geográficos.

O ritmo das estações das latitudes médias (*zona temperada*) é bastante nítido. Quando o Sol caminha em direção do zênite, a primavera e o verão sucedem ao inverno; quando se afasta, o outono e o inverno sucedem ao verão. Esta nitidez diminui à medida que nos aproximamos da Linha do Equador, pois que nas latitudes baixas o Sol atinge o zênite duas vezes por ano, enquanto que nas latitudes médias este jamais alcança o zênite, fazendo com que esta região não esteja submetida a forte radiação solar.

O relevo na Região Sul apresenta planaltos, serras, planícies costeiras e áreas de baixa altitudes, sendo caracterizado por largas extensões de superfícies de planalto, situadas entre 300 e 900 m, sobre o qual surgem altitudes acima de 900 m.

Pela sua posição, compreendida nas latitudes médias na borda do Oceano Atlântico, a Região Sul do Brasil é atingida pelos *centros de ação* (de alta e baixa pressão) das latitudes baixas e das latitudes altas. Como descreve NIMER (1989), o caráter temperado do clima do Sul do Brasil confere a esta região uma notável oscilação térmica ao longo do ano.

Em função da trajetória aparente do Sol, as estações nas latitudes médias são bastante nítidas, como visto no item 2.2.1. A *estação quente* está sempre relacionada com o *solstício de verão*, enquanto que a *estação fria* relaciona-se com o *solstício de inverno*.

Apesar de situar-se quase que totalmente no interior da zona temperada, o verão é bastante quente, pois durante o solstício de verão os raios solares incidem com pequena inclinação, além de, nesta época, os dias serem muito mais longos do que as noites, aumentando o tempo diurno de radiação. Durante o verão observa-se a influência quase que insignificante da latitude como fator de distribuição térmica. Esta inibição da latitude se dá por que, à medida que aumenta a latitude, além de aumentar a inclinação dos raios solares, também aumenta a duração dos dias em relação às noites. Deste modo, cabe, quase que exclusivamente, ao relevo o controle da distribuição geográfica da temperatura durante o verão.

O inverno é uma estação bastante fria, sofrendo intensas e sucessivas invasões de *frentes polares*, que trazem abundantes chuvas sucedidas por *massas polares*. Os meses de junho e julho são os mais representativos do inverno, pelo considerável aumento da duração da noite em detrimento das horas de radiação diurna e pela maior participação da circulação atmosférica de origem circumpolar [NIMER, 1989]. Nesta época do ano a distribuição das temperaturas é determinada pela maritimidade, latitude e relevo. Ao contrário do que se sucede no verão, quando a altitude do relevo é o fator de absoluta importância, no inverno a latitude e a maritimidade dividem destaque com o relevo na distribuição geográfica das temperaturas de inverno. A distribuição geográfica da *média das mínimas diárias* representada pelo autor, demonstra a influência da *continentalidade*, quando a temperatura diminui do litoral para o interior; a influência da *latitude*, quando a temperatura diminui do norte para o sul e a influência do *relevo*, quando a temperatura diminui com o aumento da altitude no Planalto Meridional.

Segundo NIMER (1989), o sul do Brasil é uma região de pouca diversificação climática em relação às demais regiões geográficas do Brasil, nela destacando-se o *clima mesotérmico superúmido do tipo temperado*. Os *fatores estáticos*, pela simplicidade das formas do relevo e pelo seu balizamento na zona temperada, sem se estender muito para o sul e sem se afastar muito da orla marítima, faz com que a tendência à uniformidade e unidades climáticas, determinada pelos *fatores dinâmicos*, prevaleçam sem notáveis interferências dos *fatores geográficos*. Como pôde-se notar na Figura 2.3, apesar da predominância nítida do *clima mesotérmico*, no norte do Paraná (menores latitudes da Região Sul) e na faixa litorânea do Paraná e Santa Catarina, ocorre o *clima subquente*. Na Região Sul a predominância de formações florestais está em perfeita concordância com o caráter úmido do clima regional e com a variação das condições térmicas ao longo de seu território, apresentando vegetação de transição em áreas de transição climáticas. A Floresta Tropical, por exemplo, na Região Sul, somente se desenvolve no noroeste do Paraná e na parte oriental deste Estado e de Santa Catarina, justamente onde o *clima subquente* invade a Região. Somente os campos limpos dos pampas e dos campos gerais, estão em discordância com as condições climáticas atuais.

#### ***b) Climatologia da Região Sudeste***

Considerando-se o regime de temperatura, a Região Sudeste é a que apresenta maior diversificação climática. O Sudeste brasileiro está localizado no interior da zona tropical, na borda ocidental do oceano Atlântico. Desta forma, o Sol não só alcança o zênite, como o faz duas vezes por ano, submetendo esta região à forte radiação solar.

O relevo da Região Sudeste apresenta os maiores contrastes morfológicos do Brasil. Caracterizado por altas superfícies que variam de 800 a 1200 m, intercaladas por amplos vales e contendo numerosas serras onde são comuns níveis de 1200 a 1800 m, cujos pontos culminantes estão acima dos 2700 m, contrastando com as baixadas litorâneas do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A orografia<sup>5</sup> determina uma série de variedades climáticas, tanto no referente à temperatura quanto à precipitação.

Segundo NIMER (1989), o Sudeste é uma região de transição entre os *climas quentes* das latitudes baixas e os *climas mesotérmicos de tipo temperado* das latitudes médias, porém, esta transição se inclina mais para os climas tropicais do que para os temperados. Embora apresente considerável diferença entre as máximas diárias do verão e as mínimas diárias do inverno, durante o ano há o predomínio de temperaturas amenas.

A época mais quente acontece durante o período de primavera-verão, durante e logo após o solstício de verão, quando os dias são maiores do que as noites. Enquanto as superfícies mais elevadas apresentam máximas de janeiro em torno de 26 a 29°C, no Vale do

---

<sup>5</sup> Orografia = Orcografia: descrição das montanhas.

São Francisco, Vale do Jequitinhonha, Zona da Mata de Minas Gerais, oeste de São Paulo e nas baixadas litorâneas as máximas de janeiro alcançam valores em torno dos 32°C.

Como na Região Sul, o Sudeste brasileiro também enfrenta baixas temperaturas durante o solstício de inverno. Os motivos são os mesmos: menor ângulo de incidência dos raios solares, menor duração da radiação diurna e maior frequência de massas de ar frio de origem polar. Durante esta época os pontos mais altos apresentam frio intenso, até mesmo com valores abaixo de zero, e somente as superfícies baixas próximas ao litoral apresentam temperaturas mais amenas. Segundo NIMER (1989), o período de inverno é melhor representado pelos meses de junho e julho, cujas mínimas diárias, só não acusam médias inferiores a 14°C ao norte de Minas Gerais, no litoral e na baixa encosta das superfícies elevadas voltadas para o litoral, devido à ação moderadora dos ventos marítimos. Enquanto isso, nas superfícies elevadas do centro sul de Minas Gerais, do sul do Espírito Santo, Rio de Janeiro e de São Paulo as mínimas diárias não ultrapassam os 10°C, chegando a 5,1 e 1,8°C no Alto Itatiaia e Campos do Jordão, respectivamente. Como salienta NIMER (1989), embora o afastamento das influências marítimas e o aumento da latitude exerçam papel importante no comportamento das temperaturas mínimas, na Região Sudeste o mais importante fator é assumido pelo relevo. Enquanto ao longo do litoral a média das mínimas varia de 18 a 16°C, do Espírito Santo a São Paulo, perfazendo uma variação de 2°C por latitude e de 6°C por continentalidade, as variações devido à altimetria do relevo alcançam até 14,7°C, como é o caso da média das mínimas de julho entre Angra do Reis (16,5°C), ao nível do mar, e Campos do Jordão (1,8°C), a 1600 m de altitude.

Como pode-se perceber, a Região Sudeste apresenta uma notável diversificação climática, apresentando quatro (4) categorias climáticas, segundo NIMER (1989):

- *clima quente*: caracteriza as áreas litorâneas da região, onde as temperaturas mínimas diárias de julho não são inferiores a 16°C;

- *clima subquente*: compreende as terras situadas acima daquelas cotas altimétricas, cujas temperaturas mínimas de julho estão entre 10 e 6°C;

- *clima mesotérmico brando*: caracteriza as terras situadas na região serrana, cujos valores da média das mínimas estão entre 8 e 6°C;

- *clima mesotérmico médio*: este clima aparece acima das cotas altimétricas de 1600 m das Serras do Mar, Caparaó e Mantiqueira, contendo média das mínimas de inverno inferiores a 6°C.

### c) *Climatologia da Região Nordeste*

A climatologia desta região é uma das mais complexas do mundo, devido à sua posição geográfica em relação aos diversos *sistemas de circulação atmosférica*. Constituída

por um relevo variado, de baixadas inferiores a 500 m até a cotas superiores a 1200 m de altitude, esta região caracteriza-se por grandes variações pluviométricas e pouca variação térmica.

Nas regiões de baixa latitude, como visto anteriormente, o Sol alcança o zênite por duas vezes ao ano, submetendo tais regiões à forte radiação solar devido ao ângulo de incidência dos raios solares. Este é o caso da Região Nordeste, onde observa-se um domínio de temperaturas altas. Somente nas superfícies mais elevadas, sob influência dos ventos alísios, encontra-se temperaturas mais amenas. Nesta região, próxima ao Equador, as temperaturas altas tornam-se quase que uma constante, fazendo com que a *amplitude anual* de temperatura seja praticamente insignificante.

Segundo NIMER (1989), os meses de junho e julho possuem temperaturas mais amenas, devido à um menor aporte de radiação solar, frente ao afastamento do Sol do zênite. Somado a isso, nos meses de junho e julho ocorrem com maior frequência as invasões de *anticiclones de origem subpolar*, principalmente ao longo das áreas litorâneas.

Durante este período já foram registradas temperaturas em torno de 10°C, nos níveis mais elevados do maciço da Borborema a 800 m, e de 1°C, no maciço da Diamantina a 1200 m de altitude. Entretanto, comumente, não descem abaixo de 14°C e 11°C respectivamente, como demonstrado na *média das mínimas de julho* das cidades de Garanhuns (PE) e Morro do Chapéu (BA). Estas temperaturas, apesar de não se manterem por mais de dois (2) dias, conferem a estas áreas médias térmicas muito baixas, frente às baixas latitudes que ocupam.

Excluindo-se o período de inverno (junho e julho), os demais períodos apresentam altas temperaturas. Na metade ocidental da Região Nordeste os meses mais quentes são outubro e novembro, enquanto na metade oriental são os meses de janeiro e fevereiro. Isto se deve a uma onda de maior calor que passa pelo Piauí em meados da primavera (outubro), mas que atinge o litoral somente em fins de verão (fevereiro). Segundo SERRA (1975a), é no mês de outubro que, devido à radiação solar, uma maior quantidade de energia se estabelece sobre a Bolívia e Mato Grosso, se estendendo em direção ao Nordeste brasileiro. Esta radiação alcança o nordeste com aproximadamente um mês de atraso. Segundo NIMER (1989), considerando-se o Nordeste como um todo climático, novembro é o mês mais representativo da estação quente. Verificando-se a *média das máximas de novembro* percebe-se que somente na borda oriental da região e nas áreas mais elevadas a temperatura não supera os 32°C, enquanto nos vales do Sertão do Piauí, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte encontram-se os valores mais elevados do Brasil, em torno dos 36°C.

A principal diferenciação climática do Nordeste, refere-se à irregularidade das precipitações, fazendo surgir nesta região o clima *Semi-Árido*, que cobre 50% de seu território, em meio a climas *superúmidos*, *úmidos* e *semi-úmidos*.

Embora haja diferenciações entre as máximas e as mínimas temperaturas diárias, estas não são suficientes para criar importantes diferenciações climáticas. Segundo NIMER (1989), quanto ao comportamento térmico há a distinção de dois tipos climáticos:

- *clima quente*: que abrange mais de 95% do território nordestino;
- *clima subquente*: inclui as áreas de maior altitude, tais como no maciço da Borborema, Diamantina, Conquista e Espinhaço.

#### **d) Climatologia da Região Norte**

A Região Norte do Brasil compreende quase toda a região amazônica, que ocupa quase metade do território brasileiro e constitui a maior floresta quente úmida do Globo. A Região Norte, juntamente com a Centro-Oeste, possui a mais deficiente rede de estações meteorológicas do Brasil. Estas poucas estações existentes estão, em sua maioria, concentradas ao longo do Rio Amazonas, fazendo com que não se tenha um íntimo conhecimento climático de toda região. Entretanto, pela simplicidade de seu relevo, uma planície ao nível do mar cortada pela Linha do Equador, somados à grande extensão florestal, pode-se deduzir que a Região Norte possui uma considerável homogeneidade climática.

Na verdade, levando em conta o *regime de temperatura*, toda a Região Norte apresenta *clima quente*, com um domínio de temperaturas elevadas. Apenas em pequenas áreas do sudoeste da Região e áreas serranas da fronteira setentrional e da chapada dos Parecis, em Rondônia, possuem temperatura média anual inferior a 24°C. A *umidade relativa* é fator de destaque na Região Norte, que juntamente com intensa *nebulosidade*, não permite *máximas diárias* excessivas.

O período mais ameno compreende os meses de julho e agosto com *médias* superiores a 22°C, porém com *mínimas diárias* algumas vezes inferiores a 12°C na zona meridional da Região, do Acre ao sul do Pará, por ocasião da invasão do anticiclone polar de trajetória continental que, segundo NIMER(1989), é muito comum no inverno. Segundo o autor, apesar da grande homogeneidade térmica, de modo geral, julho é o mês mais representativo do inverno para a Região Norte, quando as médias das mínimas ficam entre 23 e 12°C.

Segundo os cálculos de NIMER (1989), a amplitude térmica diurna da região tomando por base a diferença entre a média das máximas e mínimas diárias, apresenta uma variação entre 8 e 14°C, verificando que a oscilação térmica entre os dias e as noites é bem maior do que a oscilação estacional. Segundo o autor, a topografia e a altitude baixa favorecem o aumento da amplitude diurna, enquanto a natureza do solo profundo e coberto pela vegetação da selva, a forte nebulosidade e a notável hidrografia agem em sentido contrário, diminuindo a amplitude quão mais próximo do Rio Amazonas.

### e) Climatologia da Região Centro-Oeste

A Região Centro-Oeste é constituída por um relevo de vastas superfícies baixas, extensas chapadas e elevadas superfícies cristalinas, que combinadas com a enorme extensão territorial, entre 5 e 22° de latitude Sul, proporcionariam uma grande diversificação climática, caso o *mecanismo atmosférico* não assegurasse uma certa homogeneidade climática. Ou seja, enquanto os *fatores geográficos* ou *estáticos* conduzem a diversificação, os *fatores dinâmicos* tendem a uma uniformidade. Segundo NIMER (1989), a combinação destes *fatores* e a *continentalidade*, são responsáveis pela distribuição espacial da *temperatura média anual* da Região.

Segundo NIMER (1989), a época mais quente do Centro-Oeste corresponde ao período de primavera-verão, quando o Sol passa pelos paralelos da Região em direção ao Sul. Neste período as *médias das máximas* variam entre 32 e 36°C, das superfícies altas do centro às baixas do norte, apresentando ao norte de Goiás (*hoje o estado de Tocantins, pertencente a Região Norte*) as mais elevadas temperaturas, semelhantes às verificadas no Sertão da Região Nordeste em seu período mais quente. Das superfícies elevadas do centro, às superfícies baixas do sul, essa média varia de 32 a 30°C, atingindo pouco menos do que 30°C nas mais elevadas altitudes do sul de Goiás e Mato Grosso<sup>6</sup>.

Apesar de ter um período muito quente, o Centro-Oeste também possui um inverno (junho-julho) com temperaturas bastante baixas, devido à *continentalidade* e a *secura do ar* durante os tempos estáveis. Durante este período, a *latitude* e o *relevo* determinam nitidamente a distribuição geográfica da *média das mínimas de julho*. Enquanto nas superfícies baixas do norte de Goiás (*hoje o estado de Tocantins*) e Mato Grosso e no Pantanal Matogrossense, as médias são superiores a 14°C, alcançando até 18°C, nas altas chapadas e superfícies cristalinas do centro-sul, elas variam geralmente de 12 a 8°C, caindo abaixo de 8°C na chapada do Amambá (extremo sul de Mato Grosso) e na serra dos Veadeiros (imediações de Brasília).

A *altitude* determina as baixas temperaturas do centro-sul da região sobre as altas chapadas sedimentares, que alcançam cerca de 1200 m nas proximidades de Brasília. No extremo sul da Região, sobre a chapada do Amambá com pouco mais de 500 m, as baixas temperaturas são resultado da conjugação do *relevo* e da *latitude*, que expõe esta área a uma maior incidência do *anticiclone polar*.

---

<sup>6</sup> Quando da publicação da primeira edição de CLIMATOLOGIA DO BRASIL, de Edmon Nimer, em 1979, o estado de Tocantins ainda não havia sido criado a partir da separação do estado de Goiás, não sendo alterado quando da segunda edição, em 1989, após a criação deste Estado. Porém, pode-se verificar claramente, pelas isotermas, que toda referência feita pelo autor ao norte de Goiás corresponderia, ao estado de Tocantins, hoje pertencente a Região Norte.

Segundo NIMER (1989), quanto ao *comportamento térmico*, deve-se reconhecer apenas a presença do *Clima Quente* e do *Clima Subquente*. O *Clima Quente* domina quase toda a *Região Centro-Oeste*, porém sujeito a bruscas mudanças de temperatura durante o inverno. O *Clima Subquente* aparece em áreas ao sul de Goiás, acima da cota altimétrica de 1000 m, incluindo o Distrito Federal e Anápolis, ao sul de Mato Grosso, nas chapadas de Maracajú, Araras, Caiapós, Santa Maria e outras ao sul do paralelo 16° de latitude sul, aproximadamente.

## Capítulo 3

# BIOCLIMATOLOGIA PARA FINS DE EDIFICAÇÃO

### 3.1- CONFORTO TÉRMICO

Muitos cientistas ao longo dos anos pesquisaram e pesquisam as reações psicológicas e fisiológicas do ser humano frente às variáveis climáticas governantes das trocas térmicas do homem com o meio, a fim de determinar sob qual combinação de variáveis a maioria das pessoas encontra o bem-estar térmico.

Uma grande quantidade de variáveis influenciam nestas trocas térmicas e, conseqüentemente, nas respostas fisiológicas e psicológicas do ser humano. Segundo a ASHRAE (1992) a situação de conforto térmico é definida como "aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico".

Sendo o homem um animal homeotérmico, para a manutenção da temperatura interna do organismo relativamente constante, em ambientes com características termo-higrométricas variadas e variáveis, o organismo utiliza o aparelho termo-regulador, que gerencia a quantidade de perdas de calor para o meio ambiente. A termo-regulação apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e se solicitado freqüente ou persistentemente provoca desconforto, queda na potencialidade de trabalho, e até afeta de forma irreparável a saúde do indivíduo.

Deste modo, um ambiente dito confortável, sob o aspecto fisiológico do ser humano, seria aquele que não exigisse, de modo perceptível, os mecanismos do sistema termo-regulador.

O corpo humano pode liberar calor para o meio ambiente circundante através de trocas secas - convecção, radiação e condução - e trocas úmidas - evaporação. Estas trocas são regidas por variáveis ambientais e humanas.

As variáveis ambientais que afetam a percepção higrótérmica do ambiente são:

- Temperatura do Ar;
- Temperatura Média Radiante;
- Umidade Relativa e;
- Velocidade do Ar.

As variáveis humanas são:

- Atividade e;
- Vestimenta.

A expressão do nível de atividade em termos de consumo de energia é feita na unidade *Watt* e denomina-se *Taxa Metabólica*. Considerando-se que um indivíduo grande geralmente consome uma quantidade de energia maior do que um indivíduo menor, para realizar o mesmo tipo de atividade, optou-se por expressar a taxa de metabolismo em termos de área corporal superficial ( $W/m^2$ ). Adicionalmente, utiliza-se o *met* como unidade para expressar a taxa metabólica: *1 met* representa o nível de atividade de uma pessoa sentada, descansando, com uma taxa metabólica de aproximadamente  $58 W/m^2$

As trocas de calor do organismo humano com o meio ambiente dependem fundamentalmente da pele e da vestimenta que denomina-se *sistema corpo-vestimenta*. Como reafirma GONZALES (1986), a vestimenta tem um importante papel como fator modificante do ganho ou das perdas mediante qualquer um dos meios de intercâmbio de calor. Quando o corpo se encontra coberto por vestimenta, o intercâmbio térmico se produz principalmente na parte externa da roupa, afetando o corpo só indiretamente. Sob tais condições ocorrem simultaneamente três processos diferentes de intercâmbio térmico: entre o corpo e a roupa, entre a roupa e o entorno e entre as partes descobertas e o entorno.

A vestimenta, que mantém uma camada, mínima que seja, de ar parado, dificulta as trocas por convecção e radiação. A vestimenta funciona como um isolante térmico - que mantém, junto ao corpo, uma camada de ar mais ou menos aquecido, conforme seja mais ou menos isolante, conforme seu ajuste ao corpo e conforme a porção de corpo que cobre [FROTA e SCHIFFER, 1988]. A roupa diminui a velocidade do ar sobre a pele, ao mesmo tempo que permite um aumento de umidade sobre ela.

A resistência térmica da vestimenta depende do tipo de tecido, da fibra, do ajuste ao corpo, e deve ser medida através das trocas secas a quem a usa. Usualmente os níveis de vestimenta são apresentados em termos do efeito global de trajes típicos, expressos em unidades de resistência ao fluxo de calor ( $m^2K/W$ ). Frequentemente é usado o valor de *clo*, onde 1 *clo* é o isolamento (resistência) oferecido por uma vestimenta típica de condições ambientais interiores no inverno ( $= 0.155 m^2K/W$ ).

Devido à quantidade e natureza destas variáveis, a estimativa da sensação de conforto torna-se bastante complexa e somente pode ser verificada através de índices de conforto.

O índice mais utilizado é o *Voto Médio Estimado (PMV)*, desenvolvido por FANGER (1972), a partir de uma equação de conforto que resume todos os processos de trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Seu trabalho, fruto de cinco anos de experiência (1967/72) com estudantes na Dinamarca e Estados Unidos, na faixa etária de vinte anos, é considerado o estudo mais completo e detalhado até hoje disponível sobre o assunto, sendo sua aplicação sugerida pela ISO 7730. Baseado em experimentos em câmaras climáticas, afirma que a temperatura média da pele ( $T_p$ ) e o calor liberado pela evaporação do suor por unidade de área superficial do corpo ( $E_{tr}$ ), ambos em função da atividade do indivíduo, são

úteis na avaliação das condições básicas de conforto térmico. Os valores médios de  $T_p$  e  $E_{tr}$  foram definidos experimentalmente com grupos de pessoas, considerando-se a área superficial do corpo humano em função do peso e da altura.

A partir do conhecimento de física e fisiologia humana, obteve as principais variáveis que devem ser consideradas: temperatura de bulbo seco do ar, temperatura média radiante, umidade relativa e velocidade relativa do ar, nível e eficiência da atividade e a resistência térmica da roupa. A equação é bastante complexa de modo que uma série de diagramas foi gerado através de computador para facilitar o seu uso, através dos quais, ou por soluções analíticas, é possível avaliar as condições de conforto térmico de um recinto, estimar a combinação dos parâmetros ambientais, de modo a gerar uma situação de conforto para níveis preestabelecidos de atividade e vestimenta.

O Voto Médio Estimado (*PMV*) é representado por uma escala psicofísica de sensação térmica composta de sete pontos e foi utilizado para poder medir o grau de desconforto originado pela combinação das variáveis. Esta escala assumia os seguintes valores:

- 3 - muito frio;
- 2 - frio;
- 1 - leve sensação de frio;
- 0 - neutralidade térmica;
- +1 - leve sensação de calor;
- +2 - quente;
- +3 - muito quente.

Fanger considera que sua equação de conforto é universal, ou seja, não é afetada por variáveis tais como sexo, idade, hora do dia e aclimatização da população local. O autor considera que o fator de *aclimatização*<sup>1</sup> está inserido no valor da resistência térmica da roupa habitualmente utilizada em cada local.

Desta forma, o *PMV* torna-se por demais específico para uma utilização em um zoneamento bioclimático. A utilização do índice *PMV* para se determinar um zoneamento bioclimático num país tão diversificado como o Brasil, torna-se bastante dificultada pelo fato de ter que determinar especificamente uma vestimenta para cada variação, em qualquer uma das demais variáveis de conforto, ou adotar genericamente uma vestimenta única, que não representaria a aclimatização local do ser humano.

---

<sup>1</sup>Como descreve BLIGH (1990), não há distinção etimológica entre *aclimatização* e *aclimatação*, mas convencionou-se estas duas formas para identificar respectivamente estudos em ambiente natural e estudos em laboratório, nos quais somente uma componente ambiental é variável.

Esta possibilidade de adequação da vestimenta é oferecida por uma zona de conforto, que apresente limites mais amplos do que os oferecidos pelo índice PMV, considerando fixas as variáveis envolvidas.

Além disso, muitos autores acreditam que as pessoas possam aclimatizar-se expondo-se a ambientes frios ou quentes, referindo-se a um ajuste fisiológico do corpo às condições a que está submetido na maior parte do tempo. Em função disso as condições de conforto variariam em diferentes partes do mundo.

SZOKOLAY (1985) diz que não considerar a aclimatização "(...) é contrário ao conhecimento acumulado, tanto quanto aos mais recentes achados da pesquisa". SZOKOLAY (1985) refere-se, entre outros, aos trabalhos de HUMPHREYS (1975) e de Auliciems (1981).

HUMPHREYS (1975), e posteriormente Auliciems (1981), ao examinar mais de 60 estudos de conforto térmico, previamente aplicados em diversas regiões do mundo, observou, por regressão linear, que a temperatura de neutralidade térmica apresentava acentuada relação com a temperatura exterior [SZOKOLAY, 1985]. Além disso, verificou que esta relação era curvilínea ou linear em função dos edifícios terem ou não climatização artificial [RORIZ e BASSO, 1991]. MAHONEY *et al* (1973), também definem zonas de conforto em função da temperatura média anual. Entretanto, não é esclarecido como obteve-se tal relação.

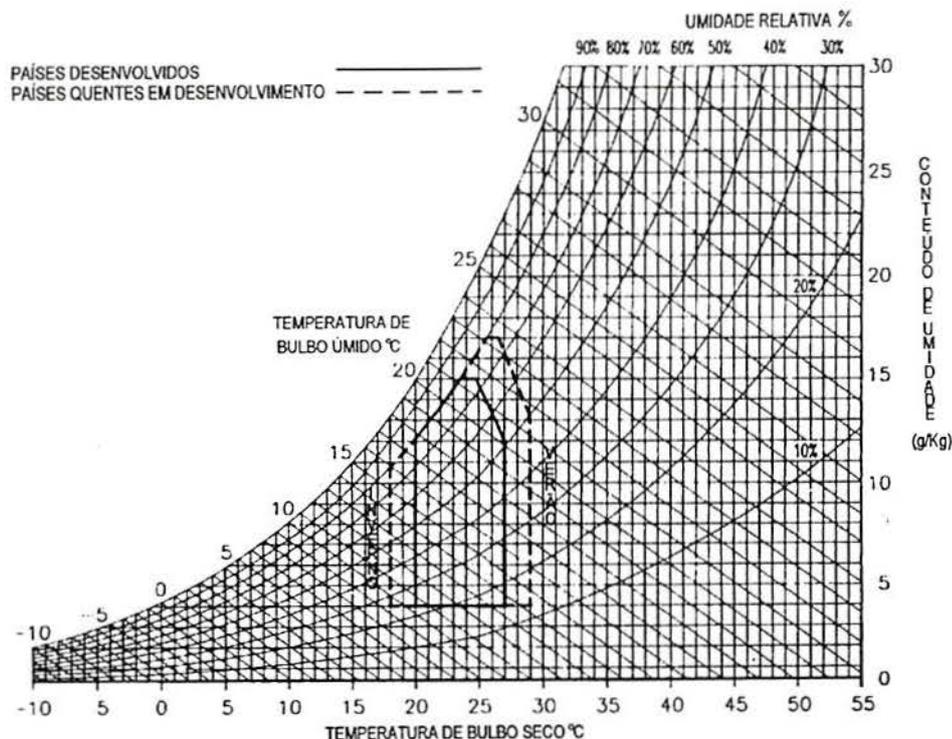
Poucos estudos são desenvolvidos relacionando aclimação à climas quente-úmidos com respostas subjetivas a altos índices de umidade. Um dos raros estudos foi elaborado no Japão por TANABE (1988), que submeteu indivíduos a testes com altos índices de umidade. Fisiologicamente, considera-se um limite inferior para umidade de 20 a 30%, sem causar danos de ressecamento nas mucosas. OLGYAY (1963) cita que usualmente pessoas sob pressões de vapor maiores do que 15 mm se queixam de "opressão" ou sentimento de depressão.

GIVONI (1992) descreve: "(...) é razoável assumir que pessoas de países quentes, vivendo, em sua maioria, em edifícios não condicionados, estejam aclimatizados e possam tolerar maiores temperaturas e umidades". Com a finalidade de direcionar seus estudos aos habitantes de países quentes em desenvolvimento, GIVONI (1992) propõe, em estudo recente, uma nova versão de seu diagrama bioclimático, denominado de *Building Bioclimatic Chart (BBCC)*, promovendo a extensão dos limites de conforto para aplicação nestes locais, tomando em conta dados obtidos em estudos conduzidos em países quentes, tais como os de HUMPHREYS (1975), TANABE (1988), Webb e MILNE e GIVONI (1979).

A BBCC, originalmente desenvolvida por MILNE e GIVONI (1979), fundamenta-se nos estudos realizados por GIVONI (1976) que, após revisar os estudos feitos até 1969, desenvolveu um método para estimar as reações fisiológicas, através de um efeito

combinado de clima e trabalho que, segundo SZOKOLAY (1985), é bastante similar ao de FANGER (1972). Este índice foi denominado de "*index of thermal stress*" (ITS) e baseia-se na hipótese de que a perda de peso do organismo por transpiração e evaporação pulmonar pode ser indicativo de *stress* térmico. Com vistas a facilitar a utilização de seu estudo no campo das edificações, Givoni desenvolveu a BBCC sobre a carta psicrométrica, na qual está representada uma zona de conforto térmico para condições específicas de vestimenta e atividade, levando em consideração o efeito da própria edificação sobre o ambiente interno.

GIVONI (1992) estabelece uma zona de conforto sob condições de ar parado (0,15 m/s no inverno e 0,25 m/s no verão) e estratégias de projeto bioclimático sobre uma carta psicrométrica convencional. A nova BBCC difere os limites marcados para clima temperado (países desenvolvidos) e climas quentes (países em desenvolvimento): Os limites de temperatura a baixas e médias umidades são independentes do nível de umidade, porque nesta faixa de umidades o conforto de *peças de atividade sedentária com vestimenta usual* não é afetado. A maiores umidades, os efeitos de temperatura e umidade são interrelacionados, diminuindo o limite de temperatura com o aumento da umidade. A faixa aceitável para temperatura do ar sem movimento, para países desenvolvidos, é de 18 a 25°C no inverno e de 20 a 27°C no verão. Os limites superiores de temperatura são aplicáveis para baixos níveis de umidade, e os inferiores correspondem a um conteúdo de vapor de 10 e 12 g/kg, respectivamente para pessoas vivendo em países desenvolvidos e países em desenvolvimento. O limite superior de umidade, em termos de umidade absoluta, é de 15 g/kg. Para pessoas vivendo em países em desenvolvimento é sugerido a elevação de 2°C no limite superior de temperatura e 2 g/kg no limite superior do conteúdo de vapor, tomando em conta a aclimatização resultante da convivência com edifícios não condicionados em clima quente.



**Figura 3.1-** Zona de Conforto estabelecida por Givoni  
 Fonte: GIVONI (1992)

Aplicando-se o índice de PMV, através de um programa desenvolvido na UFSC, sobre os limites da zona de conforto estabelecida por Givoni, obtém-se os valores de PMV descritos no Quadro 3.1. Nesta aplicação, a temperatura radiante média foi considerada igual a temperatura do ar e foram utilizadas as seguintes variáveis:

➔ **Metabolismo:**

- pessoa deitada relaxada ( $58 \text{ W/m}^2$ );

➔ **Vestimenta:**

- meias finas, cueca, camisa curta, calça fina e sapato (0.5 clo);
- meias grossas, cueca, camiseta de baixo, camisa comprida, blusa grossa, calça grossa e sapato (1.2 clo);
- meias grossas, cueca, camiseta de baixo, camisa comprida, blusa fina, blusa grossa, calça grossa e sapato (1.4 clo).

Quadro 3.1- Aplicação do PMV sobre os limites da zona de conforto de GIVONI (1992)

Temp. do Ar (°C)	Umid. Relat. (%)	Vel. do Ar (m/s)	Metabol. (W/m <sup>2</sup> )	Vestimenta (clo)	PMV
29	50	0.25	58	0.5	0.9
29	12	0.25	58	0.5	0.5
26.7	75	0.25	58	0.5	0.2
25.5	80	0.25	58	0.5	-0.1
18	80	0.15	58	1.2	-0.8
18	28	0.15	58	1.4	-0.8

Cabe lembrar que os limites de PMV para permanência em conforto variam de 0.8 a -0.8 e correspondem a um *índice de pessoas insatisfeitas* (PPD) de 20%. Desta forma, pode-se verificar que, para atividade metabólica de 58 W/m<sup>2</sup> (pessoas sentadas relaxadas), os limites de Givoni estão praticamente, em sua totalidade, dentro dos limites de conforto de PMV. Esta verificação confirma a utilização da zona de conforto estabelecida por Givoni, na qual cerca de 80% da população deverá estar satisfeita.

Além disso, num trabalho realizado por ARAÚJO (1991), na cidade de Natal (RN), foi obtida, experimentalmente, uma faixa de conforto que varia de 25,27°C até 28,67°C, que situa-se dentro dos limites estabelecidos por Givoni.

Este trabalho de Givoni, sendo a mais recente publicação na área, direciona-se principalmente a edifícios não-condicionados de países em desenvolvimento, que possuem, predominantemente, clima quente, como é o caso do Brasil.

Como já descrito, GIVONI (1992) apresenta uma zona para países de clima temperado (países desenvolvidos) e outra para países de clima quente (países em desenvolvimento). Embora o Brasil possua cerca de 7% de seu território em zona temperada, os habitantes desta zona, por viverem em um país em desenvolvimento e, conseqüentemente, habitarem em grande maioria edifícios não-climatizados e de menor qualidade, estão aclimatizados a uma maior variação climática do que os habitantes de países desenvolvidos.

Por esta razão, não foi feita qualquer distinção entre a zona de conforto utilizada nesta região e no restante do país, sendo os desvios calculados a partir da zona de conforto para *países em desenvolvimento*.

### 3.2- ESTRATÉGIAS DE PROJETO BIOCLIMÁTICO

A idéia de uma arquitetura bioclimática é a realização consciente de edificações adaptadas às condições climáticas, para proporcionar aos usuários ambientes termicamente



temperatura do ar interior. As trocas térmicas são divididas em trocas secas (condução, convecção e radiação) e trocas úmidas (evaporação e condensação). Resumidamente estas trocas podem se dar em três situações principais:

a) trocas de energia junto às superfícies que compõem o fechamento da edificação, através de condução térmica e/ou transferência de umidade, através dos materiais do envelope da edificação;

b) ganhos de radiação, através de materiais transparentes às ondas-curtas;

c) trocas através do fluxo de ar entre o interior e o exterior, envolvendo trocas de calor sensível e de calor latente.

Detendo-nos na questão *qualitativa* da estrutura da edificação, podemos constatar diversos métodos de adequação passiva do edifício ao seu entorno climático. As diretrizes ou estratégias de projeto são baseadas nas propriedades dos materiais que constituem o envelope da edificação e afetam diretamente as trocas térmicas entre o interior e o exterior do edifício.

OLGYAY (1963) foi o primeiro a desenvolver um diagrama bioclimático. A zona de conforto de Olgyay é definida em termos de temperatura de bulbo-seco, como ordenada, e umidade relativa, como abscissa. Muitos autores discutem a validade das estratégias bioclimáticas de Olgyay. É de consenso que as estratégias não levam em conta a ação da edificação sobre o clima interno e, por isso, se tornam ineficientes. Segundo GIVONI (1992), as cartas de Olgyay são aplicáveis somente em condições externas.

Outro estudo bastante difundido pela sua praticidade foi elaborado por MAHONEY *et al* (1973) que, baseados em experiências acumuladas com projetos em climas quentes, elaboraram um modelo de processo de projeto bioclimático, no qual através de planilhas são feitas análises climáticas e, diferente dos outros estudos, não sugere estratégias gerais de projeto, mas características peculiares de cada componente da edificação.

Sendo um dos estudos mais bem aceitos pela comunidade científica, os estudos de MILNE e GIVONI (1979), que resultaram na *Building Bioclimatic Chart* (BBCC), têm sido amplamente utilizados por vários autores, como WATSON e LABS (1983), SZOKOLAY (1986), GONZALES (1986), entre outros.

WATSON e LABS (1983) subdividiu as estratégias de Givoni em subzonas sobre a carta psicrométrica. A partir de longas observações climáticas horárias, foi possível aos autores promoverem estratégias para climatização natural, em termos de fenômenos físicos a serem controlados, medidos em porcentagem de tempo. Cada 0,1% equivale a 8,7 horas e, quando colocadas sobre a carta, fornecem diretamente a fração de porcentagem anual de eficiência exigida de cada estratégia climática. Watson e Labs, paralelamente à carta bioclimática, incluíram a radiação solar média e velocidade e direção do vento ao estabelecer as estratégias para as 29 cidades americanas com dados disponíveis.

SZOKOLAY (1986) apresenta zonas de conforto baseadas na temperatura neutra em função da temperatura média externa, sendo seus limites baseados na temperatura efetiva padrão (SET) e na ASHRAE. A partir destas zonas, SZOKOLAY (1986) apresenta sugestões de medidas passivas de projeto, denominadas de *controle potencial das zonas*, baseadas originalmente em estudos feitos por MILNE e GIVONI (1979). SZOKOLAY (1986), na verdade não modificou os estudos de Givoni, mas sim os adequou à zona de conforto desenvolvida sobre o conceito de temperatura neutra.

GONZALES (1986) após comparar as zonas de conforto de GIVONI (1976), Olgyay (1968), ASHRAE (1956), Koenigsberger (1974), entre outros, propôs uma zona de bem-estar adequada à região climática da Venezuela. A partir desta zona de conforto, Gonzales adota as mesmas estratégias de projeto propostas por Givoni.

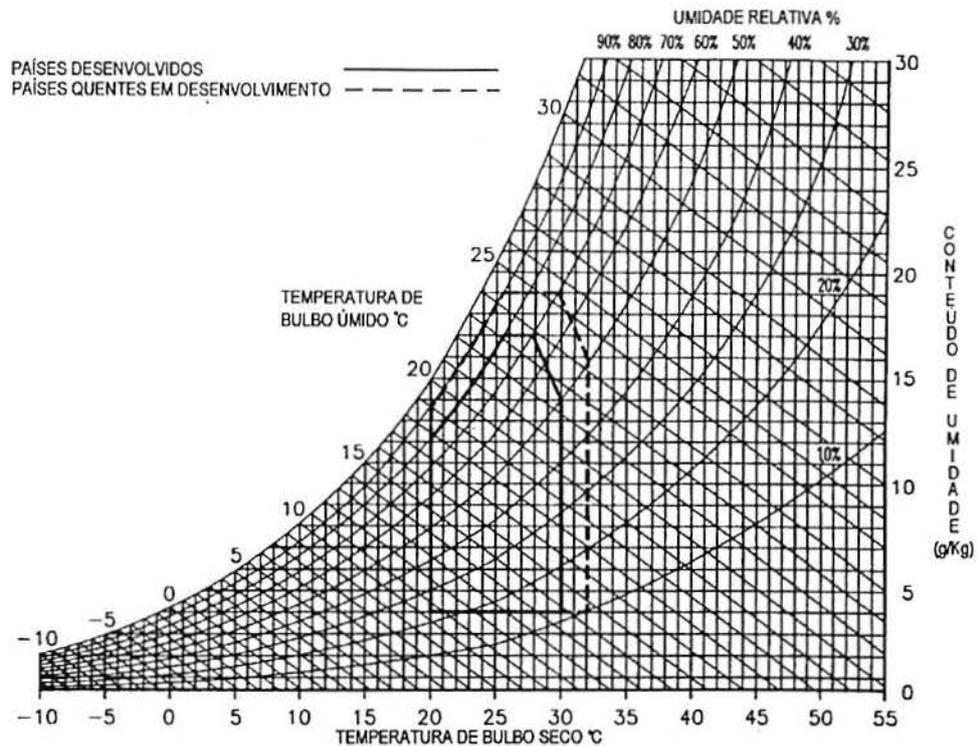
A nova carta de GIVONI (1992) sugere limites de condições climáticas sob as quais várias estratégias de projeto e sistemas naturais de resfriamento podem melhorar o conforto interno.

As estratégias de resfriamento passivo propostas por GIVONI (1992) incluem a *ventilação diurna*, *resfriamento convectivo noturno* e *resfriamento evaporativo direto e indireto*. Cabe salientar que o termo '*passivo*' utilizado por Givoni enfatiza a utilização de fontes naturais de resfriamento, mas se alguma energia for necessária para operar o sistema, que o sistema de transferência de calor seja simples e de baixo custo. Desta forma, Givoni não exclui o uso de ventiladores e bombas de ar [GIVONI, 1991].

A *ventilação diurna* tem como objetivo resfriar diretamente os ocupantes da edificação. Esta estratégia é utilizada quando, com o ar parado, a temperatura interna está acima das condições de conforto. O fluxo de ar exterior expande os limites superiores de temperatura e umidade. Entretanto esta estratégia somente pode ser aplicada quando o conforto interior puder ser experimentado à temperatura externa, com velocidade do ar aceitável. Segundo o autor, o critério para definir uma velocidade do ar aceitável é diferente para edifícios residenciais e escritórios. Enquanto em escritórios há a possibilidade de se levantar papéis de sobre a mesa, em edifícios residenciais ventilados naturalmente, o limite da velocidade do ar pode ser baseado em seus efeitos no conforto, que certamente, depende da temperatura. Por esta razão critica os limites de velocidade estabelecidos pela ASHRAE em 0,8 m/s. Como descreve GIVONI (1991), a ventilação cruzada pode oferecer um efeito de resfriamento fisiológico direto até mesmo quando o ar está quente, cerca de 34°C, no caso em que a umidade é alta, pois que desta forma a alta velocidade do ar aumenta a razão de evaporação de suor, minimizando o desconforto da sensação de pele úmida.

Baseado em estudos da *nova temperatura efetiva*, nos estudos de Wu (1988), em estudos realizados por TANABE (1988) no Japão e nos estudos de McIntyre (1978), GIVONI (1992) estabelece uma zona de conforto considerando aceitável a velocidade do ar em 2 m/s,

extendendo a zona de conforto até 30°C, nos países desenvolvidos, e até 32°C, nos países em desenvolvimento.



**Figura 3.2-** Limites da zona de conforto para velocidade do ar próxima a 2 m/s  
Fonte: GIVONI (1992)

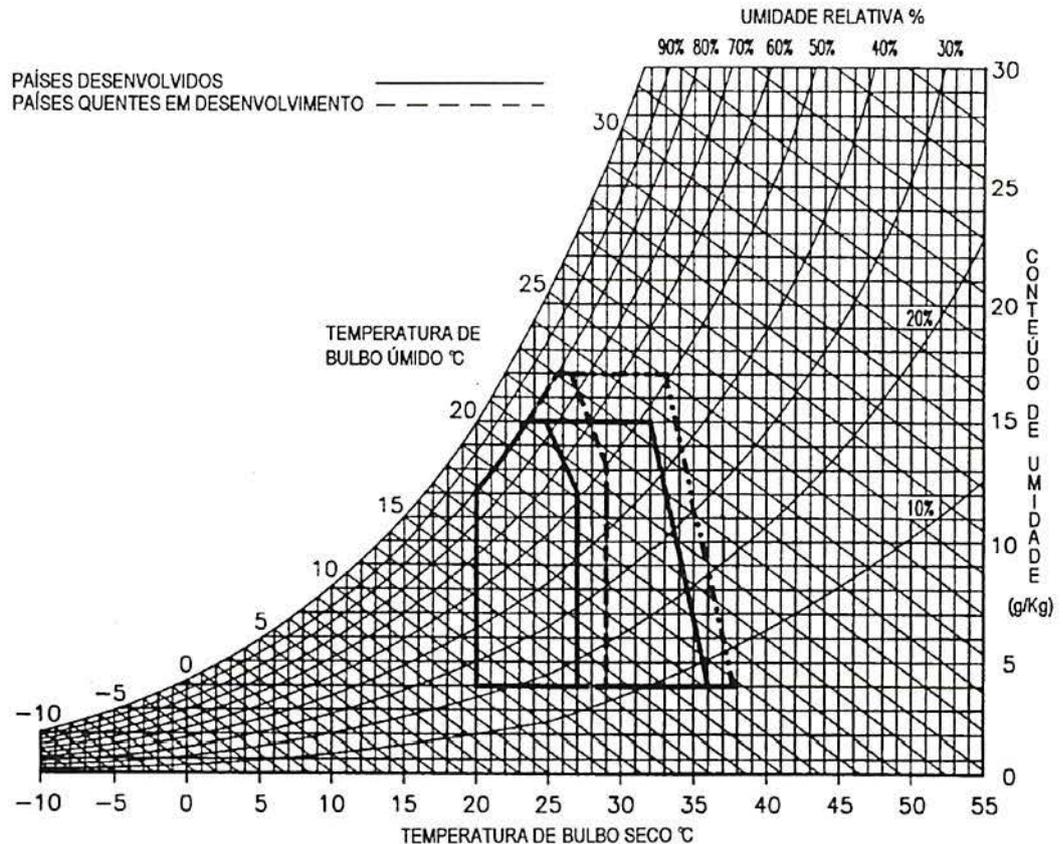
O *resfriamento convectivo noturno* refere-se ao caso de um edifício de alta-massa ser ventilado somente durante a noite, permanecendo com as janelas fechadas durante o dia. Por meio de convecção seria absorvido o calor que penetrou no edifício, resultando numa pequena elevação da temperatura interna. Sob estas condições é possível rebaixar a temperatura média interior abaixo da média exterior.

O potencial de rebaixamento da temperatura diurna interior é proporcional à amplitude da temperatura diurna exterior. Significante redução pode ser obtida somente em edifícios de alta-massa com controle solar efetivo, podendo-se alcançar cerca de 45 a 55% abaixo do máximo externo.

Embora nenhuma ventilação diurna seja desejável com o ar quente exterior, o limite de conforto interno pode ser estendido por ventiladores internos para 30 e 32°C, para países desenvolvidos e países em desenvolvimento, respectivamente.

Considerando a relação entre a pressão de vapor do ambiente e a amplitude térmica externa no verão e a relação entre a máxima temperatura interna e a amplitude térmica externa, a BBCC especifica a máxima temperatura externa sob as quais o conforto interno pode ser mantido em um edifício bem projetado, como uma função da pressão de vapor do ambiente.

GIVONI (1991) descreve que o resfriamento convectivo é aplicável principalmente em regiões áridas com temperaturas diúrnas entre 30 e 36°C e temperaturas noturnas não superiores a 20°C.



**Figura 3.3-** Limites de aplicabilidade do resfriamento convectivo noturno  
Fonte: GIVONI (1992)

O *resfriamento evaporativo direto* do ar pode ser feito por sistema mecânico ou por meios passivos, tais como a torre de resfriamento de Cunningham e Thompson. GIVONI (1991) sugere também "meios caseiros" de promover o resfriamento evaporativo direto em locais de menores possibilidades aquisitivas.

Nesse sistema a temperatura é reduzida em cerca de 70-80% da diferença entre TBU e TBS. Entretanto, o critério climático de sua aplicabilidade é o máximo TBU durante o período quente, pois a utilização de tal sistema aumenta a umidade do ar. Desta forma, a aplicabilidade do resfriamento evaporativo direto restringe-se a climas quente-secos.

Este sistema envolve altas razões de fluxo de ar externo devido à alta umidade do ar resfriado que governa a temperatura do ar interior. Segundo GIVONI (1992), a temperatura média do ar interior em edifícios bem isolados é cerca de somente 1-2°C acima da temperatura do ar que sai do resfriador evaporativo.

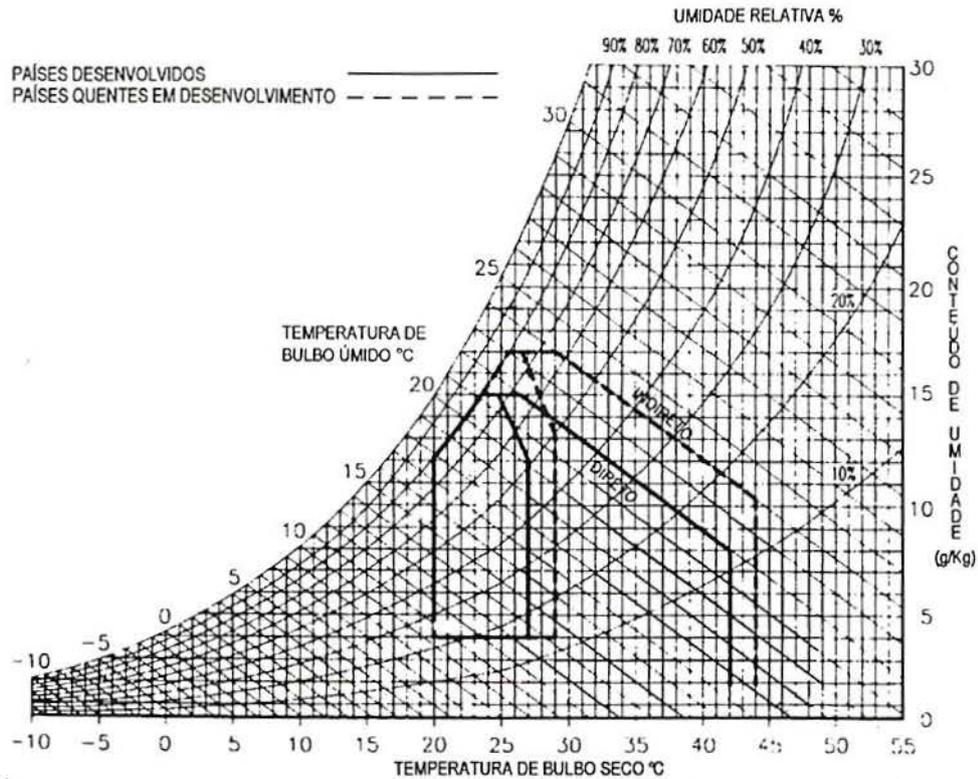
Como as respostas das temperaturas internas às trocas das condições externas em um edifício resfriado por resfriamento evaporativo direto é quase instantânea, a temperatura

horária do ar externo e TBU são relevantes forças diretrizes em avaliar a aplicabilidade deste sistema de resfriamento e das condições internas esperadas.

Considerando os efeitos da alta umidade e da alta velocidade do ar sobre o conforto, sugere-se que este sistema seja usado somente onde e quando a TBU máxima for próximo à 22°C e TBS máxima for próximo de 42°C, em países desenvolvidos. Em países em desenvolvimento, considerando a aclimatização, os limites sugeridos por Givoni são de 24°C para a TBU e 44°C para a TBS.

Givoni também sugere o *resfriamento evaporativo indireto* por tanques na cobertura. A força condutora que controla as temperaturas internas num edifício refrigerado por um tanque é a temperatura da água no tanque, que, quando sombreado, acompanha a TBU média do ambiente, com alguma elevação e variação que depende da profundidade da água no tanque. A cobertura, resfriada pela condução de calor para a água, age como um painel de resfriamento convectivo e radiante para o espaço inferior. Desta forma a temperatura interna do ar e a temperatura radiante podem ser rebaixadas sem elevação do nível de umidade interior.

Como a umidade não é elevada neste sistema e a velocidade do ar pode ser aumentada por ventiladores, GIVONI (1992) utiliza o resfriamento indireto em regiões onde o máximo TBU é mais alto, por cerca de 2°C, do que os limites de aplicabilidade do sistema evaporativo direto, para países desenvolvidos. Este limite é baseado nos estudos de GIVONI (1991) cujo limite máximo desta estratégia é de TBU de 26°C e 46°C para TBS. Entretanto, GIVONI (1992) não adota este limite para pessoas aclimatizadas em países em desenvolvimento, pois que, segundo o autor, nestes países há um maior ganho de calor através de paredes menos isoladas, contrabalaneando com o efeito de aclimatização. Conseqüentemente, os limites de aplicabilidade climática, tanto para países desenvolvidos quanto para os em desenvolvimento é de TBU máximo de 24°C e TBS máximo de 44°C. Desta forma, nos países em desenvolvimento, a aplicabilidade do sistema evaporativo direto e indireto possui os mesmos limites.



**Figura 3.4-** Limites de aplicabilidade do resfriamento evaporativo  
 Fonte: GIVONI (1992)

Nesta nova versão da BBCC, onde se incluem estratégias para países em desenvolvimento, não são abordadas possíveis modificações no aquecimento passivo proposto por MILNE e GIVONI (1979).

No referente ao *aquecimento passivo*, MILNE e GIVONI (1979) sugerem que a demanda de calor de uma habitação de 100 m<sup>2</sup>, com 20 m<sup>2</sup> de aberturas bem ensolaradas pode, teoricamente, sob determinadas condições, satisfazer às exigências de conforto sem necessidade de aquecimento auxiliar.

Na Tabela 4.2 obtém-se, em função da quantidade de irradiação, a mais baixa temperatura externa na qual permanece em conforto o interior de uma edificação bem isolada. Esta temperatura é definida como *ponto de balanço*, representando o limite de eficiência do aquecimento solar passivo. O *ponto de balanço* depende principalmente do nível de insolação e da hermeticidade ao ar [WATSON e LABS, 1983].

A hermeticidade ao ar é um grave problema enfrentado pelas esquadrias e aberturas utilizadas nas construções brasileiras e que influem significativamente na eficiência desta estratégia.

Mínima Temperatura Diária	Insolação na Superfície Vertical Norte
6,1°C	5390 Wh/m <sup>2</sup> dia
7,8°C	4756 Wh/m <sup>2</sup> dia
9,4°C	4122 Wh/m <sup>2</sup> dia
11°C	3488 Wh/m <sup>2</sup> dia
12,8°C	2854 Wh/m <sup>2</sup> dia

Tabela 3.1- Ponto de Balanço de Temperatura  
Fonte: WATSON e LABS (1983)

Givoni especifica um *ponto de balanço* de até 6°C, porém, para nossa habitações, é prudente prever um ponto de balanço mais alto. GONZALES (1986), que aplicou na Venezuela as estratégias propostas por Givoni, utiliza um ponto de balanço de 10,5°C.

EVANS (1993), que tem seu trabalho desenvolvido na Argentina, prevê eficiência nos *sistemas solares passivos* para temperatura externa de até 10°C, com os quais busca o aproveitamento da radiação solar através de superfícies envidraçadas orientadas para o Sol, bom isolamento térmico, aberturas reduzidas nas orientações menos favoráveis e a utilização de elementos construtivos interiores com grande capacidade térmica. Este limite parece ser coerente para aplicação desta estratégia no Brasil, dado sua semelhança com este país.

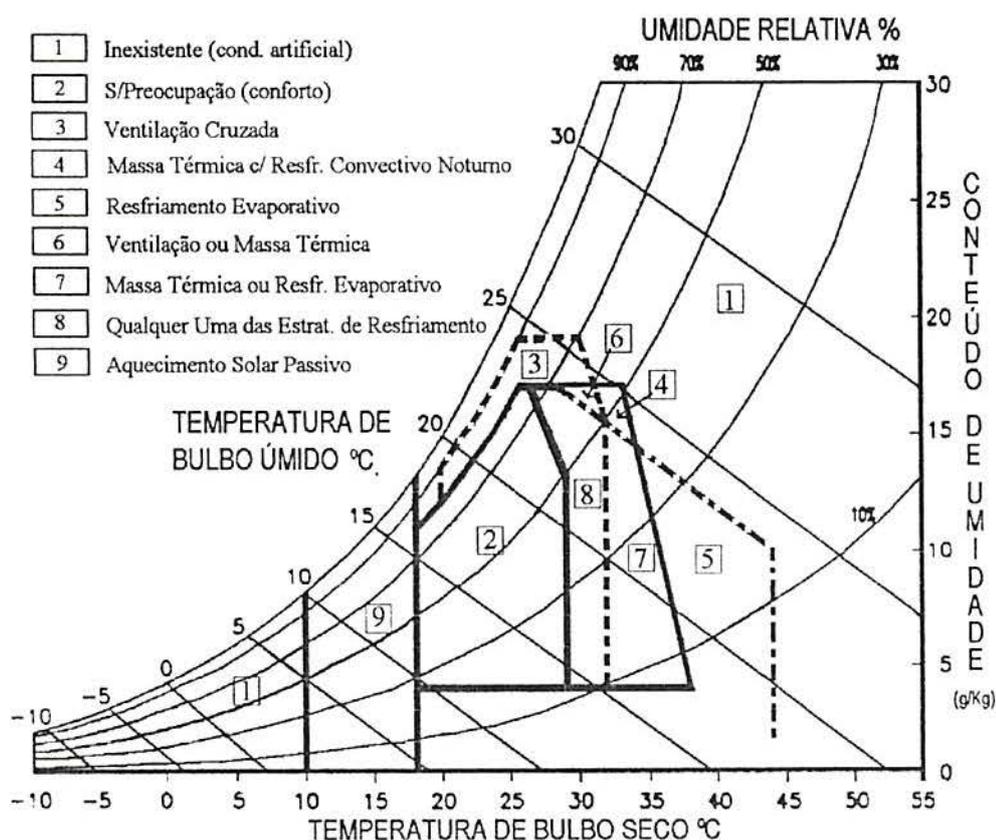


Figura 3.5- Limites de aplicabilidade de estratégias bioclimáticas em países em desenvolvimento

## Capítulo 4

# ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO

### 4.1- INTRODUÇÃO

A *escala zonal* dos eventos climáticos, assim como a pouca disponibilidade dos dados climáticos, tornou-se a principal condicionante da metodologia a ser empregada para o desenvolvimento deste trabalho.

Como visto no item 2.1, nesta escala espacial, deve-se utilizar dados obtidos a partir de normais, coletados por um período mínimo de 30 anos [PEDROSO, 1985].

Para alcançar os objetivos deste trabalho fez-se uso das normais climatológicas referentes ao período de 1961 a 1990, publicadas em 1992 pelo Departamento Nacional de Meteorologia (DNMET), sendo utilizados dados de 204 estações meteorológicas. Nesta publicação, três cidades não estavam listadas na relação das estações meteorológicas e não apresentavam sua localização geográfica em termos de longitude, latitude e altitude e por esta razão não foram utilizadas.

Os dados de temperatura média e temperatura média das máximas da cidade de Campos do Jordão (SP) foram fornecidos erroneamente para a publicação do DNMET e tiveram de ser corrigidos com informações obtidas junto ao Departamento de Meteorologia do Estado de São Paulo.

Das variáveis disponíveis nesta publicação, foram utilizadas as seguintes normais:

- médias das temperaturas máximas mensais;
- médias das temperaturas mínimas mensais e;
- médias das umidades relativas mensais.

A partir destes dados básicos, foram obtidos:

- amplitudes térmicas médias mensais;
- médias das umidades máximas mensais e;
- médias das umidades mínimas mensais .

As temperaturas e umidades médias foram utilizadas para verificar a satisfação do bem-estar higrotérmico e as amplitudes, para especificar o clima e as características básicas do envelope da edificação.

Desta forma, a partir deste conjunto de variáveis serão obtidos dois zoneamentos distintos:

➔ **Zoneamento Bioclimático:** em função dos desvios da zona de conforto;

➔ **Zoneamento Bioclimático para Edificações:** em função das estratégias de projeto bioclimático que satisfaçam às condições interiores de conforto.

## 4.2- METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Os dados de normais de temperatura (máximas, mínimas), amplitude térmica e umidade relativa foram interpolados geograficamente e transformados em isolíneas. A manipulação dos dados se deu em um *sistema geográfico de informações (SGI)*. Para validar a interpolação computacional dos dados, as *imagens* obtidas são comparadas com as descrições da climatologia do Brasil, contidas no item 2.3.3.

As 204 estações meteorológicas utilizadas devem ser localizadas (Figura 4.1), de modo que sejam reconhecidas pelo sistema computacional que lhes imprimirá os respectivos valores de temperatura, umidade e amplitude. Representadas de forma puntual, cada uma das estações está associada a atributos espaciais (coordenadas de posição  $x$  e  $y$ ) e climáticos (temperatura, umidade, amplitude, desvios, etc). Desta forma, os dados são inseridos em sistema de coordenadas  $x, y, z$ , onde  $x$  e  $y$  são as coordenadas geográficas e  $z$  o valor da variável em questão.

Devido à enorme extensão territorial e diversidade climática do Brasil, torna-se difícil qualquer zoneamento, principalmente quando se dispõe de um número de dados puntuais relativamente pequeno e assimetricamente distribuído pelo território nacional. Por isso, faz-se necessário uma geração ou extrapolação de dados que venha abranger toda a área do país.

Utilizando um programa de geração de superfícies, foi estimada estatisticamente a distribuição espacial dos dados climáticos. A geração de cada superfície (temperatura, umidade, etc) foi feita a partir de um *algoritmo de interpolação ótima* usando a autocovariância espacial desenvolvida por D.G. Krige, e denominada por esta razão de *krigagem*. De acordo com BURROUGH (1990), os *algoritmos de interpolação espacial ótima* são adequados para geração de superfícies a partir de dados irregularmente distribuídos, com um melhor ajuste na posição dos pontos amostrados, neste caso, as estações meteorológicas.

A superfície gerada, no formato de uma malha numérica, representa a distribuição da variável no território nacional. A partir destas superfícies interpoladas é possível determinar isolíneas para representação gráfica.



**Figura 4.1-** Localização das estações meteorológicas

Pelo fato de a maioria das estações meteorológicas concentrarem-se na parte mais centro-oriental do país, que justamente é topograficamente a mais acidentada, a interpolação apresenta-se bastante coincidente com o relevo e com a bibliografia consultada. Nesta região também encontra-se a maior densidade de habitantes e a maior diversidade climática do país.

Nas áreas centro-ocidental e norte do país, a escassez de postos meteorológicos torna a interpolação menos precisa. Porém, estas áreas possuem um relevo pouco acidentado, uma grande homogeneidade vegetal, a mais baixa densidade populacional e uma das menores diversidades climáticas do país, diminuindo-se, desta forma, as imprecisões que efetivamente poderiam gerar e mantendo-se igualmente coincidente com a bibliografia pesquisada.

Os limites geográficos do Brasil, assim como sua divisão política, foram digitalizado em mesa digitalizadora através do *Sistema Geográfico de Informações (SGI)*, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A manipulação dos dados deu-se através deste SGI, porém como este não oferece saída em impressora ou em arquivo compatível com PC, a saída das imagens se deu através de um SGI denominado IDRISI, desenvolvido em 1992 pela Graduate School of Geography, Clark University, USA.

O sistema computacional (*Hardware* e *Software*) utilizado para a digitalização dos dados está implantado no Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPARM da UFRGS.

No sistema SGI, combina-se o mapa digitalizado com as malhas numéricas de cada uma das variáveis climáticas, que, então, sofrem um processo denominado de *fatiamento*, pelo qual as superfícies interpoladas são representadas em intervalos discretos definidos pelo analista. Estes intervalos são representados por diferentes cores, com a finalidade de permitir uma melhor visualização da distribuição espacial da variável. Quanto menor o intervalo destas faixas, mais detalhado o mapeamento das zonas. Para uma utilização racional do SGI, as isoléneas foram divididas em sete (7) ou oito (8) faixas para fins de visualização e quatro (4) faixas para fins de cruzamento de variáveis. O cruzamento, que também foi feito através do SGI, gerou zonas compostas por mais de uma variável, como veremos mais adiante.

Cada imagem temática, obtida através do SGI, denomina-se de *plano de informação*.

## 4.2.1- Zoneamento Bioclimático

### 4.2.1.1- Identificação das maiores médias das temperaturas máximas mensais (*Tmax*) e das menores médias das temperaturas mínimas mensais (*Tmin*) de cada local

Mesmo utilizando-se de normais mensais procurou-se fazer com que as temperaturas fossem o mais significativas possível. Por isso, quando da análise mensal das normais de determinada estação meteorológica, foram tomados *o maior valor* e *o menor valor*, respectivamente, quando as normais representavam a média das máximas e a média das mínimas. Sabe-se que, dada uma sucessão crescente de observações,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , a probabilidade de obter-se  $x \leq x_r$ , onde  $r$  é o número de ordem da observação, é  $r / (n + 1)$ , de acordo com KENDALL e STUART (1958). Por outro lado, BAPTISTA DA SILVA e AMARAL (1987), sugerem a utilização da seguinte fórmula:

$$P(x \leq x_r) = (r + 0,5) / (n + 1),$$

onde a parcela 0,5 no numerador funciona como uma correção de continuidade e permite a verificação do axioma fundamental do cálculo de probabilidades.

Desta forma, segundo esta análise estatística, considerando-se o período de doze meses ( $n = 12$ ), com os valores dispostos em ordem crescente, *o maior valor das temperaturas máximas mensais* ( $r = 12$ ) seria ultrapassado em 3,8% e *o menor valor das temperaturas mínimas mensais* ( $r = 1$ ) em 88,5%.

Não há uma preocupação em determinar um período de verão ou inverno, pois que uma grande parte do Brasil (baixas latitudes) apresentam as médias de temperatura praticamente constantes durante o ano, não caracterizando um período nitidamente de verão ou de inverno. Num estudo elaborado por AKUTSU *et al* (1993), onde foram determinados os períodos de inverno e verão para as capitais brasileiras, em várias cidades do norte do país aparecem meses que pertencem tanto ao período de verão quanto ao de inverno, confirmando a ausência de um período nítido de verão e inverno, e que inviabilizaria a utilização desta metodologia para tais latitudes.

Sob diferente metodologia, SATTLER (1989) e GOULART (1993) concluíram, respectivamente, que Porto Alegre e Florianópolis não apresentam um período nitidamente de verão ou de inverno.

#### **4.2.1.2- Determinação das umidades ( $UR_x$ e $UR_n$ ) correspondentes a $T_{max}$ e $T_{min}$ .**

Como é disponível apenas a umidade relativa média mensal, correspondente a temperatura média mensal, faz-se necessário para os propósitos do trabalho determinar a umidade relativa correspondente a  $T_{max}$  e  $T_{min}$ .

Estes dados são obtidos utilizando-se de algoritmos fornecidos pela ASHRAE (1985), considerando constante a razão de umidade no mês em questão. Muitos autores consideram a razão de umidade praticamente invariável ao longo de um dia. Entre estes está Roriz, que descreve ser possível, em climas úmidos utilizar os dados mensais como médios para o dia [GOULART, 1993]. EVANS e SCHILLER (1988), sob mesmo princípio, sugere um método para estimar as umidades máximas e mínimas, correspondentes, respectivamente, às temperaturas mínimas e máximas, através da umidade relativa média e da temperatura média correspondente, utilizando-se do diagrama psicrométrico e considerando-se constante a quantidade de vapor d'água no ar.

Este método, embora amplamente utilizado por diversos autores, peca na exatidão dos resultados, como verificado em trabalho recente desenvolvido por GOULART (1993), onde constatou-se que a razão de umidade no ar é consideravelmente variável ao longo do dia, provavelmente, em função da ação térmica que altera a quantidade de umidade evaporada do solo e de superfícies líquidas. Neste trabalho, desenvolvido em Florianópolis (SC), comparou-se o método que considera a quantidade de vapor constante com a variação real média medida no período. No primeiro caso, os resultados encontrados, respectivamente, para os meses de janeiro e julho foram de 100% e 100% para a umidade relativa máxima e de 61% e 62% para a mínima. No segundo caso, considerando a variação da razão de umidade, os resultados obtidos, respectivamente para os meses de janeiro e julho foram de 87% e 89%

para a umidade relativa máxima e de 70% e 72% para a mínima. Nota-se que ao considerar a variação da quantidade de vapor diminui a amplitude das umidades relativas.

O método que considera constante a razão de umidade, como sendo o único possível frente a qualidade e quantidade dos dados disponíveis, constitui uma limitação deste trabalho, pois gera uma *superestimação* de umidade para  $T_{min}$  e uma *subestimação* para  $T_{max}$ . Frequentemente foram encontrados valores maiores do que 100% correspondentes à  $T_{min}$  ( $UR_n$ ). Toda vez que isso ocorreu, adotou-se o valor de 100% para a umidade relativa. Os valores obtidos para  $T_{max}$  ( $UR_x$ ), embora não exatos, foram tomados como verdadeiros.

#### 4.2.1.3- Verificação de desconforto por frio e calor frente ao diagrama de GIVONI.

Os desvios foram calculados a partir do diagrama de conforto de GIVONI (1992). Com  $T_{max}$  e sua respectiva umidade relativa calculada ( $UR_x$ ), entra-se no diagrama de Givoni. Utilizando-se a zona de conforto estabelecida para *países em desenvolvimento*, sem movimentação do ar, calcula-se quanto estas temperaturas se desviam dos limites da zona de conforto. Os desvios são em graus Celsius e informam a diferença entre  $T_{max}$  e a temperatura máxima de conforto para a  $UR_x$  em questão. No caso dos desvios originados por  $T_{min}$ , a umidade não é considerada no cálculo, sendo simplesmente a diferença entre o valor de  $T_{min}$  e a temperatura mínima de conforto (18°C). Caso a umidade correspondente a  $T_{min}$  ( $UR_n$ ) seja superior a 80%, são feitas as sugestões de desumidificação.

Considere um exemplo, onde em determinado local,  $T_{max}$  é 32°C e  $UR_x$  é 60%, representados pelo ponto "P", e  $T_{min}$  é 12°C e  $UR_n$  é 90%, representados pelo ponto "M", conforme Figura 4.2. Para umidade de 60%, segundo o diagrama de Givoni, o limite máximo de temperatura na zona de conforto é 28°C. Desta forma, o desvio da zona de conforto para a umidade em questão é 4°C. O desvio calculado para  $T_{min}$ , neste caso, é de -6°C e, devido à umidade, há a necessidade de desumidificação.

Desvio nulo (= 0) com uma tolerância de  $\pm 0,5$ , indica a situação de conforto.

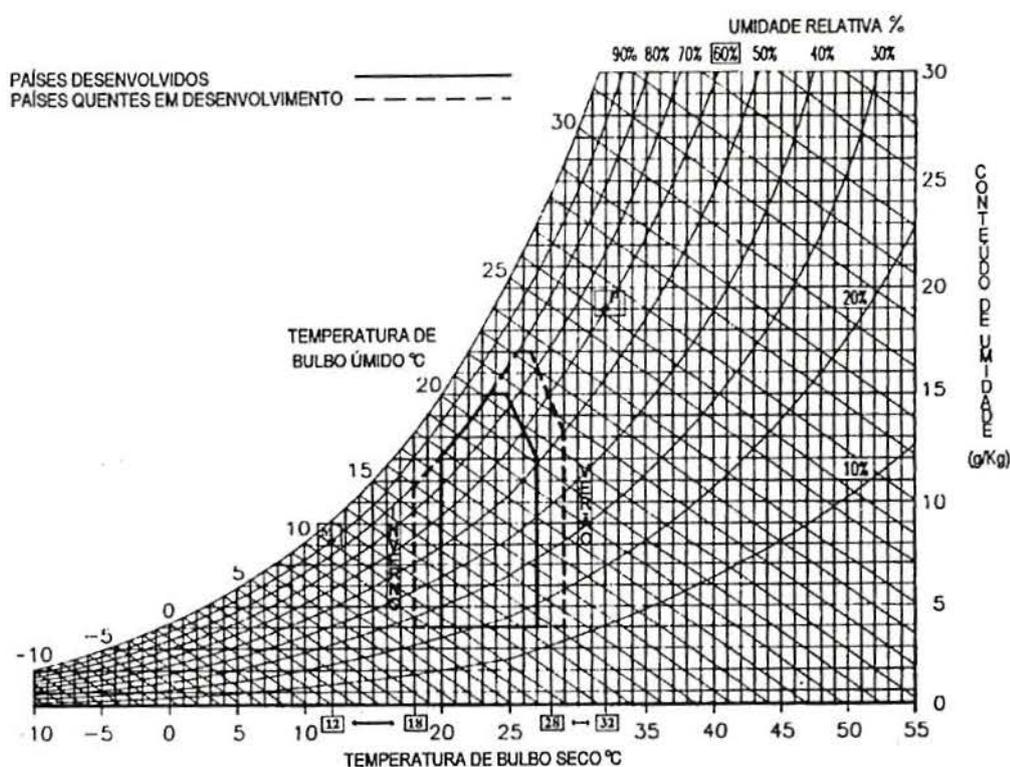


Figura 4.2- Visualização gráfica dos desvios de conforto

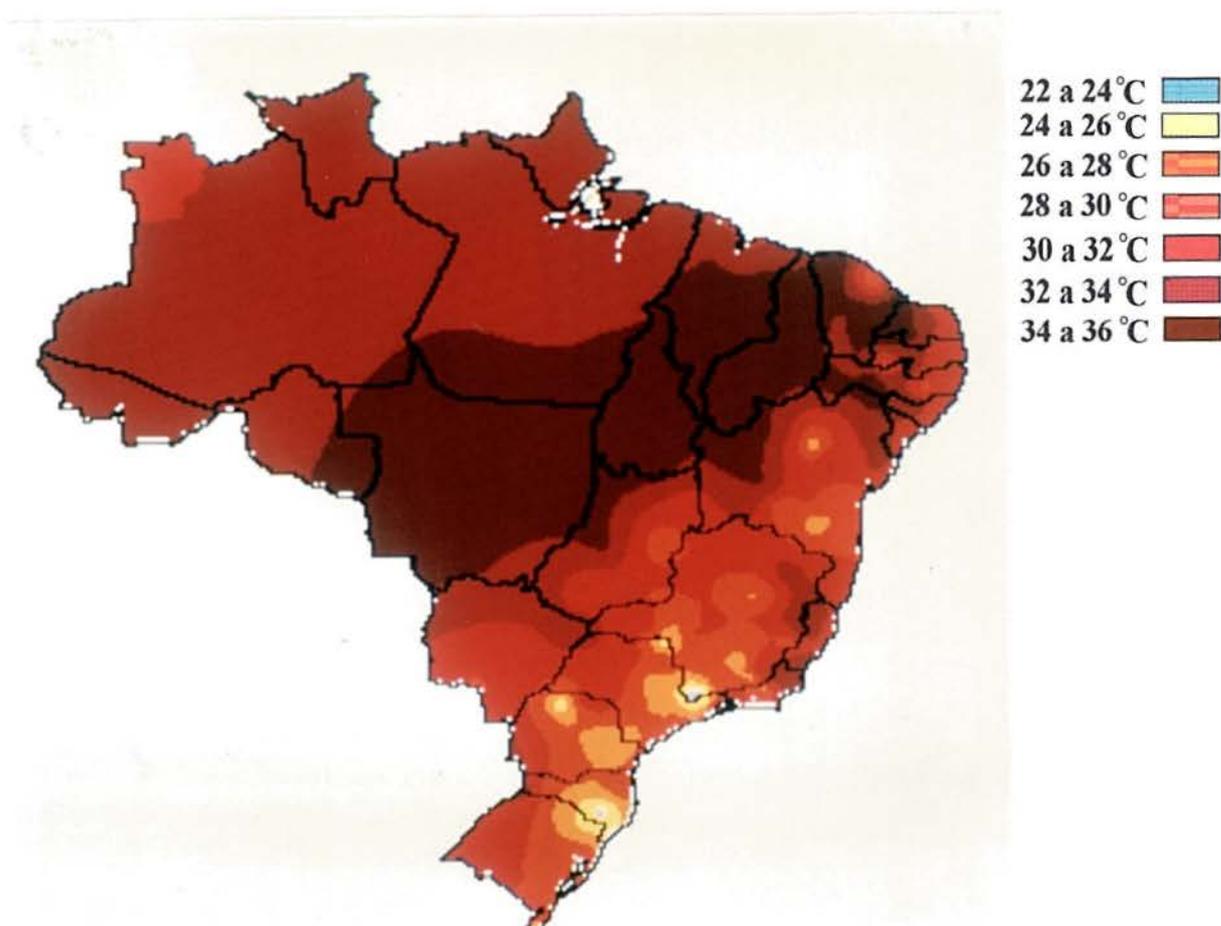
#### 4.2.1.4- Análise de imagens

Neste item as imagens obtidas são analisadas e comparadas com a descrição climatológica do Brasil, verificada no item 2.3.3. Como neste, a descrição climatológica do Brasil se deu por regiões territoriais, também a análise de imagens será feita por regiões.

##### a) Média das temperaturas máximas mensais ( $T_{max}$ )

As médias das temperaturas máximas mensais variaram dentro de um limite de 22,6°C em Campos do Jordão (SP) a 36,4°C em Teresina (PI). As  $T_{max}$  foram divididas em 7 (sete) classes:

- |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| 1) de 22 a 24°C; | 4) de 28 a 30°C; | 7) de 34 a 36°C. |
| 2) de 24 a 26°C; | 5) de 30 a 32°C; |                  |
| 3) de 26 a 28°C; | 6) de 32 a 34°C; |                  |



**Figura 4.3-** Média das temperaturas máximas mensais (*T<sub>max</sub>*)

Na **Região Sul**, a *média das temperaturas máximas mensais* varia dentro da faixa de 22 a 34°C. Nota-se que a distribuição geográfica de *T<sub>max</sub>*, como visto no item 2.3.3, é regida pela altitude e pela distância do oceano, recebendo influência quase insignificante da latitude, como fator de distribuição térmica durante o verão. As menores *T<sub>max</sub>* encontram-se na Serra Geral de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, mais especificamente nas cidades de São Joaquim e Bom Jesus, que situam-se a altitudes superiores aos 1000 m. As maiores *T<sub>max</sub>* se concentram na parte oeste da região, mais especificamente nos vales dos rios Paranapanema (norte do Paraná), Paraná (oeste do Paraná), Uruguai (oeste do Rio Grande do Sul), Ibicuí-Jacuí (depressão central do Rio Grande do Sul). No vale do Rio-Uruguai, ao norte do Rio Grande do Sul, e divisa dos estados de Santa Catarina e Paraná com a Argentina, percebe-se a maior *T<sub>max</sub>* da Região Sul que, segundo as imagens obtidas, ficam na faixa de 32 a 34°C.

Na **Região Sudeste**, a *média das temperaturas máximas mensais* varia dentro da faixa de 22 a 34°C, em íntima coincidência com o relevo. As menores *T<sub>max</sub>* encontram-se na Serra do Mar, do Espinhaço e da Mantiqueira, mais especificamente, na cidade de Campos do Jordão, que situa-se a 1600 m de altitude. As maiores *T<sub>max</sub>* se concentram na parte oeste de São Paulo, norte de Minas Gerais (Zona da Mata) e nas baixadas litorâneas do Rio de Janeiro

e Espírito Santo. A transição das temperaturas das serras para a baixada litorânea se dá de forma brusca, variando a faixa de 26 a 28°C para 32 a 34°C em poucos quilômetros.

Na **Região Nordeste**, a *média das temperaturas máximas mensais* varia dentro da faixa de 26 a 36°C, em grande coincidência com o relevo. As menores *Tmax* encontram-se nas partes mais altas da borda oriental da região, no sudeste e no centro-norte da Bahia. A cidade de Guaramiranga (CE), a 870 m de altitude, representa a cidade de menor latitude com *Tmax* inferior a 28°C. Fortaleza (CE), que situa-se a poucos quilômetros, mas ao nível do mar, registra *Tmax* de 30,7°C. As maiores *Tmax* da região e do Brasil encontram-se sobre o Piauí, onde os valores registrados situam-se na faixa dos 36°C. Segundo as imagens obtidas pode-se verificar uma faixa de 34 a 36°C que "une" a Bolívia ao nordeste brasileiro, onde esta faixa de *Tmax* começa a dispersa-se em função da *maritimidade*.

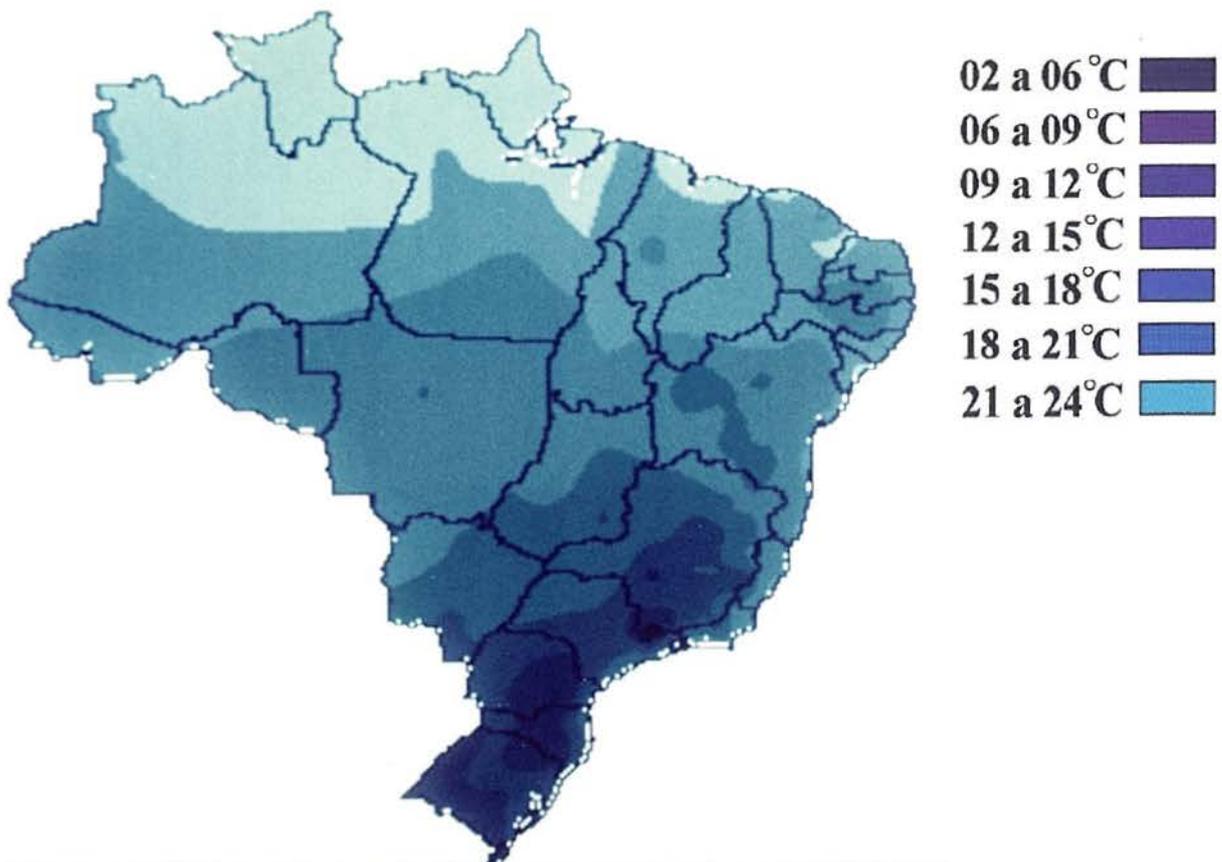
Na **Região Norte**, a *média das temperaturas máximas mensais* varia dentro da faixa de 30 a 36°C. As menores *Tmax*, na faixa de 30 a 32°C, encontram-se no norte do estado do Amazonas em fronteira com a Colômbia. Cabe salientar que nesta área não existe estação meteorológica e que os valores obtidos são resultados da extrapolação e interpolação dos dados existentes, representando, desta forma, uma *tendência estatística*, que talvez não condiga com a realidade. As maiores *Tmax* da região e do Brasil encontram-se, também, sobre o sudoeste de Rondônia, o estado de Tocantins e sul do Pará, onde os valores registrados situam-se na faixa dos 36°C. Estas regiões possuem tais temperaturas por situarem-se no "corredor" das maiores *Tmax* do Brasil que "une" a Bolívia ao nordeste brasileiro, que SERRA (1975a) atribui a alta radiação solar. Excetuando-se estas áreas, onde ocorrem a menor e a maior *Tmax*, a maior parte da Região apresenta uma homogeneidade na *média das máximas temperaturas mensais*, permanecendo esta na faixa dos 32 a 34°C, segundo as imagens.

Na **Região Centro-Oeste**, a *média das temperaturas máximas mensais* varia dentro da faixa de 28 a 36°C, em grande coincidência com o relevo. As menores *Tmax*, na faixa de 28 a 30°C, encontram-se na serra dos Veadeiros (imediações de Brasília). As maiores *Tmax* da região e do Brasil encontram-se sobre o Mato Grosso e norte de Goiás, na faixa de 34 a 36°C, que "une" a Bolívia ao nordeste brasileiro. Desta faixa, *Tmax* reduz-se em direção ao sul, atingindo a faixa de 30 a 32°C, nas superfícies elevadas do sul de Goiás e Mato Grosso do Sul. Verificou-se que, mesmo com deficiente número de estações meteorológicas, a interpolação gerou uma distribuição de valores bastante coincidente com a bibliografia consultada, que também enfrenta os mesmos problemas de escassez de estações.

### b) Média das temperaturas mínimas mensais (*T<sub>min</sub>*)

As *médias das temperaturas mínimas mensais* variaram dentro de um limite de 2,7°C em Campos do Jordão (SP) e 23,8°C em Fernando de Noronha (PE). As *T<sub>min</sub>* foram divididas em 7 (sete) classes:

- |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| 1) de 02 a 06°C; | 4) de 12 a 15°C; | 7) de 21 a 24°C. |
| 2) de 06 a 09°C; | 5) de 15 a 18°C; |                  |
| 3) de 09 a 12°C; | 6) de 18 a 21°C; |                  |



**Figura 4.4-** Média das temperaturas mínimas mensais (*T<sub>min</sub>*)

Na **Região Sul**, como visto no item 2.3.3, a *média das temperaturas mínimas mensais* varia dentro dos limites de 06 a 15°C, recebendo significativa influência da latitude, da maritimidade e do relevo como fator de distribuição térmica durante o inverno. As menores *T<sub>min</sub>* encontram-se no Planalto Meridional do Rio Grande do Sul ao Paraná, abrangendo as cidades de Bom Jesus, Vacaria, Lajes, São Joaquim e Castro, que situam-se a altitudes superiores aos 1000 m. Esta mesma faixa de valores também concentra-se na parte oeste da

região, mais especificamente no vale do rio Uruguai (oeste do Rio Grande do Sul), refletindo o efeito de *continentalidade*. As maiores *Tmin* da Região Sul (faixa de 12 a 15 °C) localizam-se na parte norte do Paraná (menores latitudes da Região Sul) e nas baixadas litorâneas do Paraná e Santa Catarina, sem chegarem ao Rio Grande do Sul, refletido nestas a ação conjunta da latitude, maritimidade e relevo na distribuição geográfica das temperaturas de inverno. Pode-se perceber claramente que a faixa de temperaturas entre 12 e 15°C define a área que, segundo NIMER (1989), possui *clima subquente*.

Na **Região Sudeste**, a *média das temperaturas mínimas mensais* varia dentro dos limites de 02 a 15°C, recebendo significativa influência da latitude e da maritimidade, mas principalmente do relevo como fator de distribuição térmica durante o inverno. Na parte mais ocidental da Região Sudeste, percebe-se que *Tmin* mantém-se na faixa de 12 a 15°C. Apesar de nesta área predominar um relevo que não ultrapassa os 500 m de altitude, cuja posição está entre a latitude de 15° e o Trópico de Capricórnio, o fator de *continentalidade* é o responsável, por esta região não possuir uma faixa maior de temperaturas mínimas mensais. As menores *Tmin* encontram-se ao longo da região serrana, culminando na serra da Mantiqueira, na cidade de Campos do Jordão a 1600 m de altitude, que detém *Tmin* na faixa de 2 a 6°C. Pode-se notar, pelo mapeamento que, a partir de Campos do Jordão, a temperatura média das mínimas aumenta bruscamente em direção à baixada litorânea do Rio de Janeiro, onde *Tmin* situa-se na faixa de 15 a 18°C. Neste gradiente, verifica-se a ação conjunta do fator relevo com o fator maritimidade. A interação conjunta do fator relevo, maritimidade e latitude conferem ao litoral do Sudeste as maiores *Tmin* da região, na faixa de 15 a 18°C. Devido à grande quantidade de estações meteorológicas e a relativa proximidade destas, o mapeamento na imagem adquirida mantém íntima coincidência com o zoneamento climático estabelecido por NIMER (1989), para a Região Sudeste na Figura 2.3, considerando-se a variabilidade quanto ao regime térmico. O mapeamento de *Tmin* coincide, tanto no referente à posição, quanto aos valores das classes.

Na **Região Nordeste**, a *média das temperaturas mínimas mensais* varia dentro dos limites de 12 a 24°C, sob influência da latitude, da maritimidade e do relevo como fator de distribuição térmica. As menores *Tmin* aparecem no sudoeste da Bahia, na faixa de 12 a 15°C. Entretanto, o restante da região não apresenta *Tmin* menor do que 15°C. As maiores *Tmin* aparecem nas baixadas litorâneas do Ceará, Piauí e Maranhão com valores na faixa dos 21 a 24°C. Nota-se que na distribuição de *Tmin* obtida na imagem há uma coincidência total quanto ao relevo, tornando visível a relação formal entre as temperaturas na faixa de 15 a 18°C com as altitudes na faixa de 500 a 1000 m.

Na **Região Norte**, a *média das temperaturas mínimas mensais* varia dentro dos limites de 15 a 24°C, recebendo significativa influência da latitude e do relevo como fator de distribuição térmica. As menores *Tmin*, na faixa de 15 a 18°C, aparecem na zona meridional

da Região, ao sul do Pará e na chapada dos Parecis, em Rondônia. As maiores  $T_{min}$  aparecem no extremo norte da Região, apesar da existência de altitudes mais elevadas. Cabe salientar que nesta área não existe estação meteorológica e que os valores obtidos são resultados da extrapolação e interpolação dos dados existentes, representando, desta forma, uma *tendência estatística*. Particularmente, quanto ao mapeamento de  $T_{min}$ , pode-se comparar a estreita semelhança com as isotermas da *média das mínimas de julho* ilustrada na publicação de NIMER (1989).

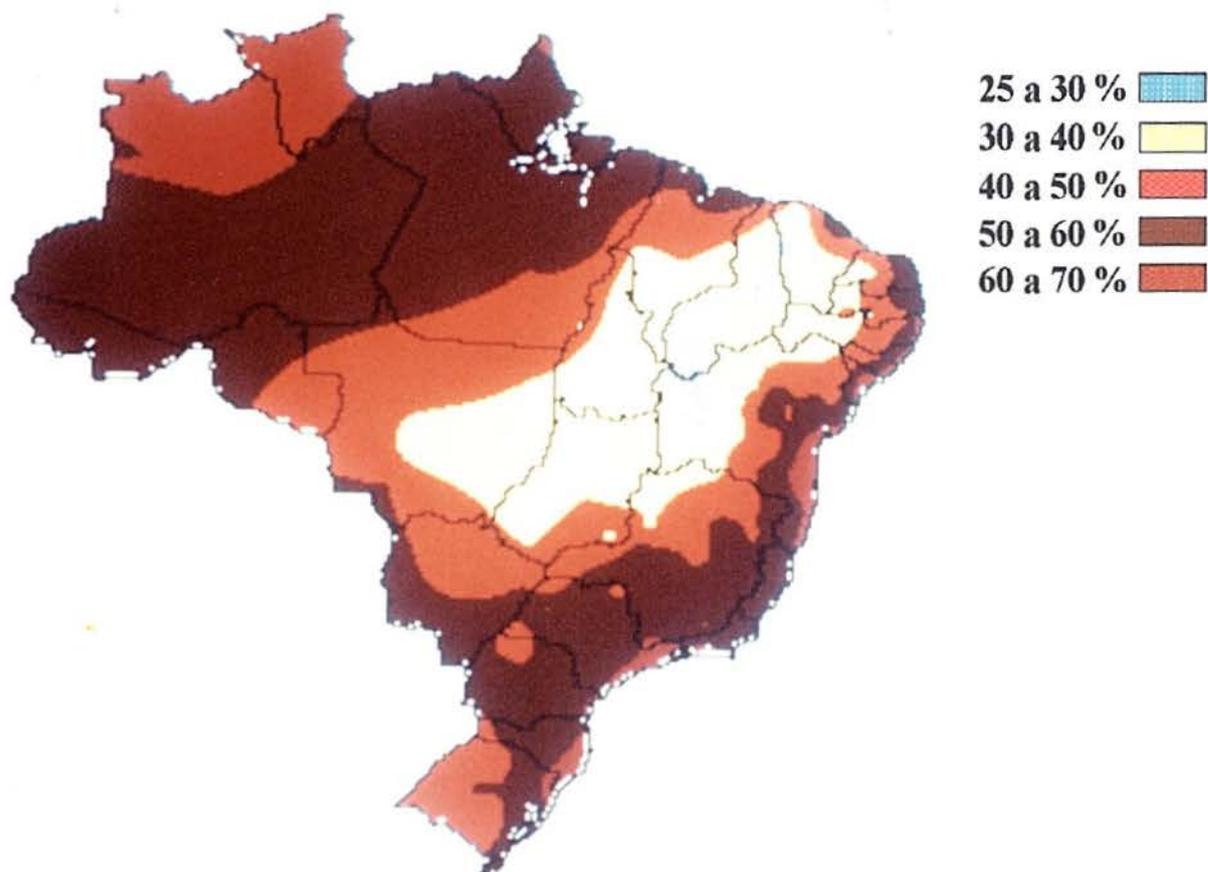
Na **Região Centro-Oeste**, a *média das temperaturas mínimas mensais* varia dentro dos limites de 09 a 21°C, recebendo significativa influência da *latitude* e do *relevo* como fator de distribuição térmica. As menores  $T_{min}$ , na faixa de 09 a 12°C, aparecem na chapada do Amambá (extremo sul do Mato Grosso do Sul). As maiores  $T_{min}$ , na faixa de 18 a 21°C, aparecem no extremo norte de Goiás. A maior parte do território fica sob  $T_{min}$  na faixa de 15 a 18°C. Esta área compreende, principalmente, as superfícies baixas do norte de Goiás e Mato Grosso e o Pantanal Mato-grossense. A faixa de 12 a 15°C engloba as altas chapadas e superfícies cristalinas do centro-sul e imediações de Brasília.

### c) Umidade relativa de $T_{max}$ ( $UR_x$ )

Como já descrito anteriormente, os valores de  $UR_x$  foram obtidos a partir da umidade relativa média e da temperatura média correspondente ao mês em que ocorre  $T_{max}$ , na suposição de que a umidade absoluta permaneça constante durante o período. Também como já descrito, sabe-se que isto não é totalmente verdadeiro e portanto este método deixa a desejar. Certamente os valores estabelecidos para  $UR_x$  estão aquém daqueles realmente correspondentes à  $T_{max}$ , mas sua distribuição espacial pelo território apresenta-se de forma coerente com as imagens de temperatura ( $T_{max}$ ) e amplitudes ( $\Delta t_x$ ). A comparação com a classificação climática de NIMER (1989) torna-se difícil porque o autor, na classificação quanto à umidade, adota o número de dias secos como critério.

Os valores de  $UR_x$  variaram de 29 a 67% e foram fatiados em 5 (cinco) classes:

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1) de 25 a 30%; | 3) de 40 a 50%; | 5) de 60 a 70%. |
| 2) de 30 a 40%; | 4) de 50 a 60%; |                 |



**Figura 4.5-** Umidade relativa de  $T_{max}$  ( $UR_x$ )

As menores umidades da **Região Sul** (entre 40% e 50%) aparecem do centro ao oeste do Rio Grande do Sul e numa pequena área no norte do Paraná. As maiores umidades da região (entre 60 e 70%) localizam-se mais pronunciadamente no litoral de Santa Catarina. Entretanto a maior parte da região está na faixa de 50 a 60%.

Na **Região Sudeste**, as umidades variam de 30 a 70%. As menores umidades da região (de 30 a 40%) situam-se ao norte de Minas Gerais, enquanto as maiores aparecem no litoral paulista e fluminense. A exemplo da Região Sul, a maior parte da região situa-se na faixa de 50 a 60%.

Na **Região Nordeste**, aparecem todas as faixas de classificação, com a predominância absoluta da faixa de 30 a 40%. No interior da Bahia, Piauí e Ceará, aparecem as menores umidades calculadas no território nacional, não superiores a 30% de umidade relativa. Cabe salientar que, sendo estas umidades calculadas a partir de umidades médias, estas também se constituem em valores médios correspondentes aos valores das temperaturas máximas médias. Desta forma, é perfeitamente possível que durante os períodos mais secos as umidades sejam menores do que as estabelecidas.

A faixa de umidade de 60 a 70%, que se desenvolve pelo litoral da Bahia, principalmente, coincide intimamente com o clima quente super-úmido, obtido na classificação de NIMER (1989), apesar da diferença de metodologia. A faixa de valores entre 50 e 60%, geograficamente corresponde aos climas úmido e semi-úmido na classificação de Nimer. O intervalo de 30 a 40% abrange o clima semi-árido, mas desenvolve-se por um espaço bastante maior do que o estabelecido pelo autor, estendendo-se até o estado de Tocantins.

Na **Região Norte**, predominam as umidades entre 50 e 60%. Ao norte da região aparece uma grande área com umidades entre 60 e 70%. Esta área é resultado de uma *tendência estatística* gerada pela cidade de Barcelos (AM), pois que é a única cidade que é abrangida por esta faixa de valores.

Na **Região Centro-Oeste** predominam as baixas umidades nas faixas de 30 a 40 e de 40 a 50% confirmando o *fator de continentalidade* responsável pelas grandes amplitudes desta região. Apenas pequenas áreas ao norte e ao sul da região apresentam umidades entre 50 e 60% quando da ocorrência de *Tmax*.

#### **d) Umidade relativa de *Tmin* (*URn*)**

Os valores de *URn* variaram de 57% em Paulistana (PI) a 100% e foram fatiados em 5 (cinco) classes:

- |                 |                 |                  |
|-----------------|-----------------|------------------|
| 1) de 50 a 60%; | 3) de 70 a 80%; | 5) de 90 a 100%. |
| 2) de 60 a 70%; | 4) de 80 a 90%; |                  |

Devido ao método adotado, praticamente todo o território nacional permanece com umidades entre 90 e 100%, exceto grande parte da Região Nordeste e algumas áreas de Tocantins e Goiás, que apresentam umidades entre 60 e 80%. As baixas umidades obtidas quando da ocorrência de *Tmin* destacam esta região do restante do país, predominantemente úmido. As áreas que apresentam umidades acima de 80% - limite proposto por Givoni - devem adotar algum artifício de desumidificação.

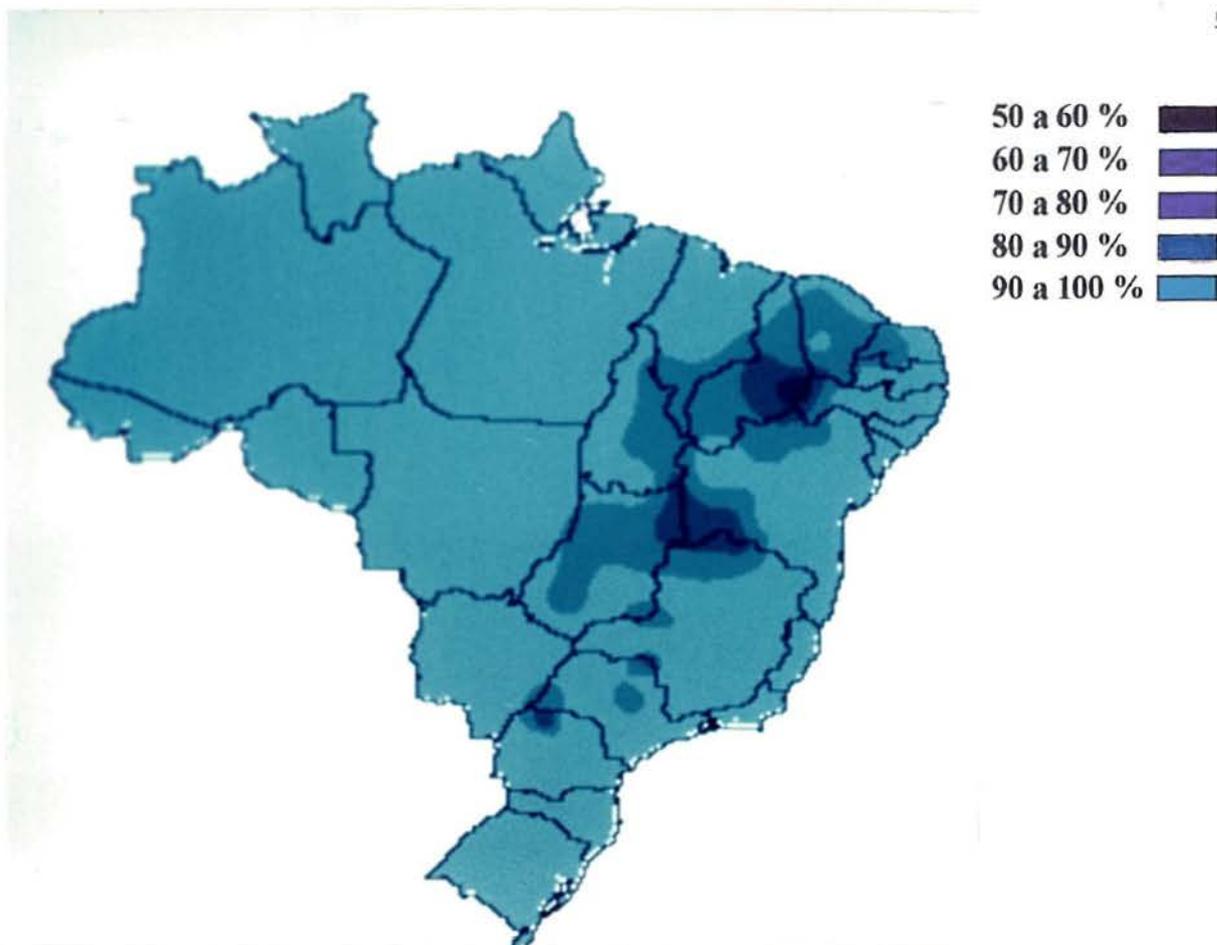


Figura 4.6- Umidade relativa de  $T_{min}$  ( $UR_n$ )

#### e) Desvio de conforto no período quente ( $\Delta\Phi$ )

Como visto anteriormente, os desvios são medidos em graus Celsius e informam a diferença entre  $T_{max}$  e a temperatura máxima de conforto para a  $UR_x$  em questão. Os desvios ( $\Delta\Phi$ ) obtidos pelas imagens variam de  $0^\circ\text{C}$  (*zero*), ou seja, dentro da zona de conforto, a  $7,5^\circ\text{C}$  e foram fatiados em 8 (oito) classes:

- |                                   |                               |                                 |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1) de 0 a $0,5^\circ\text{C}$ ;   | 4) de 2 a $3^\circ\text{C}$ ; | 7) de 5 a $6^\circ\text{C}$ ;   |
| 2) de $0,5$ a $1^\circ\text{C}$ ; | 5) de 3 a $4^\circ\text{C}$ ; | 8) de 6 a $7,5^\circ\text{C}$ . |
| 3) de 1 a $2^\circ\text{C}$ ;     | 6) de 4 a $5^\circ\text{C}$ ; |                                 |

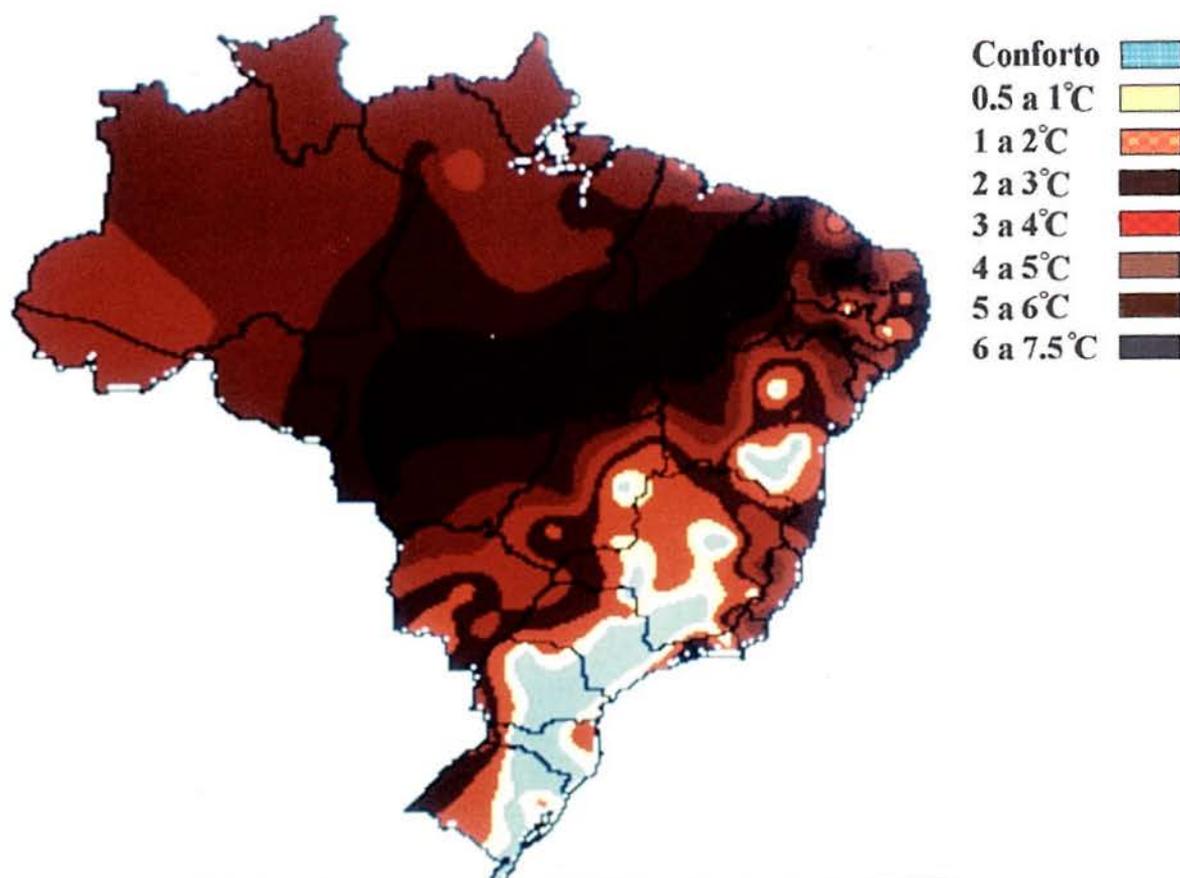


Figura 4.7- Desvio de conforto no período quente ( $\Delta\Phi$ )

Na **Região Sul**, os *desvios* variam de zero a 4°C. Pode-se notar a presença de áreas em *conforto térmico* diante da *média das máximas temperaturas mensais* ( $T_{max}$ ). Estas áreas correspondem às menores latitudes do país ou às maiores altitudes da Região. Como não podia deixar de ser a distribuição geográfica de  $\Delta\Phi$  é função do relevo e da *continentalidade*. Pode-se notar claramente que os desvios aumentam em direção ao vale do rio Uruguai (oeste do Rio Grande do Sul), aos vales dos rios Paraná (oeste do Paraná) e do rio Paranapanema (norte do Paraná). Os valores extremos de  $\Delta\Phi$ , na Região Sul, encontram-se no oeste, cujo máximo ocorre em Foz do Iguaçu (PR), com desvio de 4°C.

Na **Região Sudeste**, os *desvios* variam de zero a 5°C. As áreas em *conforto térmico*, nesta região de latitude intertropical, tornam-se mais dependentes da altitude. Através das imagens pode-se verificar a coincidência das áreas em *conforto* com o *clima mesotérmico de altitude*, que, segundo NIMER (1989), aparece nesta Região. Os valores de  $\Delta\Phi$ , crescem à medida que a altitude diminui, tanto em direção oeste quanto em direção ao litoral. Nesta última direção nota-se uma variação brusca do desvio. Em poucos quilômetros abandona-se uma área em *conforto* e atinge-se uma com desvio de 5°C, na baixada litorânea do Rio de Janeiro, correspondendo a uma diferença de altitude de cerca de 800 m.

Na **Região Nordeste**, os *desvios* variam dentro do limite de zero a 7,5°C, em grande coincidência com o relevo. As áreas em *conforto* encontram-se nas partes mais altas da

região, no sudeste e no centro-norte da Bahia. A cidade de Guaramiranga (CE), a 870 m de altitude, representa a cidade de menor latitude com *desvio* igual a *zero*. Os maiores *desvios* da Região encontram-se sobre o Piauí, Ceará e Maranhão cujos valores situam-se na faixa dos 7,5°C.

Na **Região Norte**, os valores de  $\Delta\Phi$  variam dentro do limite de 3 a 7,5°C, não apresentando qualquer área em *conforto* diante da *média das temperaturas máximas mensais*. Os maiores *desvios* da região encontram-se sobre o estado de Tocantins, onde os valores registrados situam-se na faixa dos 6 a 7,5°C. Os menores *desvios* tem valor de 3 a 4°C e aparecem em pequena área no Pará e Amapá, no Acre e oeste do Amazonas.

Na **Região Centro-Oeste**, os *desvios* variam dentro do limite de *zero* a 7,5°C. As áreas em *conforto* encontram-se nas imediações de Brasília, na serra dos Veadeiros. Os maiores *desvios* da região encontram-se sobre o Mato Grosso e norte de Goiás, na faixa de 6 a 7,5°C. A Região Centro-Oeste é mais rigorosa ao conforto humano durante os períodos mais quentes, pois que os valores de  $\Delta\Phi$ , em praticamente toda a Região, situam-se na faixa de 5 a 7,5°C.

#### f) Desvio de conforto no período frio ( $\Delta J$ )

Antes de iniciar a análise das imagens de  $\Delta J$ , cabe esclarecer algumas particularidades. Os valores de  $\Delta J$  variam de *zero* a -15°C. Como no caso de  $\Delta\Phi$ , quando  $\Delta J$  tem valor *nulo* (*zero*), equivale a dizer que esta área está dentro da *zona de conforto térmico* estabelecida por GIVONI, entretanto, no caso de  $\Delta J$ , os desvios, quando existirem, são *negativos*, representando quantos graus Celsius (°C) determinada área está abaixo desta zona de conforto. Ou seja, o máximo valor numérico de  $\Delta J$  é *zero*. Porém a fim de facilitar a redação e o entendimento, consideramos os *valores absolutos dos desvios*. Isto equivale dizer que *zero é o menor valor de  $\Delta J$* , enquanto -15°C é o maior valor para esta variável.

Os desvios foram fatiados em 8 (oito) classes:

- |                    |                  |                    |
|--------------------|------------------|--------------------|
| 1) de -15 a -12°C; | 4) de -8 a -6°C; | 7) de -2 a -0,5°C; |
| 2) de -12 a -10°C; | 5) de -6 a -4°C; | 8) de -0,5 a 0°C.  |
| 3) de -10 a -8°C;  | 6) de -4 a -2°C; |                    |

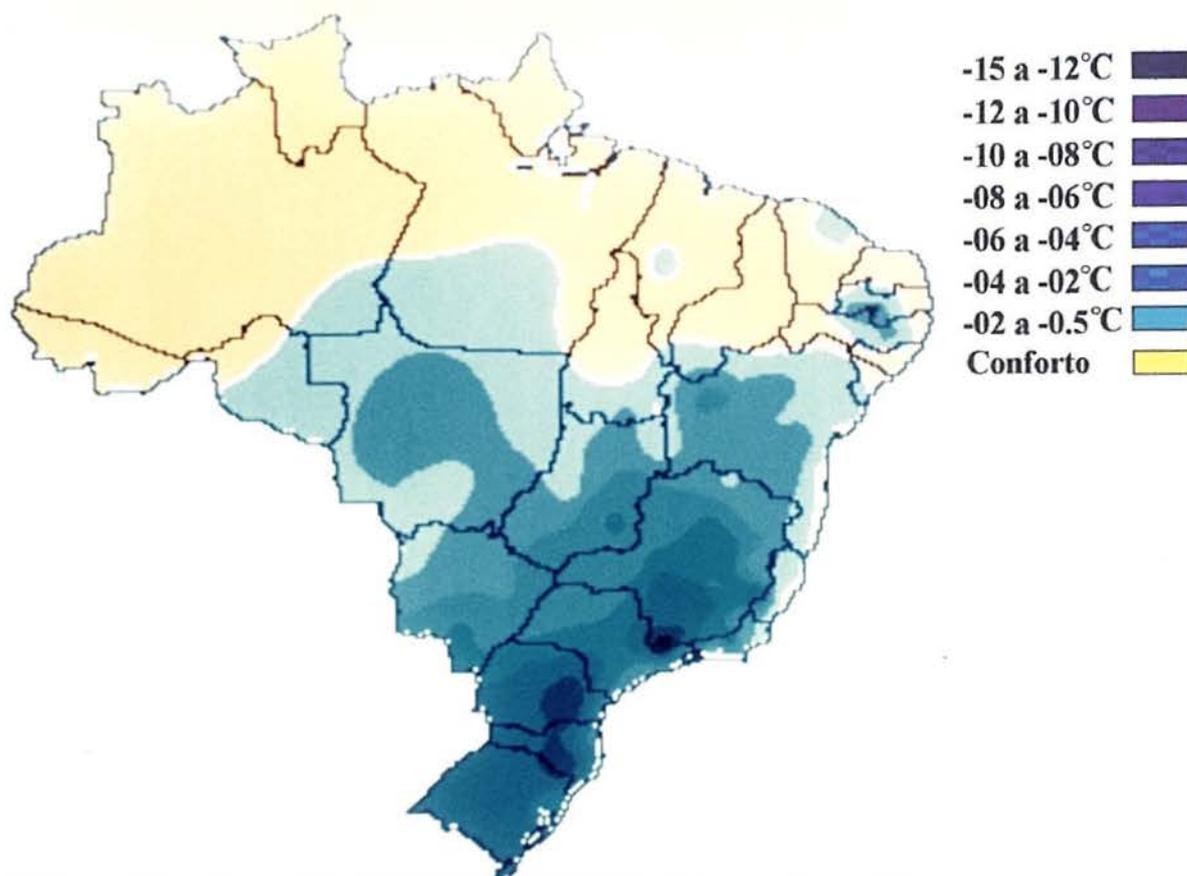


Figura 4.8- Desvio de conforto no período frio ( $\Delta f$ )

Na **Região Sul**, os *desvios de conforto* frente às *médias das temperaturas mínimas mensais* variam dentro do limite de -4 a -12°C. Os maiores valores de  $\Delta f$  encontram-se no Planalto Meridional, do Rio Grande do Sul ao Paraná, abrangendo as cidades de Bom Jesus, Vacaria, Lajes, São Joaquim e Castro, que situam-se a altitudes superiores aos 1000 m. Praticamente toda a Região Sul possui *desvios* entre -8 e -10°C. Apenas as áreas ao norte do Paraná, do litoral do Paraná e de Santa Catarina, que possuem *clima subquente*, segundo NIMER (1989), apresentam desvios na faixa de -4 e -6°C. Em nenhum local da Região Sul aparece a situação de conforto térmico diante da *média das temperaturas mínimas mensais* ( $T_{min}$ ).

Na **Região Sudeste**, os *desvios de conforto* variam dentro do limite de zero (*conforto*) a -15°C, recebendo significativa influência do relevo como fator de distribuição geográfica dos *desvios*. Enquanto em Vitória, Rio de Janeiro e Ilha Guaíba, ao nível do mar, apresentam *desvio nulo*, a poucos quilômetros dali, Campos do Jordão apresenta um *desvio máximo* de -15°C, a 1600 m de altitude. Ao longo da região serrana a predominância está em *desvios* entre -8 e -10°C, culminando na serra da Mantiqueira, onde os valores estão na faixa de -10 a -15°C. Na parte mais ocidental da Região Sudeste, percebe-se que  $\Delta f$  mantêm-se na faixa de -4 a -6°C.

Na **Região Nordeste**, os *desvios* variam entre *zero (conforto)* e  $-6^{\circ}\text{C}$ , recebendo significativa influência da latitude e do relevo como fator de distribuição desta variável. O *máximo  $\Delta J$*  da Região, na faixa de  $-4$  a  $-6^{\circ}\text{C}$ , se encontra isolado nas proximidades de Santa Rita de Cássia, no sudoeste da Bahia. Grande parte da Região possui *desvios* na faixa de  $-0,5$  à  $-4^{\circ}\text{C}$ . Entretanto, em latitudes menores do que  $10^{\circ}\text{S}$ , uma enorme zona de conforto predomina a Região Norte e Nordeste, exceto nos arredores de Grajaú (MA), Guaramiranga (CE) e sobre o Planalto da Borborema, onde os *desvios* alcançam a faixa de  $-2$  a  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Na **Região Norte** que, segundo NIMER (1989), caracteriza-se pelo *clima quente*, pode-se notar uma extensa área em conforto térmico frente à *média das temperaturas mínimas mensais*. Como visto na Região Nordeste, esta zona de conforto domina as latitudes menores do que  $10^{\circ}\text{S}$ , desenvolvendo-se até o extremo norte do país. Apenas pequenas áreas na zona meridional da Região, ao sul do Pará e na chapada dos Parecis, em Rondônia, apresentam desvio entre  $-0,5$  e  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Na **Região Centro-Oeste**, os *desvios* variam dentro do limite de  $-0,5$  a  $-8^{\circ}\text{C}$ . Nesta Região não se verifica a existência de conforto frente aos períodos frios, ficando grande parte de seu território sob faixas de  $-0,5$  a  $-4^{\circ}\text{C}$ . Os maiores *desvios*, na faixa de  $-8$  a  $-6^{\circ}\text{C}$ , aparecem na chapada do Amambá (extremo sul de Mato Grosso) e imediações de Brasília. A faixa de  $-4$  a  $-6^{\circ}\text{C}$  engloba as altas chapadas e superfícies cristalinas do centro-sul.

#### 4.2.1.5- Zoneamento bioclimático

O cruzamento de imagens possibilita que sejam combinadas mais de uma variável em um mesmo plano ou imagem. Desta forma surgem novas classes, resultantes da multiplicação entre as classes existentes. A fim de se obter um *zoneamento* que informe como se distribuem conjuntamente as respostas humanas (bio) pelo território nacional foram cruzadas as imagens de  $\Delta\Phi$  e  $\Delta J$ .

Cada um dos *desvios* havia sido classificado em oito (8) classes de valores. Para fins de cruzamento, este é um número bastante grande, pois que pode gerar 64 novas classes. Estas 8 classes iniciais foram, então, reclassificadas em 4 faixas de valores, o que possibilita um máximo de 16 novas subclasses. A partir deste cruzamento é possível obter o *zoneamento bioclimático*.

O *desvio de conforto no período quente* ( $\Delta\Phi$ ) foi classificado em:

- 1) **Conforto**, para  $\Delta\Phi$  de 0 a  $0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) **Pequeno**, para  $\Delta\Phi$  de  $0,5$  a  $2,5^{\circ}\text{C}$ ;
- 3) **Médio**, para  $\Delta\Phi$  de  $2,5$  a  $5^{\circ}\text{C}$ ;

4) **Grande**, para  $\Delta\Phi$  de 5 a 7,5°C.

Por sua vez o *desvio de conforto no período frio* ( $\Delta f$ ) foi classificado em:

1) **Grande**, para  $\Delta f$  de -15 a -10°C.

2) **Médio**, para  $\Delta f$  de -10 a -5°C;

3) **Pequeno**, para  $\Delta f$  de -5 a -0,5°C;

4) **Conforto**, para  $\Delta f$  de -0,5 a 0°C.

Como resultado deste cruzamento obteve-se 12 classes. Estas classes por semelhança foram agrupadas em três classes maiores:

1) **ZONA 1- não** apresenta grandes preocupações com o período mais quente;

2) **ZONA 2-** apresenta problemas com o período quente e com o período frio;

3) **ZONA 3- não** apresenta grandes preocupações com o período mais frio.

Desta forma tem-se o *zoneamento bioclimático* composto por três grandes zonas, conforme a Figura 4.9.

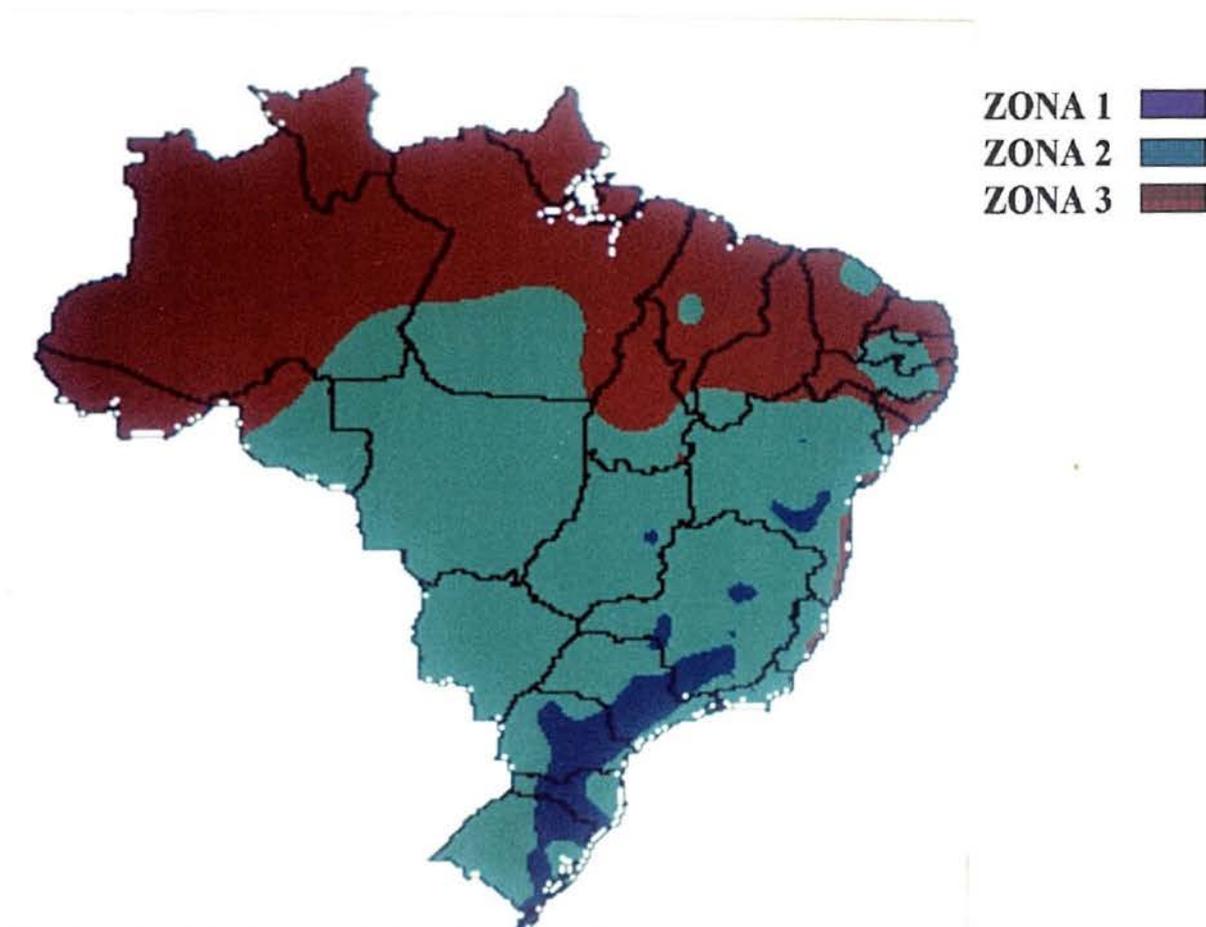


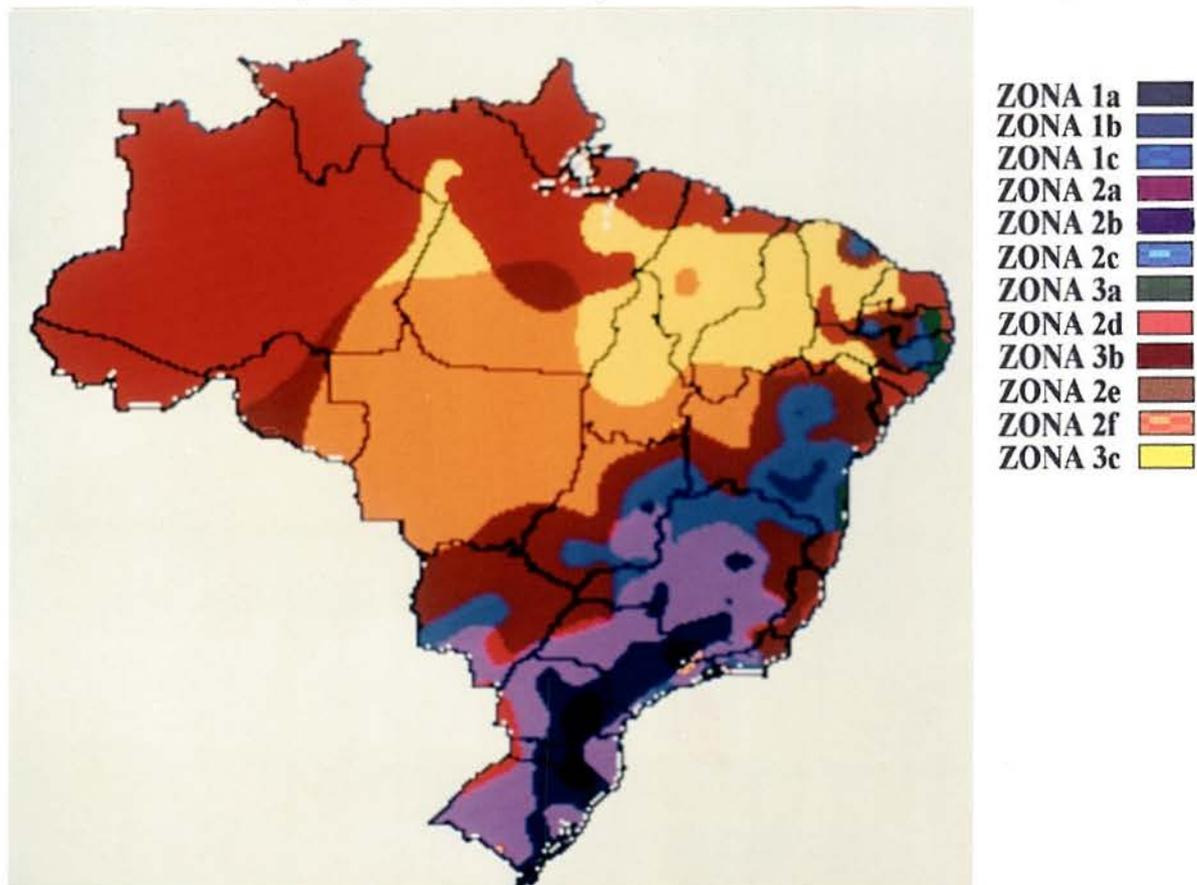
Figura 4.9- Zonas Bioclimáticas

Estas zonas são compostas por suas respectivas subzonas bioclimáticas, que totalizam as 12 (doze) classes obtidas no cruzamento. No Quadro 4.1 estão apresentadas as três zonas bioclimáticas com suas respectivas subzonas, faixas de desvios que as compõem e porcentagem de área que ocupam no território nacional, calculada através do programa IDRISI.

**Quadro 4.1-** Subzonas bioclimáticas e áreas relativas de ocupação

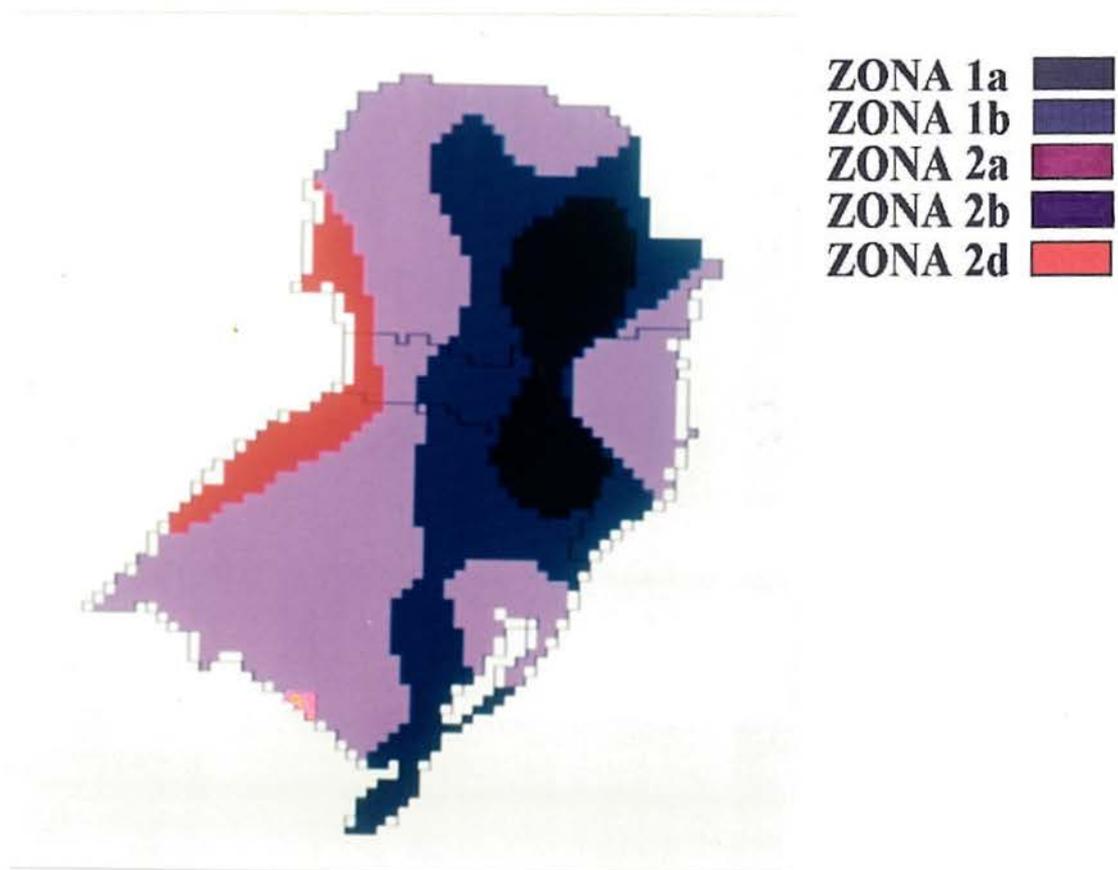
Zona Bioclimática	Subzona Bioclimática	Desvio de Calor ( $\Delta\Phi$ )	Desvio de Frio ( $\Delta f$ )	Área Relativa
1	a	0 a 0.5°C	-15 a -10°C	1.06%
	b	0 a 0.5°C	-10 a -5°C	3.55%
	c	0 a 0.5°C	-5 a -0.5°C	0.33%
2	a	0.5 a 2.5°C	-15 a -10°C	0.05%
	b	0.5 a 2.5°C	-10 a -5°C	9.23%
	c	0.5 a 2.5°C	-5 a -0.5°C	5.62%
	d	2.5 a 5°C	-10 a -5°C	0.90%
	e	2.5 a 5°C	-5 a -0.5°C	13.81%
	f	5 a 7°C	-5 a -0.5°C	18.85%
3	a	0.5 a 2.5°C	-0.5 a 0°C	0.39%
	b	2.5 a 5°C	-0.5 a 0°C	34.45%
	c	5 a 7°C	-0.5 a 0°C	11.76%

A distribuição geral das subzonas pelo território nacional é vista na Figura 4.10.



**Figura 4.10-** Subzonas bioclimáticas

Na **Região Sul**, concordando com a pouca diversidade climática, aparecem apenas as *subzonas 1a, 1b, 2a, 2b e 2d*. A *subzona 1a* abrange as áreas acima de 1000 m de altitude que se desenvolvem sobre o planalto Meridional. A *subzona 1b* abrange o planalto Meridional nas altitudes entre 500 e 1000 m e as menores latitudes da Região. A fronteira oeste da Região é caracterizada pela *subzona 2d*. A *subzona 2b* apresenta relativa predominância na Região, enquanto a *subzona 2a* aparece somente em pequena área na proximidade da cidade de Bagé (RS).



**Figura 4.11-** Subzonas bioclimáticas da Região Sul

Na **Região Sudeste**, devido à sua grande diversidade climática, surge um grande número de classificações bioclimáticas. Nesta Região só não aparecem as *subzonas 1c, 3a e 3c*, constituindo-se na região com maior diversidade bioclimática do país. Como na Região Sul, a predominância é da *subzona 2b* e as *subzonas 1a e 1b* localizam-se nas partes mais altas da região. A *subzona 2f* somente aparece próximo à cidade de Aimorés (MG).

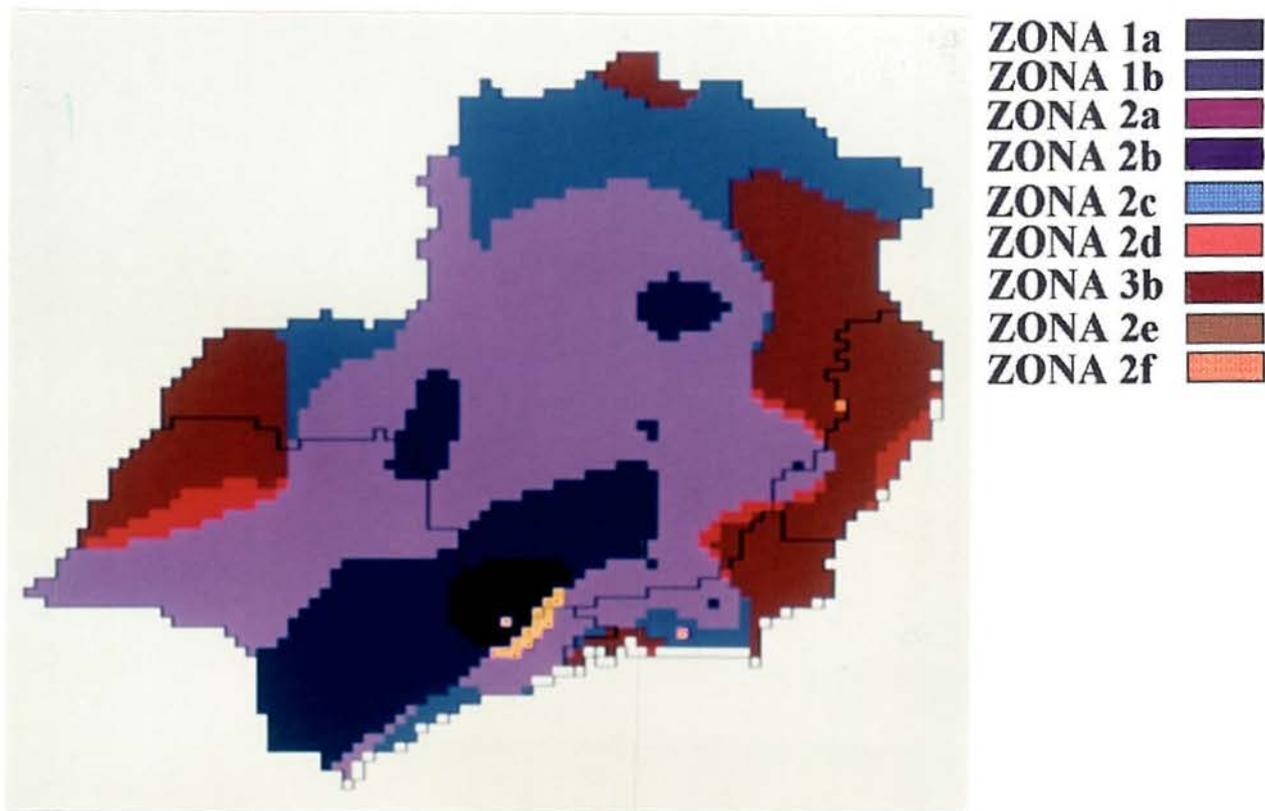


Figura 4.12- Subzonas bioclimáticas da Região Sudeste

Com grande diversidade climática, a **Região Nordeste** também possui uma grande diversidade bioclimática, embora um pouco menor do que a Região Sudeste. A Região Nordeste somente não possui as *subzonas 1a, 1b, 2a, 2b e 2d*. As *subzonas 1c e 2c* situam-se sobre as áreas de maior altitude da Região. Apesar da grande diversidade bioclimática pode-se observar uma ligeira predominância da *subzona 3c*.

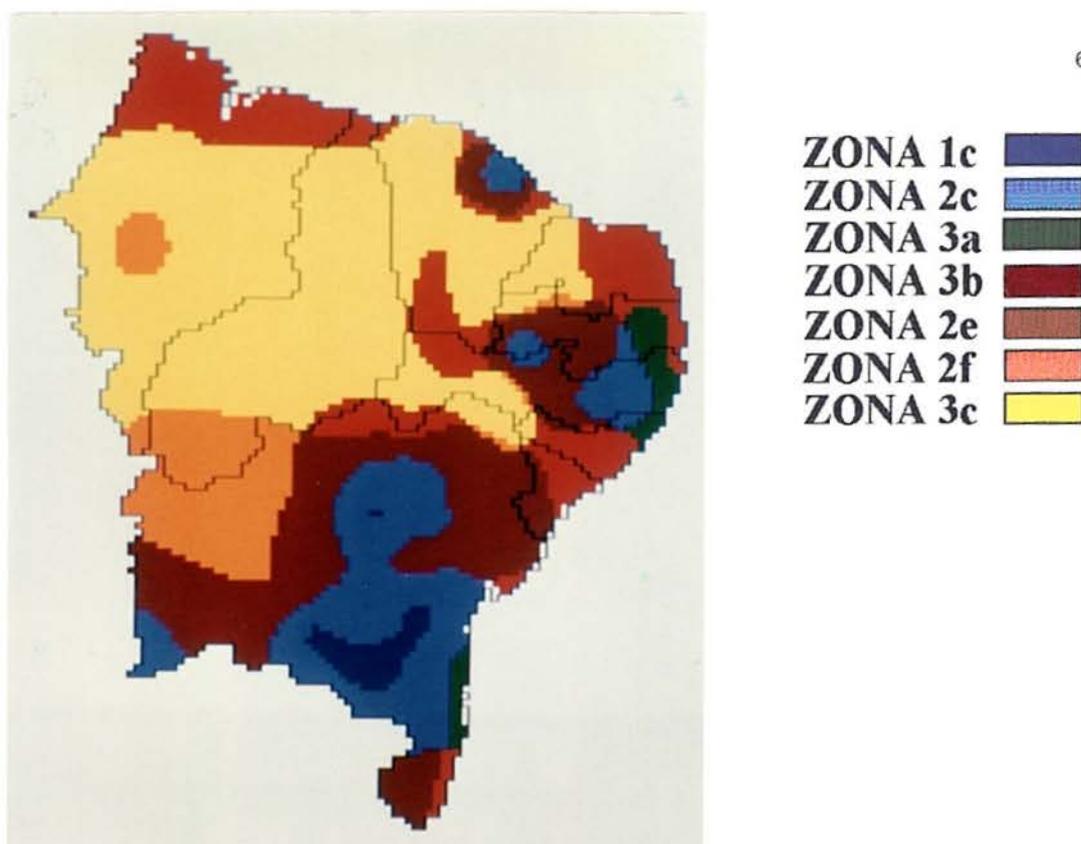


Figura 4.13- Subzonas bioclimáticas da Região Nordeste

Como na Região Sul, a **Região Norte** reflete em seu zoneamento bioclimático a pouca diversidade climática de seu território. Aparecem nesta Região apenas as *subzonas 2e, 3b, 2f e 3c*, com a predominância absoluta da *subzona 3b*.

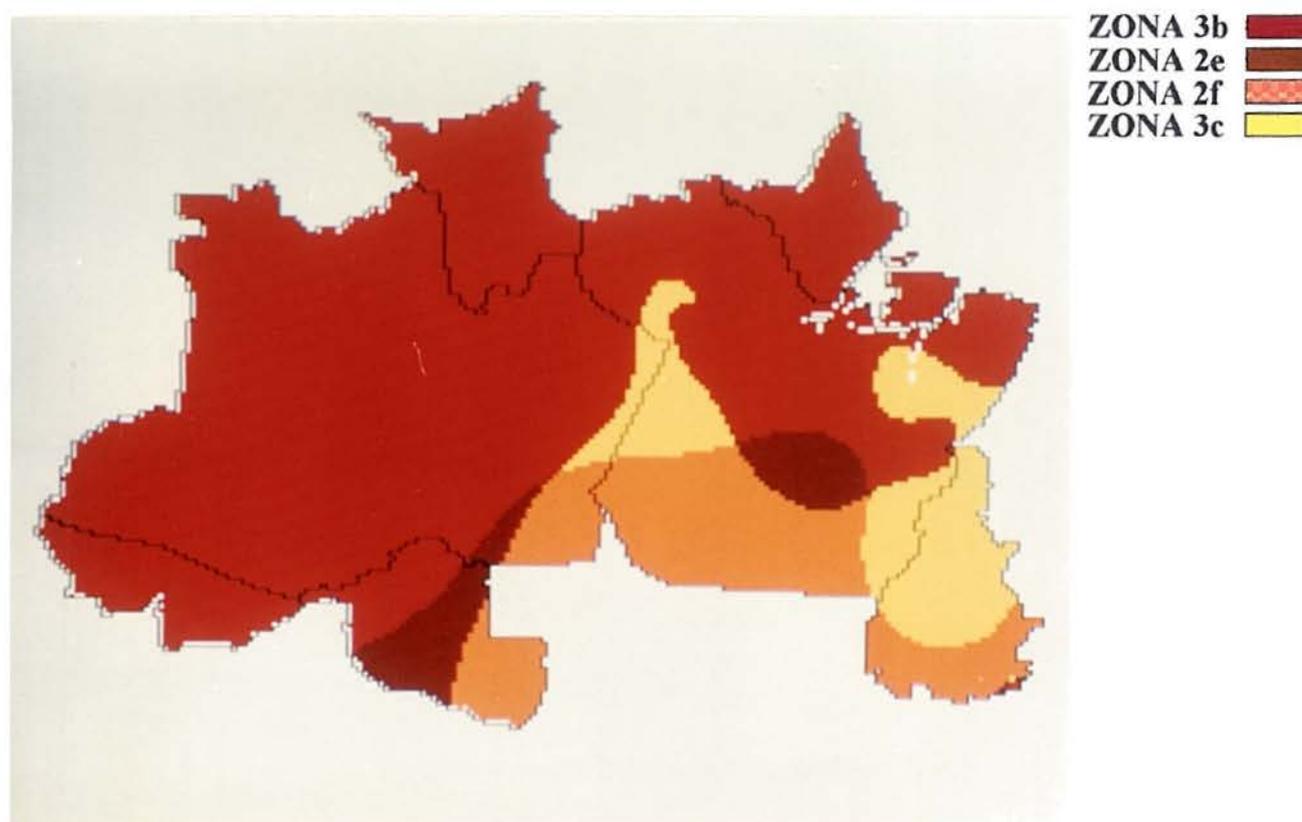
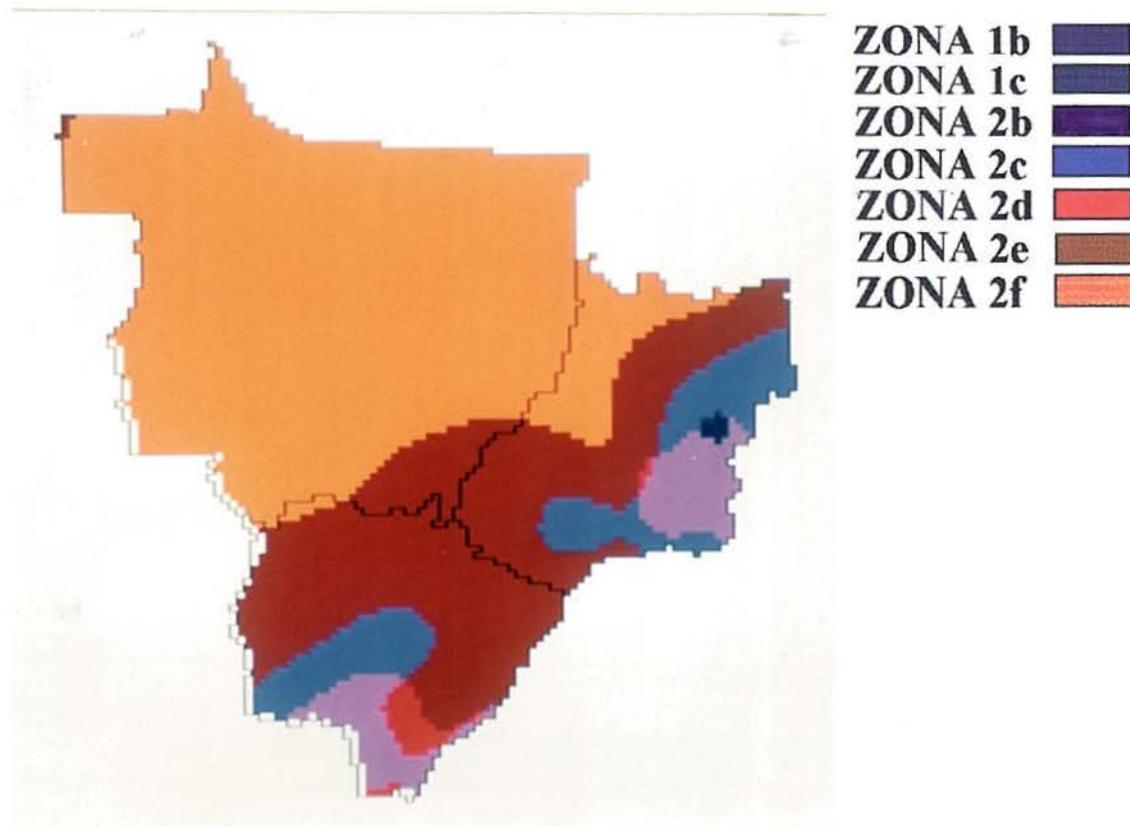


Figura 4.14- Subzonas bioclimáticas da Região Norte

A **Região Centro-Oeste** possui significativa diversidade bioclimática gerada pelas áreas de maior altitude, onde aparecem as *subzonas 1b, 1c e 2c*. A predominância na região fica a cargo da *subzona 2f*.



**Figura 4.15-** Subzonas bioclimáticas da Região Centro-Oeste

#### **4.2.2- Zoneamento Bioclimático para fins de Edificação**

O zoneamento bioclimático obtido nas Figuras 4.9 e 4.10 representam as respostas fisiológicas esperadas em cada localidade frente a sensação de conforto. Entretanto, não possuem íntima relação com a estratégia de projeto a ser adotada, pois o valor do desvio é a combinação de temperatura e umidade, resultante de diferentes combinações destas variáveis. Além disso, quando do cruzamento dos desvios, estes foram reclassificados em apenas 4 (quatro) classes cada, diminuindo a precisão do zoneamento e conseqüentemente a relação com o tipo de edificação a ser adotada. Para a definição do *zoneamento bioclimático para fins de edificação* devem ser utilizadas diretamente as estratégias de projeto bioclimático.

#### 4.2.2.1- Verificação das médias das amplitudes térmicas mensais ( $\Delta tx$ )

Embora as amplitudes não constem na carta psicrométrica, como visto no Capítulo 3, muitas das estratégias de resfriamento bioclimático propostas por Givoni, têm a amplitude como condicionante de sua aplicabilidade. A amplitude térmica, sendo uma das mais importantes variáveis na especificação do envelope da edificação, experimenta íntima relação com o grau de maritimidade e continentalidade, grau de umidade, nebulosidade e com a massa vegetal de determinada região. Com fins de comparar com as estratégias de resfriamento obtidas, importa-nos a amplitude que ocorre no mês de  $T_{max}$ .

Sendo  $\Delta tx$  a amplitude térmica que ocorre no mês de  $T_{max}$ , esta é calculada pela diferença entre  $T_{max}$  e a média das temperaturas mínimas do mês correspondente.

#### 4.2.2.2- Determinação das estratégias bioclimáticas

Da mesma forma que foram calculados os desvios de conforto ( $\Delta\Phi$  e  $\Delta J$ ), a partir da zona de conforto de GIVONI (1992) com ar parado, todos os desvios maiores que  $0,5^{\circ}\text{C}$  (fora da zona de conforto) foram recalculados, considerando as expansões da zona de conforto, em função das estratégias de projeto bioclimático sugeridas por Givoni.

##### a) Estratégias de Resfriamento

Como visto no Capítulo 3, GIVONI (1992) sugere quatro estratégias para o resfriamento passivo: ventilação cruzada com velocidade próxima a 2 m/s, massa térmica com resfriamento convectivo noturno e resfriamento evaporativo direto ou indireto. Estes últimos, como visto no Capítulo 3, possuem o mesmo limite de aplicabilidade em países em desenvolvimento. Desta forma, os desvios foram recalculados para três novas situações:

- $\Delta\Phi 1$ : ventilação cruzada com velocidade de 2 m/s;
- $\Delta\Phi 2$ : massa térmica e resfriamento convectivo noturno;
- $\Delta\Phi 3$ : resfriamento evaporativo direto ou indireto.

Cada uma das estratégias foi obtida individualmente e fatiada em somente duas classes:

- 1) Conforto ( de 0 a  $0,5^{\circ}\text{C}$ );
- 2) Sem conforto ( maior do que  $0,5^{\circ}\text{C}$ ).

A seguir, todas foram cruzadas em um único *plano de informação*, juntamente com a faixa de conforto de  $\Delta\Phi$  ( de 0 a  $0,5^{\circ}\text{C}$ ). Como resultado foram obtidas regiões onde não é necessária qualquer estratégia frente ao calor ( $\Delta\Phi =$  conforto); onde somente uma das estratégias surtiu efeito; onde mais de uma foi satisfatória e onde nenhuma conseguiu oferecer conforto interno frente as condições externas.

## b) Estratégia de Aquecimento

Como visto no Capítulo 3, MILNE e GIVONI (1979) sugere o *aquecimento solar passivo* como solução ao desconforto frente ao frio, cujo limite de aplicabilidade optou-se por determinar a uma temperatura de 10°C, baseando-se nos trabalhos de GONZALES (1986) e EVANS (1993).

Recalculando os desvios obtém-se  $\Delta f_1$ , que representa o *aquecimento solar passivo*. Estes novos desvios, quando cruzados com a zona de conforto de  $\Delta f$  (de -0,5 a 0°C) geram uma imagem composta de três classes: onde o aquecimento solar passivo é suficiente; onde não é suficiente e; onde não há a necessidade de aplicação desta estratégia ( $\Delta f =$  conforto).

### 4.2.2.3- Análise das imagens

#### a) Amplitudes térmicas durante $T_{max}$ ( $\Delta t_x$ )

As amplitudes térmicas que ocorrem no mês de  $T_{max}$  são resultado da diferença entre  $T_{max}$  e a *média das temperaturas mínimas* do mês em questão. Os valores obtidos para  $\Delta t_x$  variaram de 5,2°C em Fernando de Noronha (PE) a 18,8°C em Santa Rita de Cássia (BA) e foram divididos em 7 classes:

- |                      |                      |                  |
|----------------------|----------------------|------------------|
| 1) de 19 a 17,5°C;   | 4) de 13,5 a 11,5°C; | 7) de 7,5 a 5°C. |
| 2) de 17,5 a 15,5°C; | 5) de 11,5 a 9,5°C;  |                  |
| 3) de 15,5 a 13,5°C; | 6) de 9,5 a 7,5°C;   |                  |

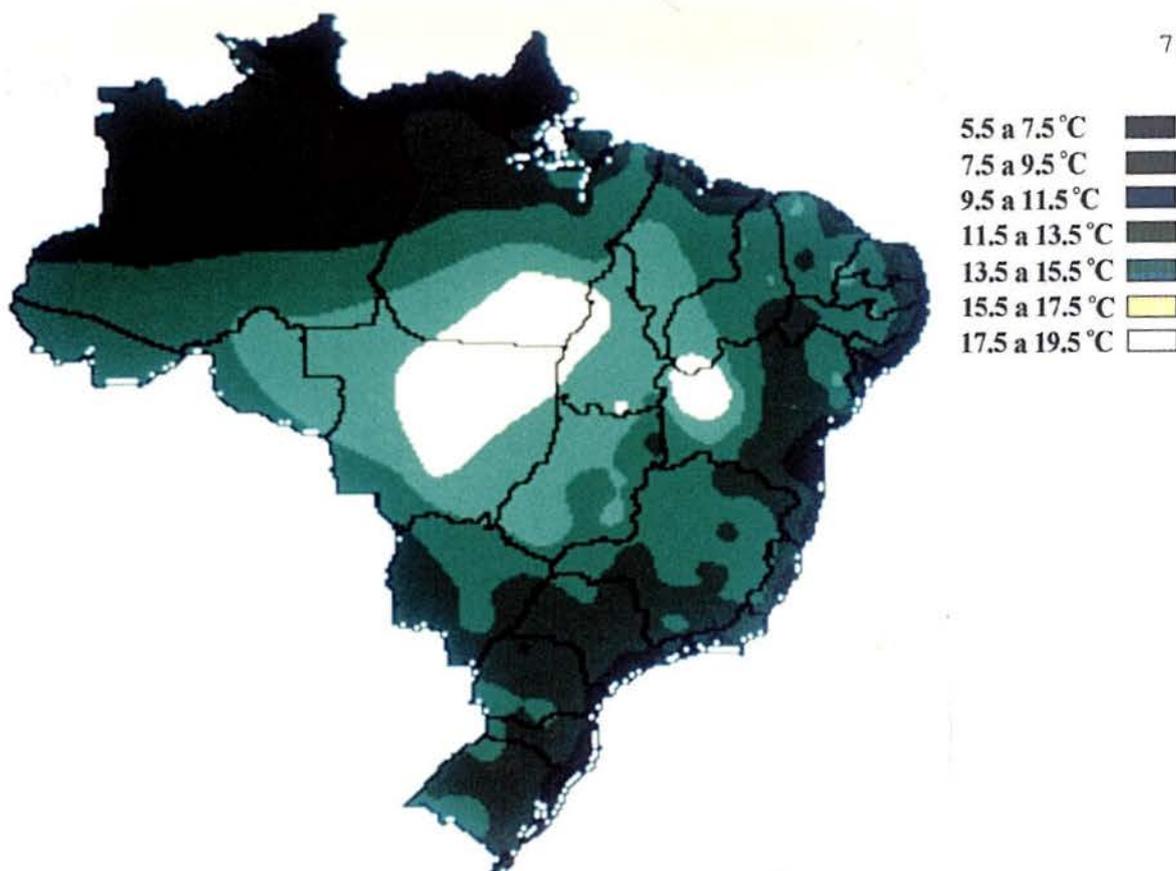


Figura 4.16- Amplitude térmica durante  $T_{max}$  ( $\Delta t_x$ )

A *maritimidade* e a *continentalidade* são os fatores que mais influenciam a distribuição geográfica das *máximas amplitudes térmicas mensais* ( $\Delta t_x$ ) pelo território brasileiro. As imagens caracterizam o litoral por amplitudes na faixa de 5 a 9,5°C e a parte mais central do país na faixa de 15,5 a 19°C. Esta região de maior amplitude coincide com o mapeamento do ATLAS CLIMATOLÓGICO DO BRASIL (1969) referente ao "*maior número de dias secos*". Em geral, o mês no qual ocorre  $\Delta t_x$  corresponde a um mês do período de seca, quando este existe. Cabe lembrar que a amplitude aperiódica, obtida da diferença entre a média das máximas e a média das mínimas, pode ser completamente diferente da amplitude anual, como compara SERRA (1975d). Segundo o autor, a amplitude anual conserva-se muito inferior à amplitude diurna para a maior parte da zona equatorial, pois a homogeneidade da temperatura média mensal durante o ano não reflete a diferença entre as temperaturas do dia e da noite.

Na **Região Sul**, as *amplitudes térmicas* variam dentro do limite de 5 a 13,5°C. Os menores valores de  $\Delta t_x$  encontram-se no litoral da região, mais especificamente de Torres (RS) a Florianópolis (SC). Os valores de  $\Delta t_x$  aumentam à medida que dirige-se ao interior da região, alcançando valores na faixa de 9,5 a 11,5°C na cidade de Bagé (RS), no vale do rio Uruguai (oeste do Rio Grande do Sul) e no oeste do Paraná e de Santa Catarina.

Na **Região Sudeste**, as *amplitudes térmicas* variam de 5 a 13,5°C. Os menores valores de  $\Delta t_x$  encontram-se junto ao litoral da região. Os valores de  $\Delta t_x$  aumentam à medida

que aumenta o fator de *continentalidade* da região, apresentando larga área com valores na faixa de 11,5 a 13,5°C.

Na **Região Nordeste**, as *amplitudes térmicas* de 5 a 19°C. O gradiente de  $\Delta t_x$  cresce em direção ao interior da região, onde encontram-se os maiores valores, na faixa de 15,5 a 19°C, mais especificamente no oeste da Bahia, na divisa com Goiás, Piauí e Tocantins. Cabe lembrar que nesta área, segundo método de Kerner, o clima apresenta altos índices de continentalidade, como descrito no item 2.2.3.

Na **Região Norte**, as *amplitudes térmicas* variam dentro do limite de 5 a 17,5°C, tendo uma distribuição em camadas sobre a planura de uma região tipicamente úmida. A maior faixa de amplitude (de 15,5 a 17,5°C) aparece ao sul do Pará na divisa com Tocantins.

Se comparado o mapeamento da hidrografia com a variação das amplitudes, pode-se constatar que o rio Amazonas se constitui em uma divisória entre as faixas de 9,5 a 11,5°C e de 11,5 a 13,5°C. Nitidamente, este limite acompanha o percurso do rio Amazonas, refletindo a importância deste e de sua bacia hidrográfica no ambiente climático da Região. As amplitudes crescem em direção ao centro do país, enfatizando o aumento do *fator de continentalidade*.

Na **Região Centro-Oeste**, as *amplitudes térmicas* variam dentro do limite de 9,5 a 17,5°C, enfatizando o máximo fator de *continentalidade*. A maior faixa de amplitude (de 13,5 a 17,5°C) aparece dominando a maior área da Região. A menor faixa de amplitude (de 9,5 a 11,5°C) aparece em áreas ao sul de Mato Grosso do Sul. Esta região está representada no ATLAS CLIMATOLÓGICO DO BRASIL (1969), como a região que apresenta maior número de dias secos do país.

#### **b) Estratégias de Resfriamento Passivo**

Na Figura 4.17 pode-se verificar a presença de nove (8) classes distintas quanto a aplicabilidade das estratégias de resfriamento passivo:

- **Classe 1: Estratégia Inexistente.** Significa que nenhuma das estratégias utilizadas conseguiu estabelecer conforto interno nas edificações. Para estas áreas sugere-se resfriamento ativo, ou seja, *condicionamento artificial*.

- **Classe 2: Sem Preocupação.** Representa as áreas onde o período mais quente não apresenta desvio de conforto. Em tais locais as edificações não necessitam de cuidados especiais para permitirem perdas de calor.

- **Classe 3: Ventilação Cruzada.** Representa as áreas onde somente a *ventilação cruzada* pode ser adotada como método de resfriamento. Estas áreas se caracterizam por altas umidades, baixas amplitudes e temperaturas pouco superiores a 32°C.

- **Classe 4: Massa Térmica.** Representa as áreas onde somente a utilização de *inércia térmica com ventilação noturna* pode ser adotada como método de resfriamento. Estas áreas se caracterizam por médias e baixas umidades, altas amplitudes e limites de temperatura que, em função da umidade, variam de 33 a 38°C. Porém, como a menor umidade registrada é de 27%, o limite de aplicabilidade desta estratégia está em torno de uma temperatura de 35°C.

- **Classe 5: Resfriamento Evaporativo.** Representa as áreas onde somente o *resfriamento evaporativo direto ou indireto* pode ser adotado como estratégia de resfriamento. Estas áreas se caracterizam por baixas umidades e altas temperaturas acompanhadas de média ou altas amplitudes térmicas.

- **Classe 6: Ventilação Cruzada ou Massa Térmica.** Nestas áreas, tanto uma quanto outra estratégia recuperam os níveis de conforto no interior da edificação. Estas áreas se caracterizam por umidades médias em torno de 50%, temperaturas próximas à 32°C e amplitudes que não sejam pequenas.

- **Classe 7: Massa Térmica ou Resfriamento Evaporativo.** Representam as áreas em que ambas estratégias podem ser satisfatoriamente aplicadas. Estas áreas se caracterizam por baixas umidades, altas e médias amplitudes e temperaturas máximas próximas a 35°C.

- **Classe 8: Qualquer Uma das Estratégia.** Representam as áreas onde qualquer uma das estratégias pode ser aplicada para restabelecer o conforto interno. Estas áreas se caracterizam por possuírem pequenos desvios de conforto durante o período mais quente, amplitudes e umidades médias e temperatura próxima a 32°C.

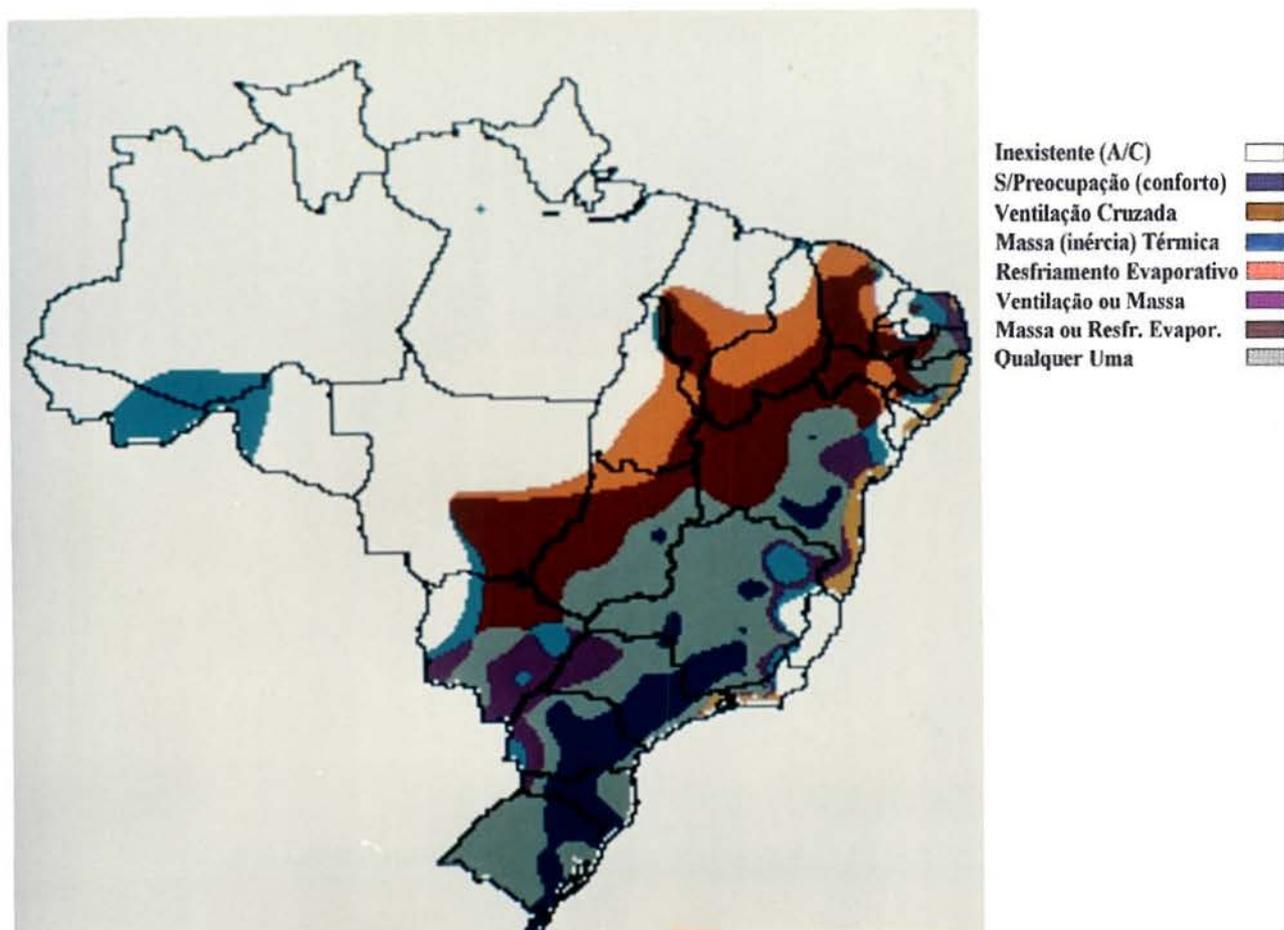


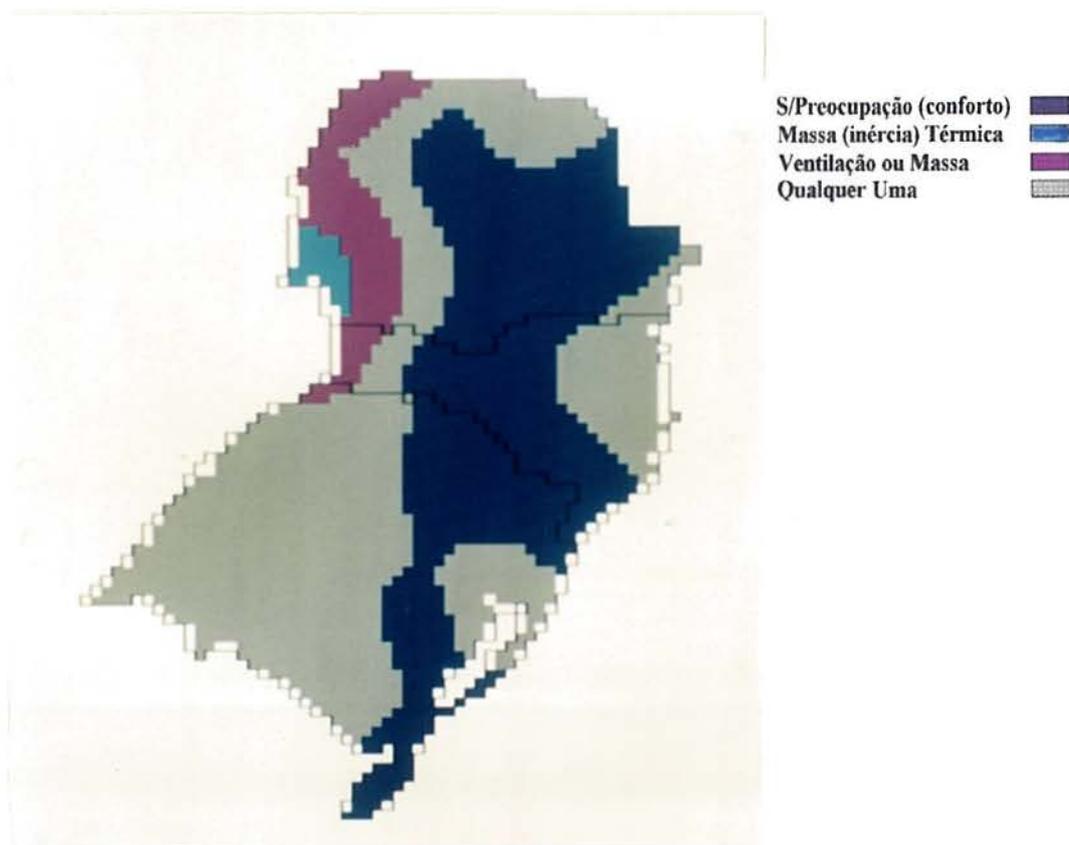
Figura 4.17- Estratégias de resfriamento passivo

Pode-se notar a total coincidência das áreas onde as estratégias de resfriamento não são eficazes com o clima quente-úmido determinado por NIMER (1989), na Figura 2.3.

Observando o Anexo, pode-se verificar que as estratégias de resfriamento obtidas pelo método de GIVONI (1992) guardam uma nítida coerência, não só com os valores de temperatura e umidade, mas também de amplitudes. Em locais com umidades média-alta a *ventilação cruzada* se destaca como a estratégia mais adequada; quando a umidade é baixa obtém-se o *resfriamento evaporativo*, enquanto a *massa térmica* só é sugerida onde as amplitudes térmicas são altas. Esta coerência também pode ser observada na análise regional das imagens de estratégias de projeto.

Na **Região Sul** os desvios de  $\Delta\Phi$ , quando existem, são bastante pequenos, de modo que *qualquer uma* das estratégias é suficiente para reestabelecer o conforto interno, cabendo ao bom senso do projetista adotar a mais adequada. Pode-se notar que na parte oeste do Paraná e Santa Catarina, onde ocorrem simultaneamente os maiores valores de  $T_{max}$  e amplitudes ( $\Delta t_x$ ), a *massa térmica* ou a *ventilação cruzada* são as estratégias mais adequadas, exceto nas proximidades de Foz do Iguaçu (PR) que, além de apresentar simultaneamente todas as características acima descritas, apresenta umidade inferior a 50%, tornando desaconselhável a *ventilação cruzada*.

A cidade de Jacarezinho (PR), devido à um erro de coordenadas (x, y) durante este processo, teve sua posição deslocada e desta forma não demonstrou nas imagens seus valores calculados. Tal falha só foi verificada no final do trabalho e sua reparação requereria refazer todo o processo. Felizmente este erro não ocasionou danos maiores na interpolação e os valores reais desta cidade podem ser verificados no Anexo.



**Figura 4.18-** Estratégias de resfriamento passivo na Região Sul

Na **Região Sudeste**, como na Região Sul, largas áreas são satisfeitas com *qualquer uma das estratégias*. No litoral do Rio de Janeiro, a *ventilação* é a melhor estratégia frente às altas umidades e baixas amplitudes. Parte do Rio de Janeiro, Minas Gerais e todo o estado do Espírito Santo não alcançam conforto por intermédio de nenhuma destas estratégias.

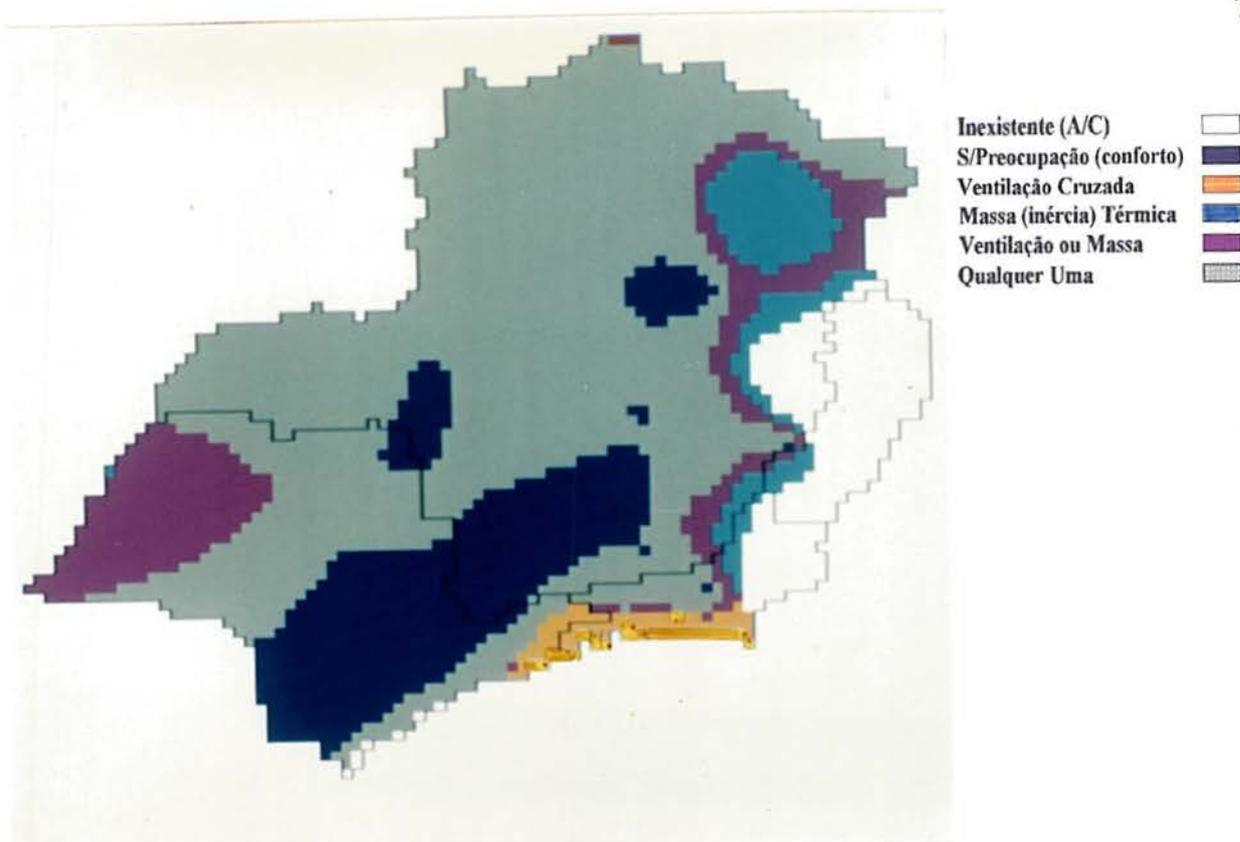
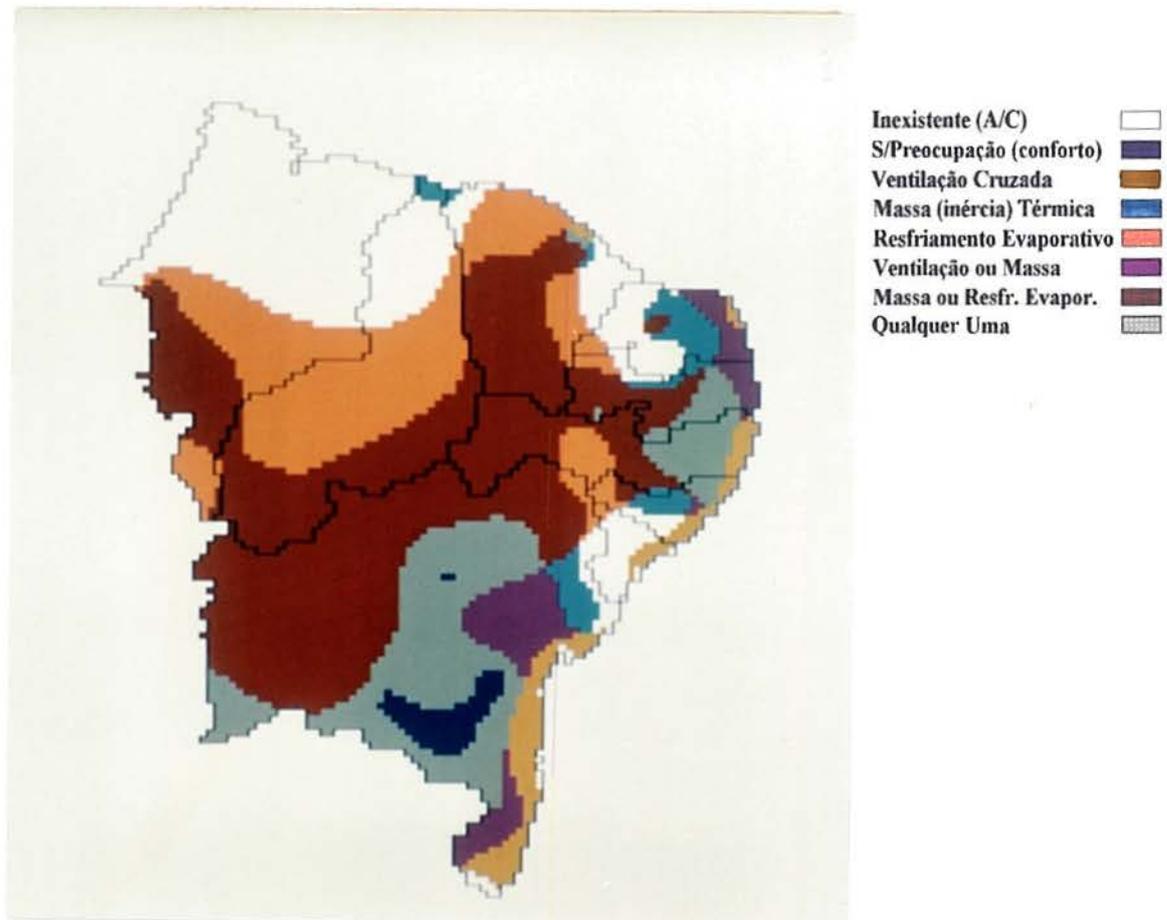


Figura 4.19- Estratégias de resfriamento passivo na Região Sudeste

Na **Região Nordeste**, aparecem desde áreas em conforto, sem necessidade de estratégia, até áreas onde o conforto não é alcançado por nenhuma delas. Nesta região surge a necessidade de *resfriamento evaporativo* que, juntamente com a necessidade de *massa térmica*, domina maior parte do interior da região, enquanto a *ventilação cruzada* domina o litoral. Na Região Nordeste, as áreas que são satisfeitas por *qualquer uma* das estratégias correspondem às altitudes entre 500 e 1000 m.



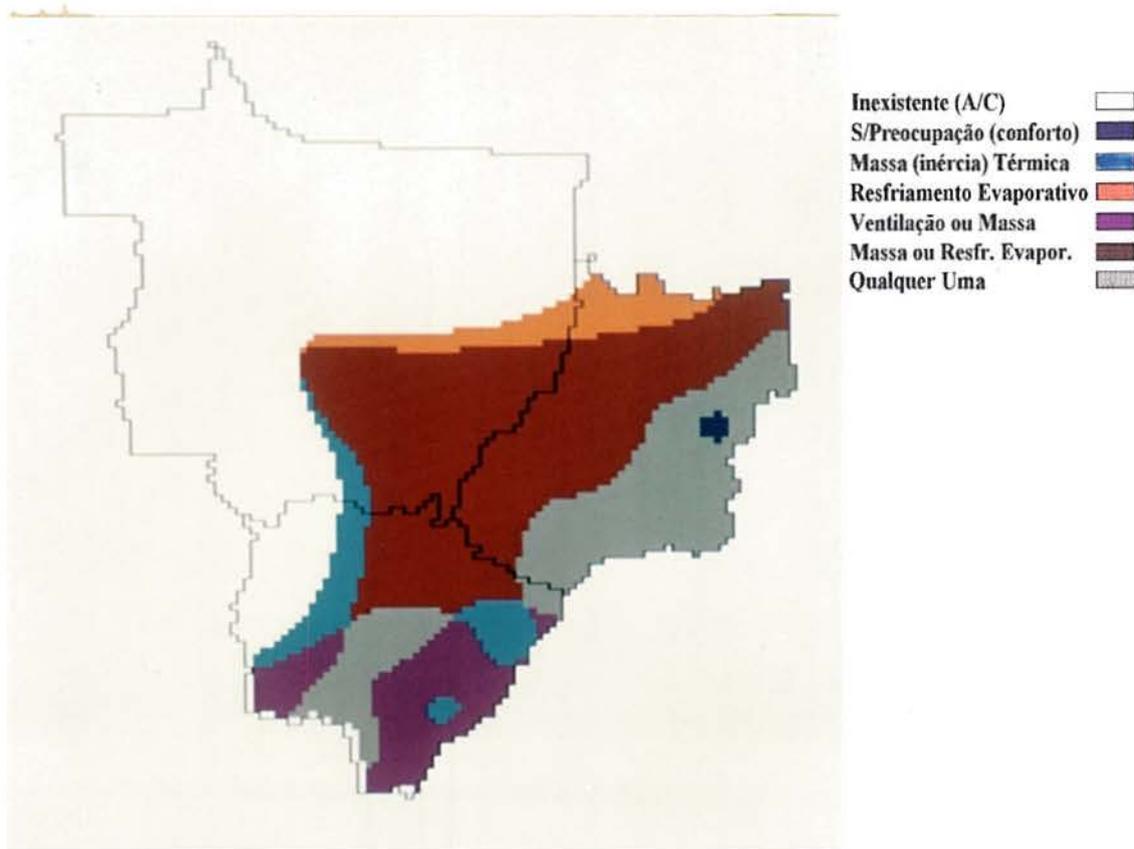
**Figura 4.20-** Estratégias de resfriamento passivo na Região Nordeste

Praticamente toda a **Região Norte** está fora da possibilidade de conforto passivo, devido a combinação de altas temperaturas com altas umidades. Somente em parte do Acre e Rondônia, onde as umidades são menores, foi possível utilizar a *massa térmica* como solução de projeto bioclimático. No estado de Tocantins, frente às altas temperaturas e baixas umidades (inferiores a 40%), o *resfriamento evaporativo* representa a principal alternativa de projeto.



**Figura 4.21-** Estratégias de resfriamento passivo na Região Norte

Grande parte da **Região Centro-Oeste** não alcança conforto por meios passivos de projeto, devido à combinação de temperatura superior à 34°C e umidades na faixa e 40 a 50%. Nos locais onde a umidade está na faixa de 30 a 40% foi possível a utilização do *resfriamento evaporativo* para alcançar conforto interno. Como estratégias de conforto para a região predominam a *massa térmica* e o *resfriamento evaporativo*.



**Figura 4.22-** Estratégias de resfriamento passivo na Região Centro-Oeste

Nas áreas onde as estratégias bioclimáticas não ofereceram conforto, faz-se necessário a utilização de meios de *condicionamento artificial*. Entretanto, algumas estratégias, mesmo não oferecendo conforto, melhoram sensivelmente as condições internas do edifício podendo ser utilizadas como *opção* para se amenizar o desconforto nas edificações.

Através de um programa computacional elaborado em QBasic para este fim, sempre que em determinado local não é atingido o *nível de conforto*, este verifica nas malhas de interpolação de cada uma das estratégias, qual delas oferece menor desvio de conforto para o local em questão e, desta forma, a destaca como *opção* a ser utilizada para amenizar o desconforto interno. Sua aplicação resultou na Figura 4.23.

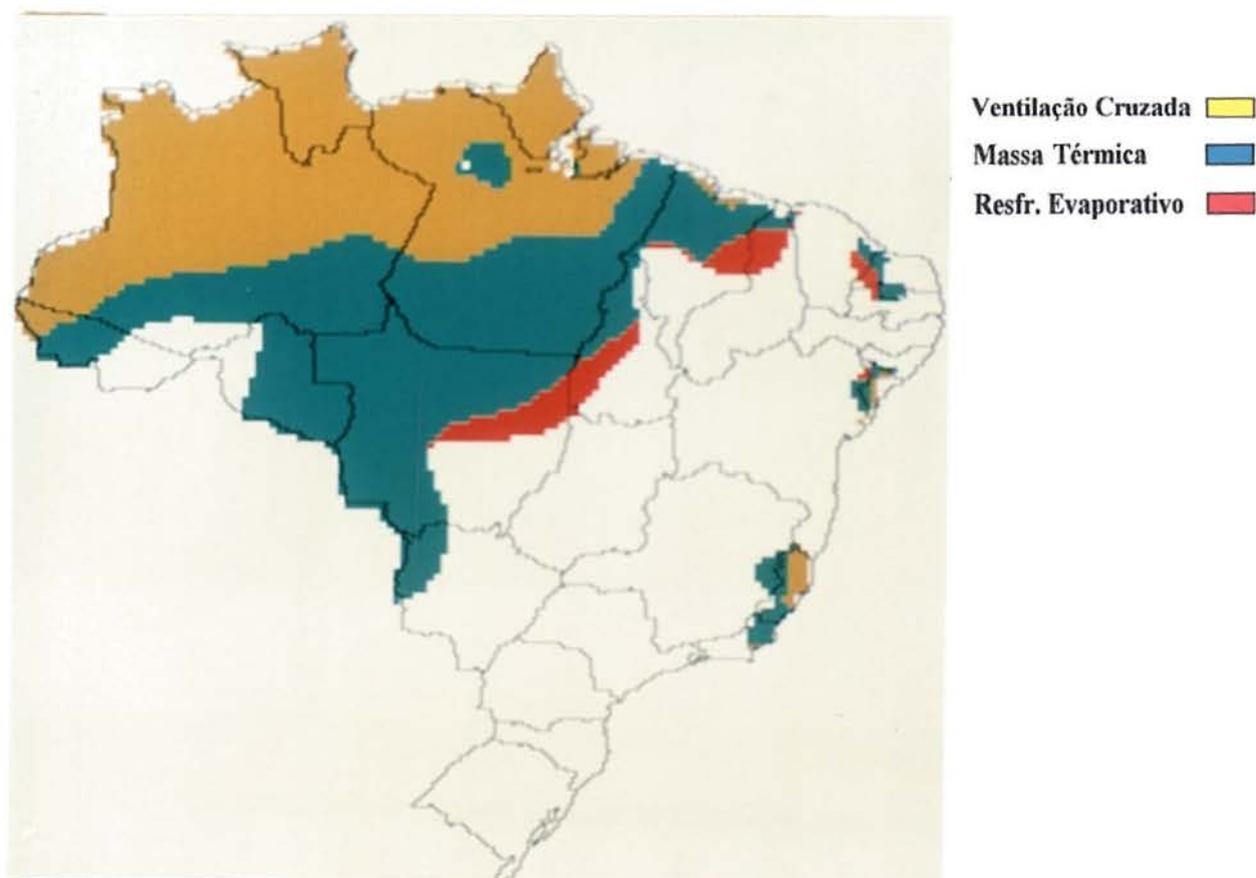


Figura 4.23- Opções de resfriamento passivo para amenizar desconforto

### c) Estratégia de Aquecimento Passivo

Na Figura 4.24 observa-se as três classes resultantes:

- *Classe 1: Estratégia Inexistente.* Nestas áreas, onde as temperaturas mínimas estão abaixo dos 10°C, o aquecimento solar não é suficiente para promover o conforto no interior da edificação, sendo necessário a utilização de aquecimento ativo, ou seja, *condicionamento artificial.*

- *Classe 2: Aquecimento Solar.* Nestas áreas, o conforto pode ser obtido através de *aquecimento solar* oferecido por um projeto específico, que evite as perdas de calor durante o período das mínimas temperaturas.

- *Classe 3: Sem Preocupação.* Estas áreas não apresentam problema com o frio e conseqüentemente não necessitam de um projeto que favoreça ganhos e evite perdas de calor.

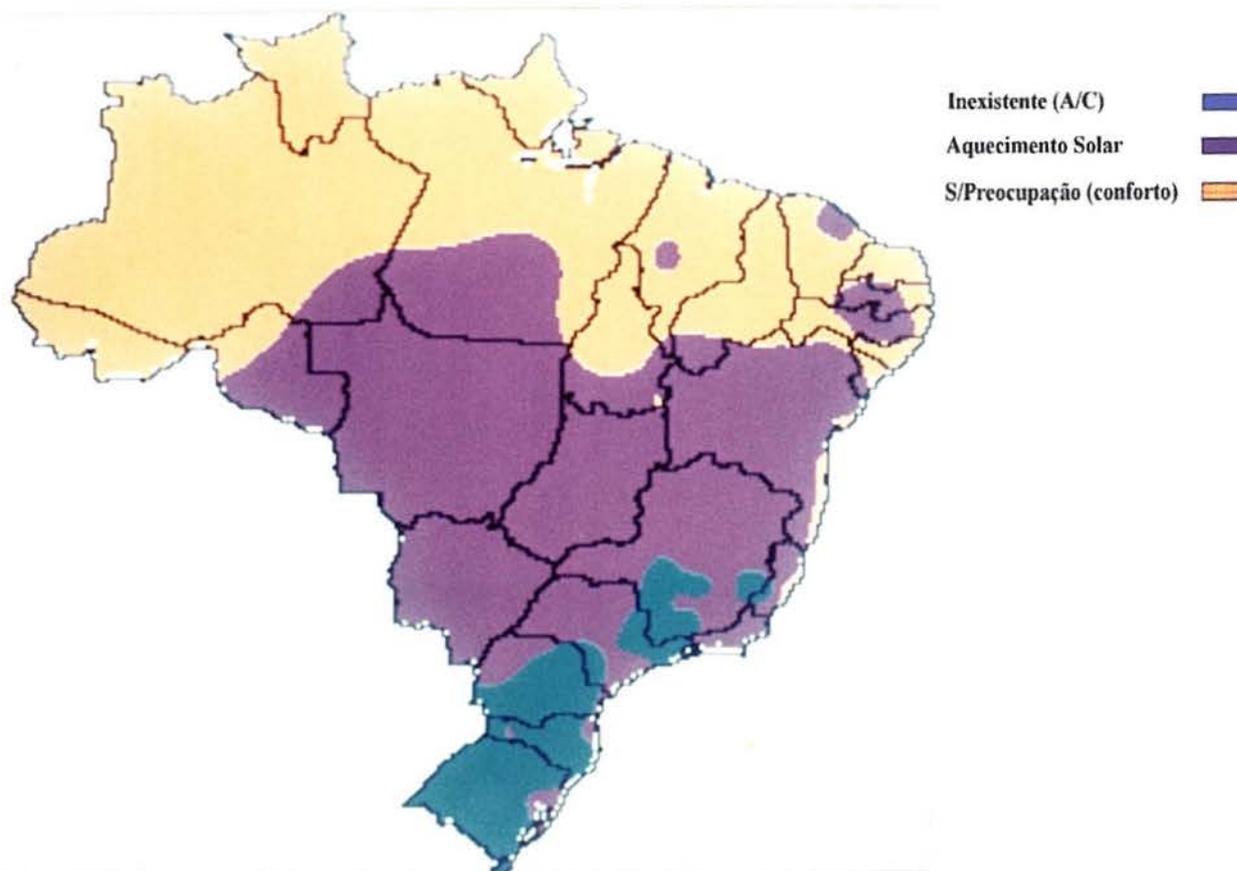


Figura 4.24- Estratégia de Aquecimento Bioclimático

Na **Região Sul**, predominam as áreas que necessitam de *condicionamento artificial*. As áreas que alcançam conforto através de aquecimento limitam-se ao noroeste e litoral do Paraná, litoral norte do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e nas proximidades da cidade de Chapecó (SC).

Na **Região Sudeste**, somente as cotas acima de 1000 m de altitude não alcançam conforto por aquecimento solar. A maior parte da Região é satisfeita por aquecimento passivo. Apenas uma pequena área do litoral do Espírito Santo não apresenta preocupação frente às temperaturas mais baixas.

Na **Região Nordeste**, cerca da metade de sua área não apresenta preocupação com as mínimas temperaturas da Região. Todos os locais que possuem desvio de conforto frente às mínimas temperaturas restabelecem o conforto através de aquecimento solar. Esta estratégia predomina nas altitudes entre 500 e 1000 m e em latitudes maiores do 10°S.

Na **Região Norte**, predominam as áreas sem preocupação com as mínimas temperaturas. As poucas áreas ao sul da Região que estavam em desconforto, têm conforto restabelecido através de aquecimento solar.

Absolutamente toda a **Região Centro-Oeste** tem o conforto restabelecido através de aquecimento solar. Toda a Região apresentava desconforto frente às mínimas temperaturas.

#### 4.2.2.4- Zoneamento bioclimático de edificações

Da mesma forma que os desvios de conforto foram cruzados para a obtenção do *zoneamento bioclimático*, as estratégias de resfriamento e aquecimento devem ser cruzadas para a obtenção de um *zoneamento bioclimático de edificações* que as caracterize frente ao calor e ao frio.

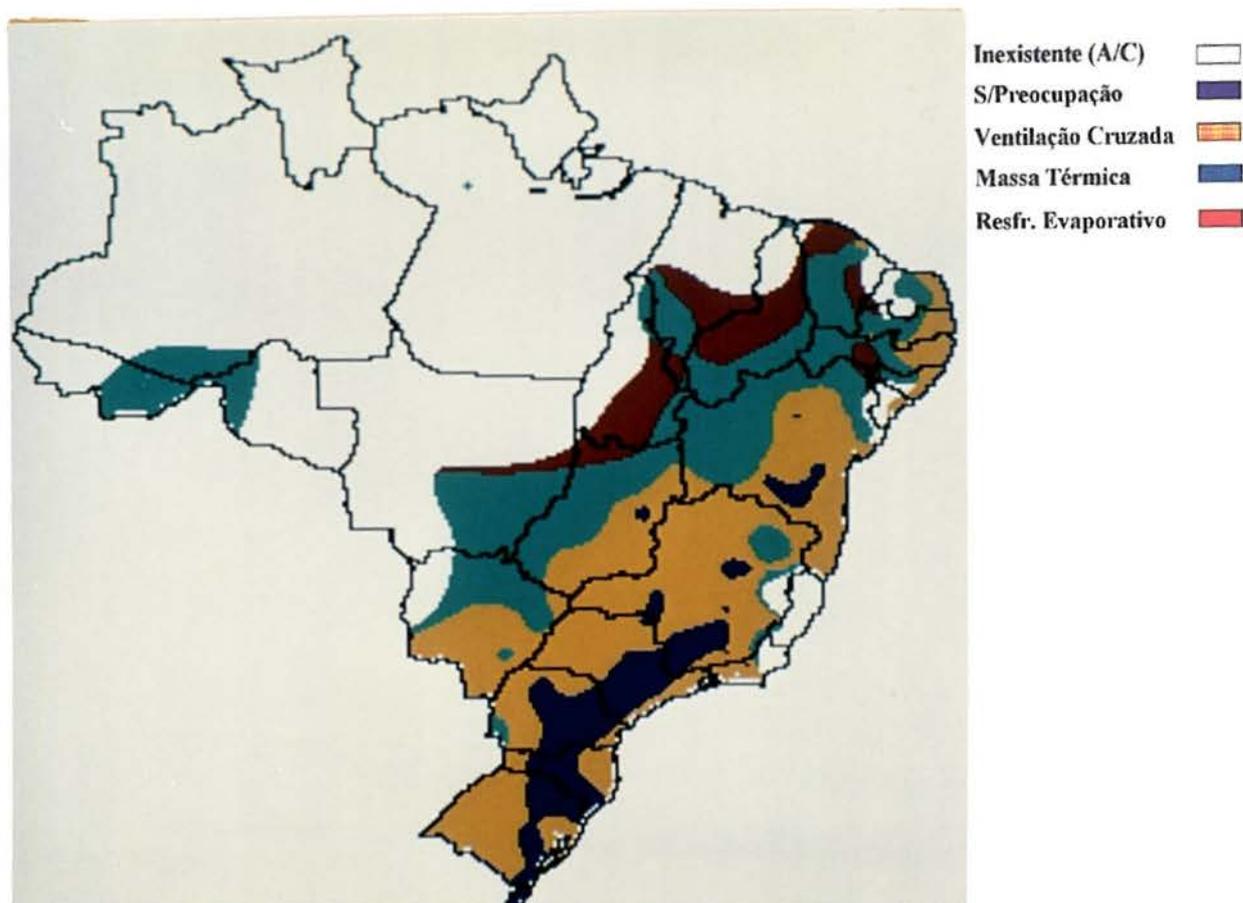
Como o mapeamento das estratégias de resfriamento possui 8 (oito) classes e o mapeamento de estratégia de aquecimento bioclimático possui 3 (três) classes, deste cruzamento de informações teoricamente resultariam 24 (vinte e quatro) classes. Devido à um número excessivo de classes que resultariam deste cruzamento, se faz necessária uma reclassificação.

Esta reclassificação, feita nas classes de resfriamento, segue um critério lógico que visa facilitar a aplicabilidade do zoneamento. Como das oito (8) classes obtidas nas estratégias de resfriamento, três (3) referem-se a aplicação de mais do que uma estratégia, estas foram reagrupadas seguindo o critério de aplicabilidade prática.

Como em termos arquitetônicos a ventilação cruzada apresenta-se como um projeto mais simples e econômico do que os demais, sempre que havia a possibilidade de utilização de *ventilação cruzada ou massa térmica e qualquer uma* das estratégias esta é transformada em apenas *ventilação cruzada*. Segundo o mesmo critério, a massa térmica tem sua aplicação prática mais facilitada do que o resfriamento evaporativo. Desta forma, nos locais onde era possível a utilização de *massa térmica ou resfriamento evaporativo*, indica-se a utilização apenas de *massa térmica*.

Desta nova reclassificação obtém-se cinco (5) classes, conforme Figura 4.25:

- *Classe 1: Estratégia Inexistente* (condicionamento artificial);
- *Classe 2: Sem Preocupação* (conforto);
- *Classe 3: Ventilação Cruzada*;
- *Classe 4: Massa Térmica*;
- *Classe 5: Resfriamento Evaporativo*.



**Figura 4.25-** Reclassificação das estratégias de resfriamento bioclimático

Desta forma, o *zoneamento bioclimático para fins de edificação*, obtido do cruzamento das *estratégias de resfriamento bioclimático* (reclassificadas) e das *estratégias de aquecimento bioclimático*, possui 13 (treze) zonas bioclimáticas de edificações, identificadas por letras do alfabeto:

**Quadro 4.2-** Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação

<b>ZONAS BIOCLIMÁTICAS</b>	<b>ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO</b>	<b>ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO</b>	<b>ÁREA RELATIVA</b>
<i>ZONA A</i>	Inexistente (A/C)	Inexistente (A/C)	0.06 %
<i>ZONA B</i>	Sem Preocupação	Inexistente (A/C)	3.40 %
<i>ZONA C</i>	Ventilação Cruzada	Inexistente (A/C)	3.87 %
<i>ZONA D</i>	Massa Térmica	Inexistente (A/C)	0.14 %
<i>ZONA E</i>	Inexistente (A/C)	Aquecimento Solar	17.75 %
<i>ZONA F</i>	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	1.50 %
<i>ZONA G</i>	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	14.41 %
<i>ZONA H</i>	Massa Térmica	Aquecimento Solar	10.64 %
<i>ZONA I</i>	Resfriamento Evaporativo	Aquecimento Solar	1.82 %
<i>ZONA J</i>	Inexistente (A/C)	Sem Preocupação	37.05 %
<i>ZONA K</i>	Ventilação Cruzada	Sem Preocupação	0.83 %
<i>ZONA L</i>	Massa Térmica	Sem Preocupação	5.20 %
<i>ZONA M</i>	Resfriamento Evaporativo	Sem Preocupação	3.33 %

Na Figura 4.26 está representada a distribuição geográfica das *zonas bioclimáticas de edificações*.

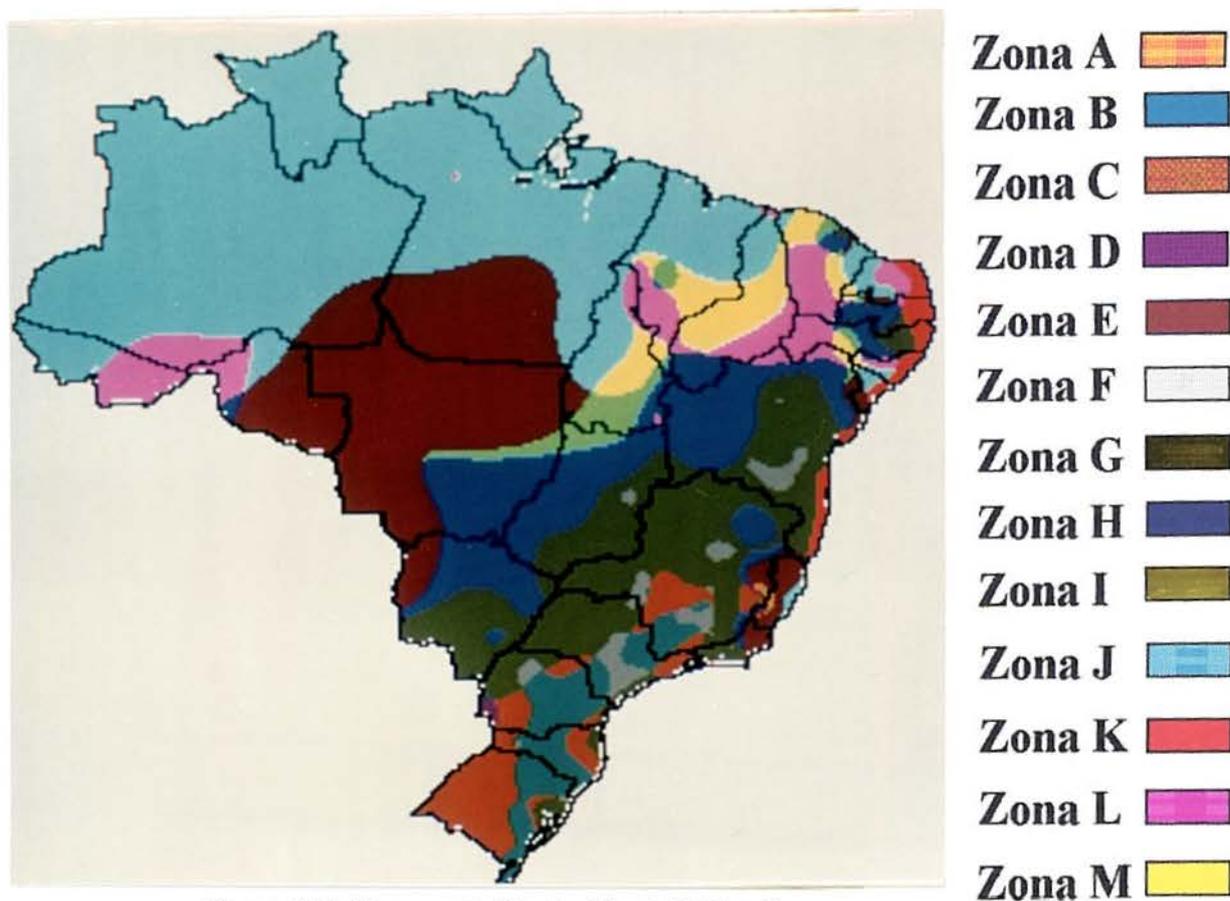


Figura 4.26- Zoneamento Bioclimático de Edificações

Na **Região Sul**, aparecem as Zonas *B, C, D, F, G* e *H*. A Zona *B* e a Zona *C* dominam a Região Sul e ambas indicam a necessidade de calefação durante o inverno.

A Zona *D* aparece somente nas proximidades de Foz do Iguaçu (PR), onde aparecem as maiores temperaturas e amplitudes da Região. As zonas que utilizam aquecimento solar (*F, G,* ) aparecem em áreas menores.

No Quadro 4.3, estão representadas as zonas bioclimáticas com sua relativa ocupação da Região Sul.

Quadro 4.3: Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Sul

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA B	Sem Preocupação	Inexistente (A/C)	38.19 %
ZONA C	Ventilação Cruzada	Inexistente (A/C)	43.48 %
ZONA D	Massa Térmica	Inexistente (A/C)	1.36 %
ZONA F	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	2.62 %
ZONA G	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	14.30 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	0.05 %

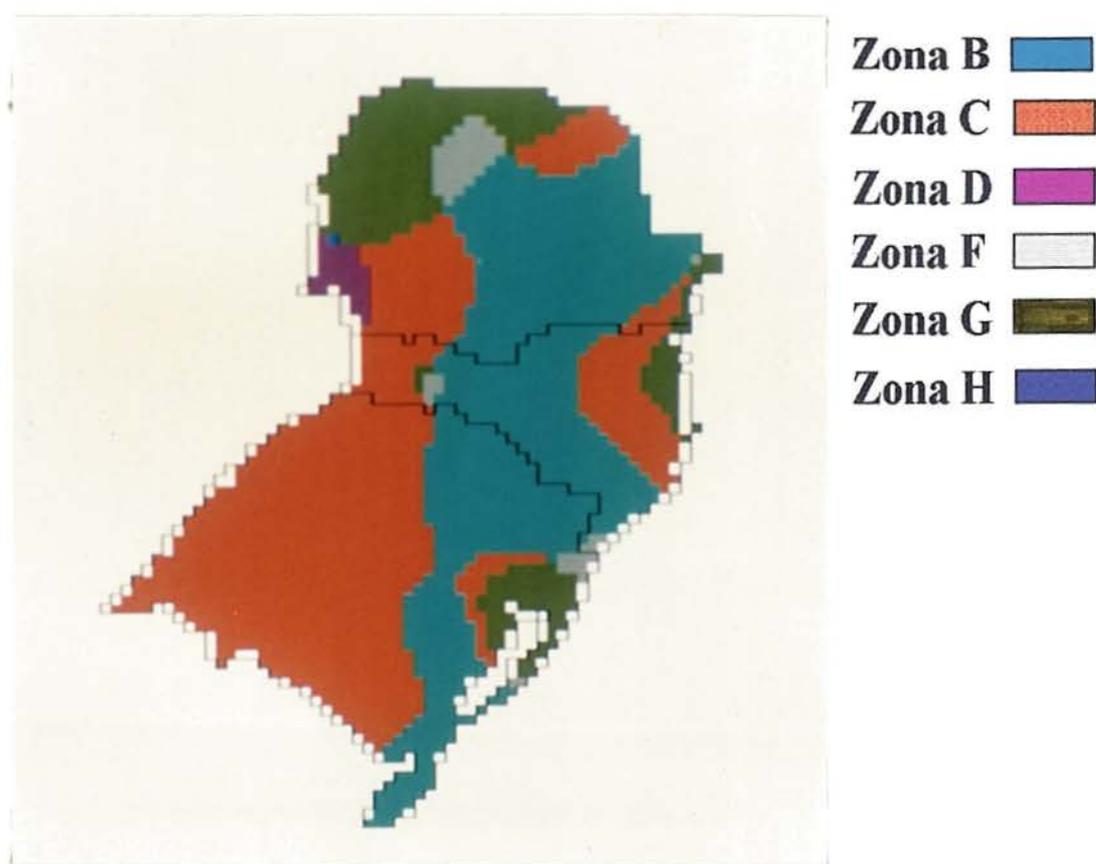


Figura 4.27- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Sul

Na **Região Sudeste**, como não poderia deixar de ser, aparece um grande número de zonas, com a predominância absoluta da Zona G. A Zona B aparece nas cotas mais elevadas da Região. A Zona J, comum das baixas latitudes, aparece no litoral do Espírito Santo. Ainda no Espírito Santo, aparece na divisa com Minas Gerais a Zona A, que caracteriza-se por necessitar de condicionamento artificial no verão e no inverno. Esta zona somente aparece nesta região e é a menor zona bioclimática do território nacional.

Quadro 4.4- Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Sudeste

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA A	Inexistente (A/C)	Inexistente (A/C)	0.65 %
ZONA B	Sem Preocupação	Inexistente (A/C)	8.91 %
ZONA C	Ventilação Cruzada	Inexistente (A/C)	9.16 %
ZONA D	Massa Térmica	Inexistente (A/C)	0.59 %
ZONA E	Inexistente (A/C)	Aquecimento Solar	7.58 %
ZONA F	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	8.43 %
ZONA G	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	59.12 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	5.05 %
ZONA J	Inexistente (A/C)	Sem Preocupação	0.51 %

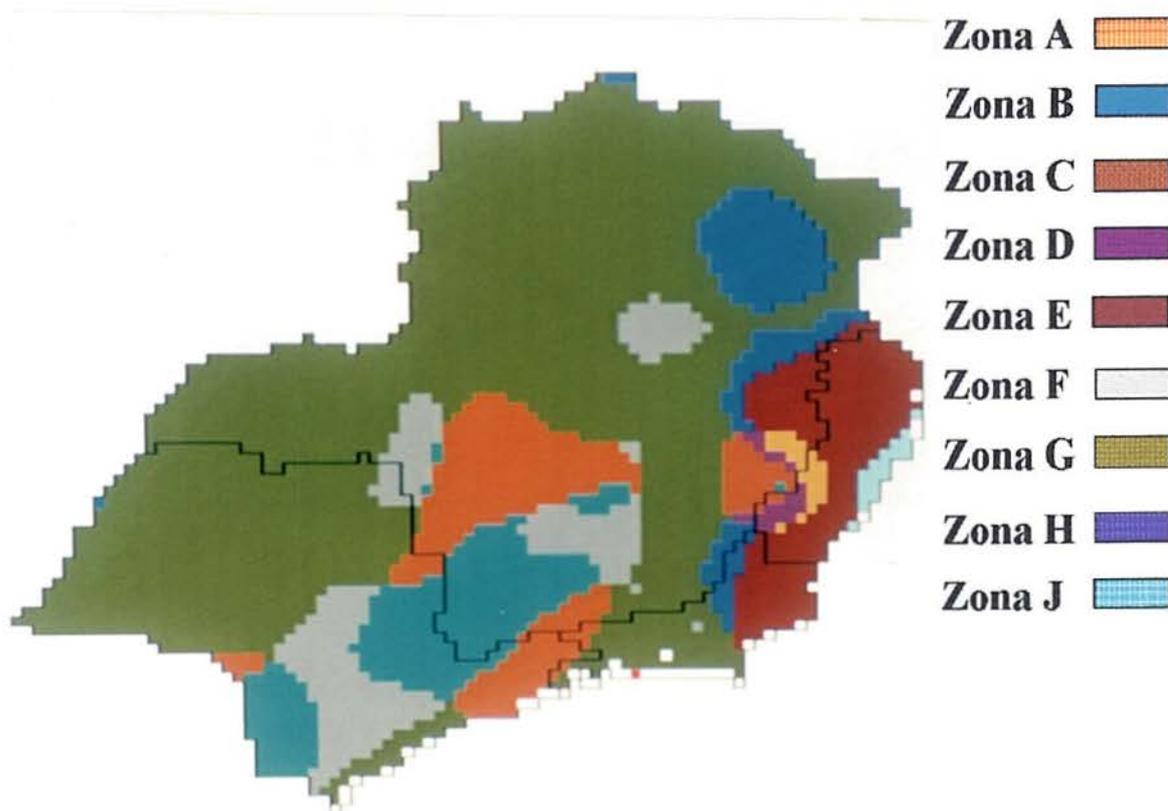


Figura 4.28- Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Sudeste

Na **Região Nordeste**, como na Região Sudeste, aparece grande número de zonas, porém sem a predominância nítida de nenhuma delas.

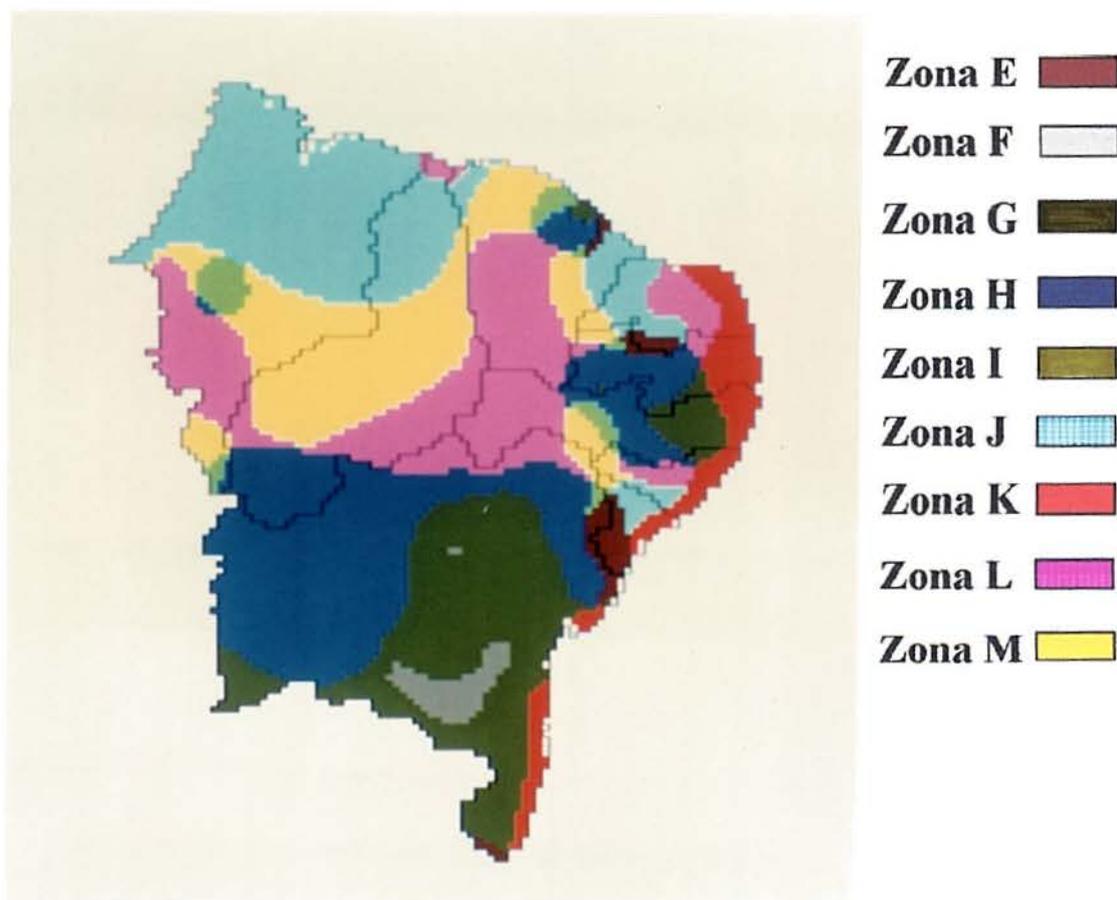
O litoral caracteriza-se pela Zona K, enquanto a Zona G situa-se à latitudes maiores do que 10°S e no Planalto da Borborema. Ambas as zonas representam a eficiência da

ventilação cruzada, respectivamente, às altas umidades litorâneas e às temperaturas amenas das latitudes maiores do que 10°S e das cotas elevadas.

Nesta Região aparecem as Zonas I e M, que caracterizam-se pela necessidade de resfriamento evaporativo. As zonas que indicam a necessidade de aquecimento solar situam-se em latitudes maiores do que 10°S ou em altitudes superiores a 500 m.

**Quadro 4.5-** Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Nordeste

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA E	Inexistente (A/C)	Aquecimento Solar	1.96 %
ZONA F	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	1.70 %
ZONA G	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	17.67 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	21.38 %
ZONA I	Resfriamento Evaporativo	Aquecimento Solar	2.12 %
ZONA J	Inexistente (A/C)	Sem Preocupação	18.28 %
ZONA K	Ventilação Cruzada	Sem Preocupação	4.70 %
ZONA L	Massa Térmica	Sem Preocupação	17.12 %
ZONA M	Resfriamento Evaporativo	Sem Preocupação	15.08 %

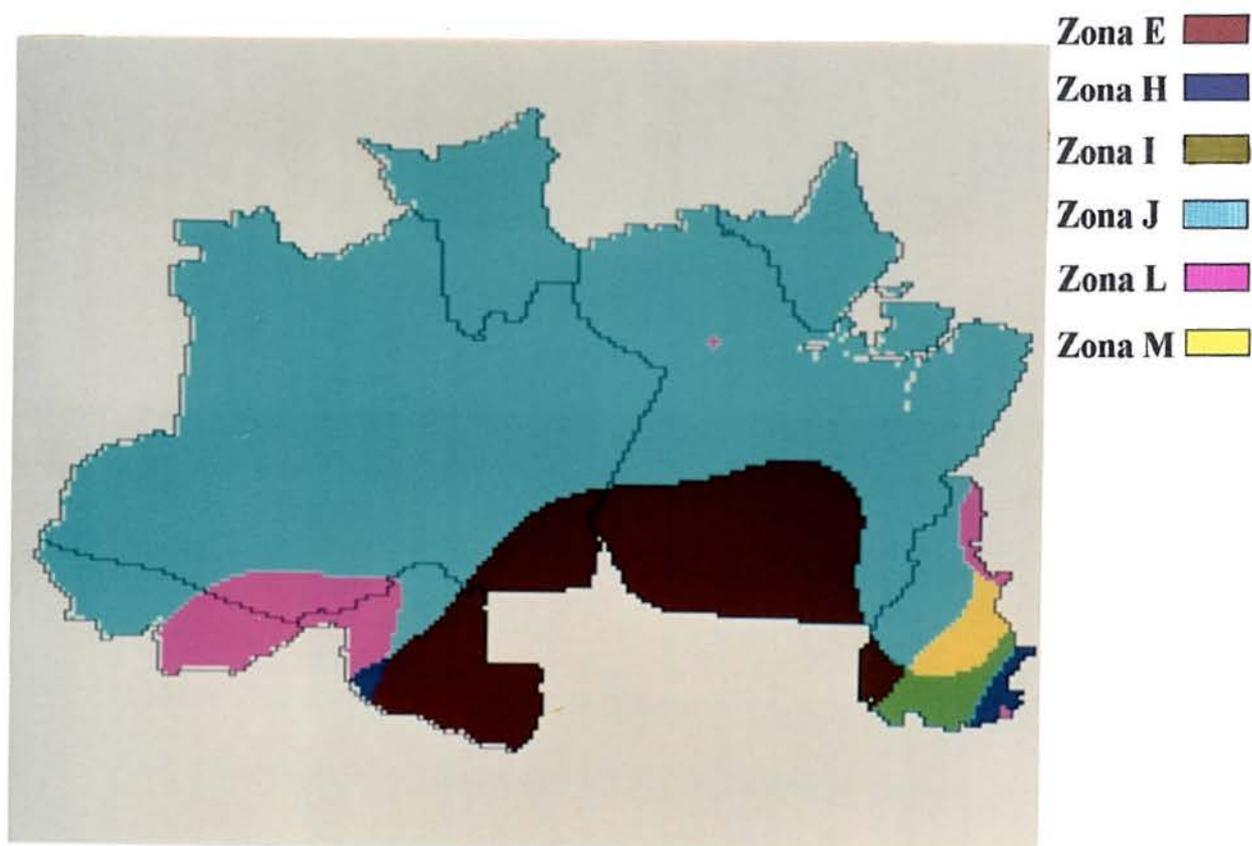


**Figura 4.29-** Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Nordeste

A **Região Norte** caracteriza-se pela Zona J, que domina cerca de 37% do território nacional e que, juntamente com a Zona E, traduz a necessidade de resfriamento ativo. Estas duas Zonas juntas dominam cerca de 91% do território da Região Norte.

**Quadro 4.6-** Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Norte

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA E	Inexistente (A/C)	Aquecimento Solar	17.14 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	0.71 %
ZONA I	Resfriamento Evaporativo	Aquecimento Solar	1.56 %
ZONA J	Inexistente (A/C)	Sem Preocupação	74.07 %
ZONA L	Massa Térmica	Sem Preocupação	5.26 %
ZONA M	Resfriamento Evaporativo	Sem Preocupação	1.26 %

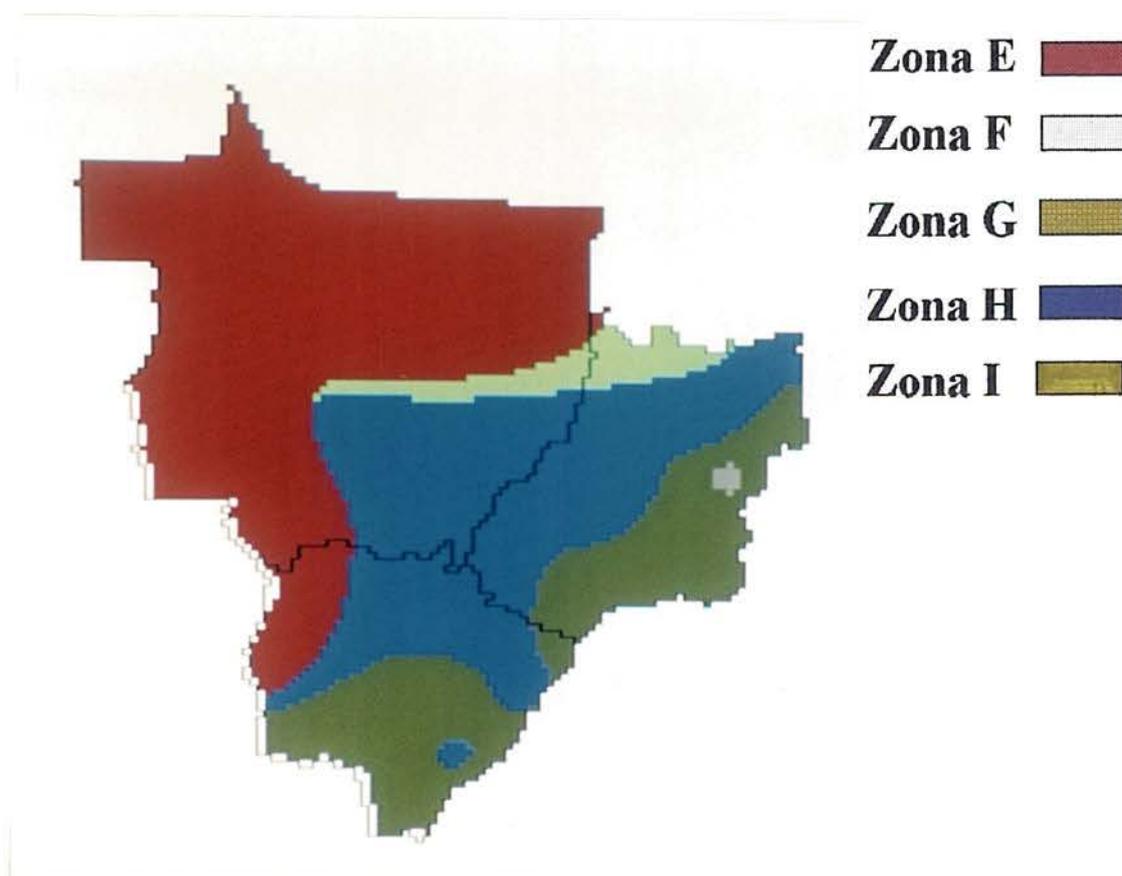


**Figura 4.30-** Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Norte

Na **Região Centro-Oeste**, predominam as Zonas E e H. A primeira indica a necessidade de resfriamento artificial e a segunda a utilização de massa térmica. Todas as zonas apresentam necessidade de resfriamento no verão e aquecimento no inverno, com exceção da Zona F, que aparece somente na Serra dos Veadeiros e não apresenta necessidade de resfriamento no verão.

**Quadro 4.7-** Zonas Bioclimáticas para fins de Edificação na Região Centro-Oeste

ZONAS BIOCLIMÁTICAS	ESTRATÉGIA DE RESFRIAMENTO	ESTRATÉGIA DE AQUECIMENTO	ÁREA RELATIVA
ZONA E	Inexistente (A/C)	Aquecimento Solar	45.45 %
ZONA F	Sem Preocupação	Aquecimento Solar	0.22 %
ZONA G	Ventilação Cruzada	Aquecimento Solar	20.20 %
ZONA H	Massa Térmica	Aquecimento Solar	30.11 %
ZONA I	Resfriamento Evaporativo	Aquecimento Solar	4.01 %



**Figura 4.31-** Zoneamento Bioclimático de Edificações na Região Centro-Oeste

A fim de confirmar as estratégias obtidas pelo método empregado neste trabalho, estas foram comparadas com o estudo preliminar de zoneamento bioclimático elaborado por RORIZ (1993), no qual através do método de Mahoney, foram obtidas 20 grupos de edificações distintas. Embora seja de difícil comparação, as estratégias obtidas a partir das normais climatológicas de 1931 a 1960, no estudo de Roriz, apresentaram relativa coincidência. Das cidades utilizadas no estudo de Roriz e das cidades utilizadas neste trabalho, 86 são comuns a ambos. Como nas planilhas de Mahoney as estratégias de resfriamento são sugeridas apenas em termos de ventilação e de inércia térmica, as 7 cidades que satisfaziam-se apenas com resfriamento evaporativo foram retiradas deste conjunto, restando 79 cidades.

Comparando-se apenas o item referente à paredes e pisos (leves ou pesadas), proposto nas planilhas de Mahoney, com as estratégias de ventilação cruzada, que necessita de invólucro leve, com a de massa térmica, que necessita de invólucro pesado, obteve-se o seguinte:

- 39,24% das cidades (31 cidades) apresentaram coincidência total;
- 55,7% (44 cidades) não apresentam discordância, ou seja, são as cidades que podem adotar qualquer estratégia ou que não necessitam de qualquer uma delas;
- 5,06% (4 cidades) discordam radicalmente.

As cidades que discordaram radicalmente foram: Cachoeiro de Itapemirim (ES), Itaperuna (RJ), Teófilo Otoni (MG) e Cáceres (MT). Estes resultados demonstram que as estratégias são genericamente coincidentes, apesar de algumas imprecisões.

A partir deste zoneamento, pode-se observar que cada uma das regiões brasileiras possui características bioclimáticas que lhes são peculiares. Por exemplo, as zonas que aparecem na Região Sul, não aparecem na Região Norte. A Região Nordeste, pouco se assemelha com a Região Norte, possuindo zonas que lhe são exclusivas. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste possuem características intermediárias entre estas outras, porém, são bastante distintas entre si.

### 5.1- CONCLUSÃO

Os zoneamentos refletem valores médios obtidos por um período de 30 anos. Não há dúvida que estes valores obtidos através das normais climatológicas são representativos do clima do Brasil. Desta forma, os zoneamentos também são representativos das condições normais deste período.

A metodologia de GIVONI (1992) e os métodos de interpolação e geração de imagens possibilitaram grande correspondência entre o zoneamento climático e os zoneamentos bioclimáticos obtidos. Pôde-se verificar que o *zoneamento bioclimático para fins de edificação* apresentou maior relação com o zoneamento climático de NIMER (1989) do que o *zoneamento bioclimático*. Isto ocorre por que as estratégias de projeto distinguem mais claramente a interação de temperatura e umidade, situação que não está explícita nos valores dos desvios de conforto. Comparando genericamente o zoneamento climático com o *zoneamento bioclimático para fins de edificação*, pode-se observar que a região equatorial, devido às altas temperaturas e umidades, coincide com as zonas que necessitam de resfriamento artificial. As regiões tropicais apresentam amplas condições de aplicabilidade das estratégias passivas, sendo que a região tropical do Brasil Central destaca-se por necessitar de estratégias de resfriamento no verão e de estratégias de aquecimento no inverno. Por sua vez, a região de clima temperado, que abrange o sul do país, coincide com as zonas que indicam a necessidade de calefação durante o inverno.

Pôde-se observar que cerca de 55% do território nacional, representados pelas zonas A, E e J, necessitam de resfriamento artificial durante o verão, enquanto a percentagem territorial do Brasil que necessita de calefação durante o inverno (zonas A, B, C e D) não somam 7,5%.

Estas conclusões podem parecer desanimadoras, principalmente no referente ao consumo energético necessário para resfriamento artificial. Entretanto as zonas E e J, maiores zonas bioclimáticas e indicadoras de resfriamento ativo, ocupam principalmente a região amazônica e o estado do Mato Grosso, áreas pouco povoadas e pouco significativas no consumo energético nacional. Nas áreas mais densamente habitadas, e realmente responsáveis pelo alto consumo energético dos edifícios, verificou-se ser possível a utilização de estratégias de resfriamento passivo.

Todas as estratégias têm em comum os princípios básicos de projeto bioclimático apresentados no Capítulo 3, ou seja, se de resfriamento, buscam evitar ganhos de calor e proporcionar as perdas; se de aquecimento, busca evitar perdas e proporcionar ganhos. Cada

projetista tem a liberdade de escolher como atingir estes princípios básicos, fundamentais para o desempenho das estratégias que vai utilizar. Da mesma forma, cada uma das estratégias necessita de um projeto adequado à realidade social e micro climática do local de implantação do projeto.

Por esse motivo, foge completamente dos objetivos do trabalho sugerir algo mais do que as diretrizes gerais de projeto bioclimático mais adequadas para cada região do território nacional. Desta forma, o objetivo de *Qualificar* o Brasil, a partir dos dados disponíveis sobre o clima, foi atingido completamente.

A partir deste trabalho pode-se verificar que a diversidade bioclimática do Brasil é tão grande quanto sua diversidade climática. De onde pode-se deduzir que as edificações e principalmente as habitações populares não podem ser indiscriminadamente construídas pelo território brasileiro sem uma consideração bioclimática adequada. Este trabalho ressalta a importância e responsabilidade de arquitetos e engenheiros quanto aos usuários de suas obras e, despretensiosamente, espera que este zoneamento possibilite parâmetros para a elaboração de uma norma de desempenho térmico de edifícios que evite tal negligência.

## **5.2- SUGESTÕES PARA PROSSEGUIMENTO**

A mesma metodologia pode ser utilizada a nível estadual, buscando uma maior precisão através de uma maior densidade de estações meteorológicas.

Outra possibilidade, com vistas à conservação de energia, é determinar o período de solicitação de desconforto em termos de graus/dia, principalmente nas áreas onde as estratégias bioclimáticas não surtiram efeito e se faz necessário o uso de condicionamento artificial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. e KANACIRO, C. Tratamento Estatístico de Dados Climáticos para a Definição dos Períodos de Verão e Inverno. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2.**, 1993, Florianópolis, SC. p.185-191.
- ALUCCI, M.P. Inadequação climática da edificação: do excessivo consumo de energia ao comprometimento da saúde do usuário. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Edificações. **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: PINI, 1988. p.499-502.
- ARAUJO, E.H.S. de. Definição dos parâmetros de conforto térmico para os usuários adolescentes de edificações escolares em Natal/RN. In: **ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO DE LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES**, 1991, Florianópolis, SC. p.77-88.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE handbook: fundamentals**. New York, 1985. Cap.6: Psychrometrics.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE handbook: fundamentals**. New York, 1992. Cap.8: Physiological principles and comfort.
- ATLAS CLIMATOLÓGICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura: ECEPLAN, 1969. Reedição de mapas selecionados.
- BAPTISTA DA SILVA, J. e AMARAL, E. Probabilidades das precipitações pluviométricas em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.2, p.167-177, 1987.
- BARBOSA, M. J. e LAMBERTS, R. **Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira**. Florianópolis: UFSC, 1993. 38p.
- BLIGH, J. Introduction. In: **SEMINAR ON THERMORECEPTION AND TEMPERATURE REGULATION**. New York: J. Bligh, K. Voigt (Eds.), 1990. p.1-6.
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. New York: Oxford University Press, 1990. 194p.
- CARVALHO, J.F. Projeto arquitetônico e economia de energia. In: **SEMINÁRIO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA**, 1983, Furnas, R.J. **Trabalhos apresentados**. Furnas: CESP: Eletropaulo, 1983. p.7-9.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas: período 1961 - 1990**. Brasília, 1992.

- EVANS, J.M. e SCHILLER, S. de. **Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar**. Buenos Aires: EUDEBA, 1988. 187p.
- EVANS, J.M. **Análisis de las normas IRAM de habitabilidad: normas IRAM 11.604, 11.605 y 11.625**. Normativas sobre habitabilidad, uso racional de la energía, y energías no convencionales en la arquitectura y el urbanismo. Buenos Aires, 1991.
- **Diseño arquitectónico y confort**. Florianópolis, 1993. Curso ministrado durante o 2º Encontro Nacional de conforto no Ambiente Construído, Florianópolis, SC.
- FANGER, P.O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. New York: McGraw-Hill, 1972.
- FROTA, A.B. e SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1988. 228p.
- GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. London: Applied Science Publishers, 1976. 483p.
- Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems. **Energy and Buildings**, Lansanne, v.17, p. 177-199, 1991.
- Confort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, Lansanne, v.18, p11-23, 1992.
- GONZALES, E. *et al.* **Proyecto Clima y Arquitectura**. Mexico: Gustavo Gili, 1986. 198p.
- GOULART, S. **Dados Climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis, 1993. Dissertação de Mestrado - UFSC.
- HUMPHREYS, M.A. Field studies of thermal comfort compared and applied. **Building Research Establishment. Current Paper**, Garston, n.76, p.5-27, Aug. 1975.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares**. São Paulo, 1985. (Caderno 4: Conforto higrotérmico).
- KENDALL, M.G. e STUART, A. **The advanced theory of statistics**. London: Charles Griffin, 1959. v.1.
- MAHONEY, C.; KOENIGSBERGER, O.H; EVANS, J.M. **El clima y el diseño de casas**. New York: Naciones Unidas, 1973. 90p.
- MASCARÓ, J.L. O consumo de energia nos edifícios. In: SEMINÁRIO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA, 1983, Furnas, R.J. **Trabalhos apresentados**. Furnas: CESP: Eletropaulo, 1983. p.30-40.
- MASCARÓ, L. Análise da Legislação Técnica Vigente Relativa ao Conforto Ambiental no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO DE LIGADA AO

**USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES**, 1991, Florianópolis, SC. p.26-41.

- MEIR, I.A. Climatic Sub-Regions and Design Contextualism. **Building and Environment**, vol 24, p 245-251, 1989.
- MILNE, M. e GIVONI, B. Architectural design based on climate. In: D. Watson (Ed.), **Energy Conservation Through Building Design**. New York: McGraw-Hill, 1979. Cap. 6.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.
- OLGYAY, V. **Design with Climate**. Princeton: Princeton University Press. Princeton, 1963.
- PEDROSO, N. G. Clima, meio ambiente e edificação: orientação para obtenção de dados climáticos necessários ao planejamento e execução de projetos construtivos. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Edificações. **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: PINI, 1988. p.487-490.
- PIETROBON, C.E. **Um processo sistemático para o projeto arquitetônico bioclimático: o caso de Maringa**. São Carlos, 1990. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos / USP).
- RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. Porto Alegre: D. C. Suzzatto: Ed. da UFRGS, 1985. 240p.
- RORIZ, M.; BASSO, A. Comparação entre dez critérios para definição da zona de conforto térmico. In: **ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO DE LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES**, 1991, Florianópolis, SC. p.57-76.
- RORIZ, M. **Estudo preliminar sobre um zoneamento bioclimático do Brasil**. São Carlos, 1993. Não publicado.
- SATTLER, M.A. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. Porto Alegre: CIENTEC, 1989. 38p. (Boletim Técnico, 9).
- SERRA, A. Climatologia do Brasil. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.33, n.243, p. 53-120, 1975a.
- **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.34, n.244, p. 97-165, 1975b.
- **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.34, n.245, p. 43-91, 1975c.
- **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.33, n.246, p. 61-109, 1975d.

- , -----, **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.34, n.247, p. 73-129, 1975e.
- , -----, **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v.36, n.257, p. 104-194, 1978.
- SZOKOLAY, S.V. Thermal comfort and passive design. In: Boer, K.; Duffy, S. (Eds.) **Advances in solar energy**. New York: Plenum, 1985. v.2, p.257-296.
- , **Climate analysis based on the psychrometric chart**. Brisbane: University of Queensland, 1986.
- , **Thermal design of buildings**. [S.l.]: RAI A Education Division, 1987.
- TANABE, S. **Thermal comfort requirements in Japan**. Tokyo: Waseda University, 1988.
- VIANELLO, R.L. e ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária / UFV, 1991. 449p.
- WATSON, D. ; LABS, K. **Climatic Design: energy-efficient building**. New York: McGraw-Hill, 1983. 280p.

# ANEXO

## ANEXO.XLS

Ref	Local	UF	LAT. (S)	LONG.	ALT.	Mês	Tmax	URx%	Tmin	Tmed	UR%	ΔTX	Desvios	Estratégias				Opção
						Tmax	Mês	Mês	Tmed	ΔΦ	ΔΦ1	ΔΦ2	ΔΦ3	ΔΦ1				
1	Barcelos	AM	00.59	62.55	40.00	NOV	32,4	62	22,1	26,4	87	10,3	4,56	1,81	2,87	2,71	ΔΦ1	
2	Itacotiara	AM	03.08	58.26	40.00	OUT	32,5	57	22,8	26,8	79	9,7	4,19	1,40	1,57	2,19	ΔΦ1	
3	Manaus	AM	03.08	60.01	71.90	SET	32,9	57	23,5	27,5	77	9,4	4,55	1,75	1,85	2,55	ΔΦ1	
4	Parintins	AM	02.38	56.44	29.04	OUT	33,7	57	24,7	28,4	77	9	5,39	2,60	2,78	3,39	ΔΦ1	
5	Tefé	AM	03.22	64.42	47.00	OUT	32,4	60	22,5	26,6	84	9,9	4,41	1,71	2,44	2,43	ΔΦ1	
6	Rio Branco	AC	09.58	67.48	180.00	SET	32,8	50	20,9	25,2	78	11,9	3,83	0,83	0,00	1,83	####	
7	Tarauacá	AC	08.10	70.46	190.00	SET	32,2	56	20,1	24,9	85	12,1	3,76	0,93	0,89	1,76	ΔΦ2	
8	Porto Velho	RO	08.46	63.05	95.00	AGO	32,9	52	19	25	82	13,9	4,09	1,15	0,47	2,09	####	
9	Altamira	PA	03.12	51.12	74.04	OUT	32,4	57	21,8	27	78	10,6	4,12	1,33	1,55	2,12	ΔΦ1	
10	Belém	PA	01.27	48.28	10.00	NOV	32,3	59	21,9	26,4	83	10,4	4,21	1,48	2,02	2,21	ΔΦ1	
11	Belterra	PA	02.38	54.57	175.74	OUT	31,9	60	20,9	25,8	86	11	3,94	1,23	2,02	1,98	ΔΦ1	
12	Breves	PA	01.40	50.29	14.72	OUT	33,3	55	20,9	26,5	82	12,4	4,85	2,01	1,94	2,85	ΔΦ2	
13	C. Araguaia	PA	08.15	49.17	156.85	AGO	35,2	46	17,9	26,1	78	17,3	6,20	3,20	1,84	2,93	ΔΦ2	
14	Itaituba	PA	04.16	55.35	45.00	SET	33,6	59	22,4	27,5	84	11,2	5,53	2,81	3,38	3,53	ΔΦ1	
15	Marabá	PA	05.21	49.09	95.00	AGO	33,4	52	21,5	26,8	76	11,9	4,60	1,67	1,01	2,60	ΔΦ2	
16	Monte Alegre	PA	02.00	54.05	145.85	OUT	32,5	54	23,2	27,7	71	9,3	3,89	1,01	0,67	1,89	ΔΦ2	
17	Obidos	PA	01.55	55.31	37.00	OUT	33,3	57	22,5	27,8	78	10,8	5,00	2,20	2,39	3,00	ΔΦ1	
18	Porto de Moz	PA	01.44	52.14	15.93	OUT	33,2	58	22,7	27,3	82	10,5	5,05	2,30	2,74	3,05	ΔΦ1	
19	São Félix Xingu	PA	06.38	51.59	150.00	AGO	33,4	50	18	25,2	81	15,4	4,45	1,46	0,54	2,45	ΔΦ2	
20	Tirios	PA	02.29	55.59	325.00	OUT	32,2	51	20,9	25,8	74	11,3	3,31	0,34	0,00	1,31	####	
21	Tucuruí	PA	03.43	49.43	40.00	OUT	33,6	59	22,4	27,1	85	11,2	5,46	2,72	3,18	3,46	ΔΦ1	
22	Tracuateua	PA	01.05	47.10	36.00	NOV	32,8	54	20,8	26,6	77	12	4,19	1,31	0,97	2,19	ΔΦ2	
23	Macapá	AP	00.02	50.03	14.46	OUT	32,6	57	23,5	27,9	75	9,1	4,33	1,55	1,79	2,33	ΔΦ1	
24	Peixe	TO	12.03	48.32	242.49	SET	35,3	36	20,7	27,1	57	14,6	6,30	3,30	0,87	0,00	####	
25	Porto Nacional	TO	10.43	48.25	239.20	SET	35,6	36	21,6	28	56	14	6,60	3,60	1,24	0,00	####	
26	Taguatinga	TO	12.24	46.26	603.59	SET	33,6	33	21,3	26,5	49	12,3	4,60	1,60	0,00	0,00	####	
27	Barra do Corda	MA	05.30	45.16	153.00	SET	34,2	42	21,1	27	64	13,1	5,20	2,20	0,44	0,54	####	
28	Carolina	MA	07.20	47.28	192.83	AGO	34,7	34	20,6	27,8	50	14,1	5,70	2,70	0,08	0,00	####	
29	Caxias	MA	04.52	43.21	103.33	OUT	35,6	41	22,7	29,2	59	12,9	6,60	3,60	1,71	1,49	ΔΦ3	
30	Grajaú	MA	05.48	46.27	163.07	SET	34,9	39	19,4	25,5	67	15,5	5,90	2,90	0,81	0,08	####	
31	Imperatriz	MA	05.32	47.30	123.30	AGO	34,4	40	19,9	27	81	14,5	5,40	2,40	0,40	0,00	####	
32	São Luis	MA	02.32	44.18	50.76	NOV	31,4	61	24	27	79	7,4	3,53	0,79	1,69	1,65	ΔΦ1	
33	Turialça	MA	01.43	45.24	44.06	NOV	31,5	58	24	27,1	75	7,5	3,32	0,56	0,96	1,32	ΔΦ1	
34	Zé Doca	MA	03.43	45.32	45.28	NOV	33,8	49	22,6	27,4	71	11,2	4,80	1,80	0,73	2,54	ΔΦ2	
35	Bom J. do Piauí	PI	09.06	44.07	331.74	SET	35,7	29	21,8	28,9	42	13,9	6,70	3,70	0,56	0,00	####	
36	Florianópolis	PI	06.46	43.01	127.27	SET	36,2	32	23,9	29,6	46	12,3	7,20	4,20	1,37	0,00	####	
37	Parnaíba	PI	02.55	41.36	22.22	SET	32	53	23,4	27,4	69	8,6	3,30	0,38	0,00	1,30	####	
38	Paulistana	PI	08.08	41.08	374.22	OUT	34,5	32	24,7	28,9	44,3	9,8	5,50	2,50	0,00	0,00	####	
39	Picos	PI	07.04	41.29	207.96	SET	36,1	28	22,2	28,9	42	13,9	7,10	4,10	0,90	0,00	####	
40	Teresina	PI	05.05	42.49	74.37	OUT	36,4	38	22,8	29	58	13,6	7,40	4,40	2,22	1,29	ΔΦ3	
41	Barbalha	CE	07.19	39.18	409.03	OUT	34,1	33	21,1	26,7	51	13	5,10	2,10	0,00	0,00	####	
42	Campos Sales	CE	07.00	40.23	583.50	OUT	33,1	34	20,9	26,4	50	12,2	4,10	1,10	0,00	0,00	####	
43	Picos	CE	05.10	40.40	296.82	OUT	35,4	27	22	26,2	45	13,4	6,40	3,40	0,06	0,00	####	
44	Fortaleza	CE	03.46	38.36	26.45	DEZ	30,7	62	24,4	27,3	76	6,3	2,94	0,17	1,25	1,19	####	
45	Guaramiranga	CE	04.17	39.00	870.67	OUT	26,8	58	17,5	20,8	83	9,3	0,00	####	####	####	####	
46	Iguatu	CE	06.22	39.18	217.67	NOV	35,2	28	23,2	26,5	46	12	6,20	3,20	0,00	0,00	####	
47	Jaguaruana	CE	04.47	37.36	11.71	OUT	34,1	46	22,6	27,5	67	11,5	5,10	2,10	0,70	1,69	ΔΦ2	

Mês	Tmin	URn%	Tmax	Tmed	UR%	Desvios	Estratégia
Δγ	Δγ1	Δγ	Δγ1	Δγ	Δγ1	Δγ	Δγ1
SET	21,4	100	32	25,8	88	0,00	####
JUL	21,6	100	31,1	25,5	84	0,00	####
JUL	22,7	100	31,3	26,5	80	0,00	####
FEV	23,7	100	30,4	26,3	87	0,00	####
JUL	21,9	100	31,1	25,8	84	0,00	####
JUL	18,5	100	31,3	23,4	79	0,00	####
JUL	18,8	100	31,4	24	85	0,00	####
JUL	18,3	100	31,6	24	80	0,00	####
JUL	20,8	100	31,2	25,6	83	0,00	####
OUT	21,6	100	32,2	26,4	83	0,00	####
JUL	19,4	100	29,9	24,2	90	0,00	####
OUT	20,9	100	33,3	26,5	82	0,00	####
JUL	17,7	100	34,3	25,4	77	0,00	####
JUL	21,3	100	32,6	26,4	88	0,00	####
JUL	21,1	100	32,8	26,3	77	0,00	####
JUN	21,9	100	30	25,9	81	0,00	####
JUL	21,6	100	31,2	26,2	84	0,00	####
JUL	22	100	31,6	26,2	87	0,00	####
JUL	17,4	100	32,8	24,6	81	-0,60	0,00
SET	20,4	100	31,7	25,2	76	0,00	####
JUL	21,5	100	33	26,2	85	0,00	####
SET	20,4	100	31,6	25,8	80	0,00	####
JUL	22,9	100	30,6	26,1	85	0,00	####
JUL	17,5	92	33,1	24,1	61	-0,50	0,00
JUL	18	88	33,8	25,4	56	0,00	####
JUL	18	74	30,8	23,4	53	0,00	####
JUL	18,7	100	32	24,7	70	0,00	####
JUL	19,5	84	33,8	26,4	55	0,00	####
JUL	20,2	94	32,2	25,8	67	0,00	####
JUL	16,8	100	33,4	24,7	72	-1,20	0,00
JUL	19,4	98	33,5	26,4	64	0,00	####
JAN	22,3	100	30	26,1	85	0,00	####
MAI	21,6	100	30,1	26	87	0,00	####
AGO	21,3	100	32,8	26,4	74	0,00	####
JUN	19	85	32,3	25,7	56,7	0,00	####
JUN	21,3	77	33,5	24,6	63	0,00	####
FEV	21,3	100	30,8	26,6	81	0,00	####
AGO	20,1	57	30,2	24,8	42,9	0,00	####
JUL	18,9	83	33,2	26,2	53	0,00	####
JUL	20,4	91	33,3	26	65	0,00	####
AGO	18,1	80	31,7	24,9	53	0,00	####
JUL	18,2	78	29,5	22	62	0,00	####
JUL	18,8	79	31,9	24,2	57	0,00	####
JUL	21,8	100	29,5	25,7	80	0,00	####
AGO	16,1	97	25,1	19,2	80	-1,90	0,00
JUL	20,2	83	28,5	25,5	60	0,00	####
AGO	21,1	94	33,2	26,4	68	0,00	####

## ANEXO.XLS

Ref	Local	UF	LAT. (S)	LONG.	ALT.	Mês	Tmax	URx%	Tmin	Tmed	UR%	ΔTX	Desvios			Estratégias			Opção						
						Tmax	Mês	Mês	Tmed	ΔΦ	ΔΦ1	ΔΦ2	ΔΦ3	Tmin	Tmin	URn%	Tmax	Tmed	UR%	Desvios	Estratégia				
48	Morada Nova	CE	06.05	39.23	43.62	OUT	36,1	36	22,1	27,9	58	14	7,10	4,10	1,75	0,37	####	AGO	20,6	88	34,2	26,6	61,4	0,00	####
49	Quixeramobim	CE	05.12	39.18	211.72	OUT	34,7	39	23,1	27,8	58	11,6	5,70	2,70	0,62	0,00	####	JUL	21,2	83	30,9	25,3	65	0,00	####
50	Sobral	CE	03.42	40.21	83.25	OUT	35,9	34	21,5	26,7	58	14,4	6,90	3,90	1,34	0,00	####	JUL	21,2	90	33	26,4	66	0,00	####
51	Tauá	CE	06.00	40.25	398.77	DEZ	33,5	39	22,9	27,7	54	10,6	4,50	1,50	0,00	0,00	####	MAI	19,3	99	30,3	24,8	71	0,00	####
52	Apodi	RN	05.39	37.48	65.37	NOV	36,1	38	22,5	28,3	59	13,6	7,10	4,10	1,90	0,89	ΔΦ3	JUL	21,9	81	31,5	25,1	67	0,00	####
53	Ceará Mirim	RN	05.39	35.25	61.35	JAN	31,4	58	22,1	26,4	77	9,3	3,17	0,39	0,70	1,17	####	AGO	20,5	100	29,1	24,2	80	0,00	####
54	Cruzeta	RN	06.26	36.35	226.46	DEZ	34,9	44	23,1	29,8	59	11,8	5,90	2,90	1,33	1,89	ΔΦ2	AGO	20,5	79	32,3	24,7	61	0,00	####
55	Florania	RN	06.07	36.49	324.45	DEZ	33,8	37	20,5	26,1	57	13,3	4,80	1,80	0,00	0,00	####	AGO	19,1	81	32,3	24	60	0,00	####
56	Macau	RN	05.07	36.38	5.97	DEZ	31,5	53	22,9	26,7	70	8,6	2,80	0,00	0,00	0,80	####	JUN	20,3	100	31,2	26,4	70	0,00	####
57	Mossoró	RN	05.11	37.20	18.14	NOV	34,6	44	22,8	28,3	63	11,8	5,60	2,60	1,01	1,52	ΔΦ2	AGO	21,3	88	33,8	27,1	62	0,00	####
58	Campina Grande	PB	07.13	35.53	547.56	JAN	29,9	56	20	23,9	79	9,9	1,45	0,00	0,00	0,00	####	AGO	17,8	100	24,1	21,7	86	0,00	####
59	João Pessoa	PB	07.06	34.52	7.43	JAN	31,8	53	22,8	25,8	75	9	3,10	0,19	0,00	1,10	####	SET	18,9	100	28,3	27,5	67	0,00	####
60	Monteiro	PB	07.53	37.04	603.66	JAN	33,3	39	19,6	24,2	66	13,7	4,30	1,30	0,00	0,00	####	AGO	15,3	100	29,1	22	68	-2,70	0,00
61	São Gonçalo	PB	06.45	38.13	233.05	DEZ	34,8	36	20,8	27,9	54	14	5,80	2,80	0,45	0,00	####	JUL	19,3	90	30,6	26,2	59	0,00	####
62	Arco Verde	PE	08.25	37.05	680.70	NOV	31,9	42	18,2	24,6	64	13,7	2,90	0,00	0,00	0,00	####	SET	18,4	91	29,5	21	68	-1,60	0,00
63	Cabrobó	PE	08.31	39.20	341.64	OUT	34	34	22,7	28	48	11,3	5,00	2,00	0,00	0,00	####	MAR	19,2	100	31,9	26,5	67	0,00	####
64	F. de Noronha	PE	03.51	32.25	56.50	FEV	30	66	24,8	27,1	78	5,2	2,59	0,00	1,33	1,28	####	JUL	23,8	91	28,1	25,7	81	0,00	####
65	Floresta	PE	08.36	38.34	309.73	NOV	35,7	35	22,4	28,8	52	13,3	6,70	3,70	1,22	0,00	####	JUL	18	100	29,4	25,5	69	0,00	####
66	Garanhuns	PE	08.53	36.31	822.76	NOV	28,9	47	17,4	21,7	71,9	11,5	0,00	####	####	####	####	SET	15,4	99	23,7	18,5	81,3	-2,00	0,00
67	Petrolina	PE	09.23	40.29	370.46	NOV	34	36	22,9	28,2	50	11,1	5,00	2,00	0,00	0,00	####	JUL	19,5	82	31,3	24,7	60	0,00	####
68	Recife	PE	08.03	34.55	6.90	FEV	30,2	64	22,2	27	77	8	2,60	0,00	1,09	0,89	####	AGO	20,6	100	27,5	23,9	85	0,00	####
69	Surubim	PE	07.50	35.43	418.32	JAN	31,4	46	20,5	24	71	10,9	2,40	0,00	0,00	0,00	####	AGO	18,2	100	27	21	88	0,00	####
70	Triunfo	PE	07.51	38.08	1019.54	NOV	29	42	17,2	23,1	60	11,8	0,00	####	####	####	####	AGO	14,8	96	25	19,2	72,4	-3,20	0,00
71	Maceió	AL	09.40	35.42	64.50	FEV	30,4	60	22,6	26,3	76,6	7,8	2,44	0,00	0,51	0,44	####	AGO	20,2	97	27,1	23,5	79,5	0,00	####
72	Palm. dos Indios	AL	09.27	36.42	274.90	JAN	33,3	45	21,3	27	65,1	12	4,30	1,30	0,00	0,68	####	AGO	18,2	100	27,1	22	83	0,00	####
73	Aracaju	SE	10.55	37.03	4.55	MAR	29,8	67	24,2	27,2	78	5,6	2,51	0,00	1,39	1,42	####	AGO	21,6	93	26,9	24,5	78,2	0,00	####
74	Alagoinhas	BA	12.17	38.35	130.92	JAN	32,6	51	19,7	25,6	76,8	12,9	3,71	0,74	0,00	1,71	####	AGO	16,3	100	27	21,7	84,4	-1,70	0,00
75	Barra	BA	11.05	43.10	401.58	FEV	34	35	21,2	27,2	52,1	12,8	5,00	2,00	0,00	0,00	####	NOV	15,8	87	31,4	23,6	53,4	-2,20	0,00
76	Barreiras	BA	12.09	45.00	439.29	SET	34,6	29	17,6	25,9	47,1	17	5,60	2,60	0,00	0,00	####	JUL	14,2	97	31,7	22,2	58,7	-3,80	0,00
77	Bom J. da Lapa	BA	13.16	43.25	439.96	SET	33,9	31	19,7	26,7	46,2	14,2	4,90	1,90	0,00	0,00	####	JUL	16,5	81	30,8	23,7	52,1	-1,50	0,00
78	Caetité	BA	14.03	42.37	882.47	OUT	28,1	46	16,9	22,3	64,4	11,2	0,00	####	####	####	####	JUL	13,9	93	24,7	19,3	66,3	-4,10	0,00
79	Camaçari	BA	12.40	38.19	47.77	FEV	31,1	59	21,9	25,9	79,7	9,2	2,99	0,26	0,78	0,99	####	AGO	19	100	27,1	22,4	82,5	0,00	####
80	Canavieiras	BA	15.40	38.57	3.87	JAN	29,5	66	20,4	25,9	81,8	9,1	2,13	0,00	0,92	0,89	####	AGO	17,9	100	26,3	22,1	81,8	0,00	####
81	Caravelas	BA	17.44	39.15	2.88	FEV	30,5	63	22,8	26,5	79,6	7,7	2,81	0,02	1,20	1,12	####	AGO	18,6	100	26,3	22,3	80	0,00	####
82	Carinhanha	BA	14.10	43.55	440.10	SET	32,8	30	19,3	26	44,5	13,5	3,80	0,80	0,00	0,00	####	JUL	15,3	76	30,1	22,6	47,9	-2,70	0,00
83	Cipó	BA	11.05	38.31	145.31	JAN	34,2	43	19,4	26,9	65,3	14,8	5,20	2,20	0,50	0,76	####	AGO	16,5	100	28,8	22,5	75,6	-1,50	0,00
84	Correntina	BA	13.28	44.46	586.96	SET	32,4	35	19	25,2	53,3	13,4	3,40	0,40	0,00	0,00	####	JUL	13,8	100	29,5	21,2	64,9	-4,20	0,00
85	Guaratinga	BA	16.44	39.44	323.75	MAR	30,9	56	20,8	25,3	77,9	10,1	2,52	0,00	0,00	0,52	####	AGO	16,8	100	26,5	21,2	80,1	-1,20	0,00
86	Ilheus	BA	14.48	39.04	60.21	MAR	29,4	66	22,1	25,9	81,5	7,3	2,04	0,00	0,85	0,83	####	JUL	18,9	100	25,8	22,1	86,6	0,00	####
87	Irecê	BA	11.18	41.52	747.16	OUT	30,9	38	18,6	24,4	55,8	12,3	1,90	0,00	0,00	0,00	####	JUL	15,5	88	27,7	21	62,6	-2,50	0,00
88	Itaberaba	BA	12.33	40.26	249.89	MAR	32,3	49	20,7	26	69,9	11,6	3,30	0,30	0,00	0,80	####	JUL	16,5	100	27,8	21,9	75,2	-1,50	0,00
89	Itiruçu	BA	13.22	39.57	755.61	JAN	27,9	57	18	22,3	79,7	9,9	0,00	####	####	####	####	JUL	14,8	100	22,8	18,1	87,9	-3,20	0,00
90	Ituaçu	BA	13.49	41.18	531.43	DEZ	30,4	41	20,1	24,9	56,2	10,3	1,40	0,00	0,00	0,00	####	AGO	16	90	26,8	21,1	65,5	-2,00	0,00
91	Jacobina	BA	11.11	40.28	484.74	FEV	31,7	50	20,2	25,5	71	11,5	2,66	0,00	0,00	0,66	####	JUL	16,8	100	26,2	21,2	76	-1,20	0,00
92	Lençóis	BA	12.34	41.23	438.74	MAR	30,7	56	19,8	25,1	77,6	10,9	2,30	0,00	0,00	0,30	####	JUL	16,2	100	26,5	20,9	79,9	-1,80	0,00
93	Monte Santo	BA	10.26	39.18	464.81	JAN	32,5	42	19,6	25,7	62,4	12,9	3,50	0,50	0,00	0,00	####	AGO	15,7	92	25,6	20	70	-2,30	0,00
94	Morro do Chapéu	BA	11.13	41.13	1003.27	FEV	26,6	55	17	21,2	75,4	9,6	0,00	####	####	####	####	JUL	13,8	100	22,1	17,2	84,1	-4,20	0,00

Ref.	Local	UF	LAT. (S)	LONG.	ALT.	Mês		URx%	Tmin	Tmed	UR%	ΔTX	Desvios				Estratégias				Opção				
						Tmax	Mês						ΔΦ	ΔΦ1	ΔΦ2	ΔΦ3	ΔΦ	ΔΦ1	ΔΦ2	ΔΦ3					
95	Paulo Afonso	BA	09.24	38.13	252.69	DEZ	34,6	39	22	27,3	59,7	12,6	5,60	2,60	0,54	0,00	####	JUL	19	97	28,1	23	75,7	0,00	####
96	Remanso	BA	09.38	42.08	400.52	SET	33,2	35	21,5	26,9	49,9	11,7	4,20	1,20	0,00	0,00	####	JUL	19,3	79	30,7	24,8	56,7	0,00	####
97	Salvador	BA	13.01	38.31	51.41	MAR	30	66	23,9	26,7	79,8	6,1	2,59	0,00	1,32	1,26	####	NOV	19,3	100	28,9	25,5	81,5	0,00	####
98	Sta. R. de Cássia	BA	11.0.	44.31	550.30	SET	34,7	29	15,9	25,1	50,6	18,8	5,70	2,70	0,00	0,00	####	JUL	12,7	100	31,7	21,1	59,8	-5,30	0,00
99	Senhor do Bonfim	BA	10.28	40.11	558.24	NOV	31,2	42	20,5	25,1	59,6	10,7	2,20	0,00	0,00	0,00	####	JUL	17,4	87	25,4	20,7	71,2	-0,60	0,00
100	Serrinha	BA	11.38	38.58	359.63	JAN	31,6	52	21	25,4	74,4	10,6	2,79	0,00	0,00	0,79	####	NOV	17,1	100	30,9	24,8	73,8	-0,90	0,00
101	Vit. da Conquista	BA	15.57	40.53	839.00	MAR	27,2	56	17,6	21,8	77,2	9,6	0,00	####	####	####	####	AGO	13,8	100	24,2	18,6	76	-4,20	0,00
102	Aimores	MG	19.29	41.04	82.74	FEV	33,9	53	21,8	27,1	77,7	12,1	5,17	2,25	1,70	3,17	ΔΦ2	JUL	15,6	100	28,9	21,3	72,1	-2,40	0,00
103	Araçuaí	MG	16.52	42.04	284.39	FEV	33,4	49	21,3	26,5	72,7	12,1	4,40	1,40	0,29	2,02	####	JUL	15,3	100	28,7	21,2	70	-2,70	0,00
104	Araxá	MG	19.34	46.56	1003.87	MAR	28	57	17,5	22	81,5	10,5	0,00	####	####	####	####	JUL	12,4	98	24,5	17,5	70,9	-5,60	0,00
105	Bambuí	MG	20.00	45.59	681.27	FEV	30,1	55	18,4	23,6	80,6	11,7	1,60	0,00	0,00	0,00	####	JUL	8,2	100	26,1	16,3	78,8	-9,80	-1,80
106	Barbacena	MG	21.15	43.46	1126.00	FEV	26,8	59	16,5	20,6	85,3	10,3	0,00	####	####	####	####	JUL	10,2	100	21,4	14,7	78,8	-7,80	0,00
107	Belo Horizonte	MG	19.56	43.56	850.02	FEV	28,8	54	19	23,2	75,1	9,8	0,19	0,00	0,00	0,00	####	JUL	13,1	95	24,6	18,1	68,7	-4,90	0,00
108	Caparaó	MG	20.31	41.52	843.18	FEV	28,7	50	15	21,4	77	13,7	0,00	####	####	####	####	JUL	8	100	23,4	15,3	77,8	-10,00	-2,00
109	Capinópolis	MG	18.41	49.34	620.60	OUT	31,8	48	19,3	24,7	72,9	12,5	2,80	0,00	0,00	0,18	####	JUL	13,9	100	28,5	20,2	69,6	-4,10	0,00
110	Caratinga	MG	19.48	42.09	609.05	FEV	29,7	56	18,9	23,9	78,6	10,8	1,29	0,00	0,00	0,00	####	JUL	12,5	100	24,9	18	80,8	-5,50	0,00
111	Cataguases	MG	21.23	42.41	167.98	FEV	32	54	21,9	25,7	77,3	10,1	3,37	0,48	0,10	1,37	####	JUL	14,3	100	26,7	19,6	77,9	-3,70	0,00
112	Cel. Pacheco	MG	21.35	43.15	435.00	FEV	30,8	53	19,1	24,1	78,7	11,7	2,12	0,00	0,00	0,12	####	JUL	10,2	100	25,2	16,9	78,5	-7,80	0,00
113	C. Mato Dentro	MG	19.02	43.26	652.00	FEV	30,3	50	17,9	23,5	75	12,4	1,33	0,00	0,00	0,00	####	JUL	9,6	100	25,5	16,5	74,8	-8,40	-0,40
114	Diamantina	MG	18.15	43.36	1296.12	FEV	27,8	48	16,1	20	76,1	11,7	0,00	####	####	####	####	JUL	11	97	21,2	15,3	73	-7,00	0,00
115	Espinosa	MG	14.55	42.51	569.84	OUT	31,3	39	19,2	25,5	55,1	12,1	2,30	0,00	0,00	0,00	####	JUL	15,8	78	28,5	21,8	53,5	-2,20	0,00
116	Gov. Valadares	MG	18.51	41.56	277.45	FEV	32,5	54	20,4	26,9	74,5	12,1	3,90	1,02	0,69	1,90	ΔΦ2	JUL	14,8	100	27,3	21,5	74,7	-3,20	0,00
117	Ibirité	MG	20.01	44.03	814.54	FEV	29,5	53	17,7	22,9	77,7	11,8	0,76	0,00	0,00	0,00	####	JUL	8,7	100	26,1	16,5	73,8	-9,30	-1,30
118	Itamarandiba	MG	17.51	42.51	1097.00	MAR	28,1	55	17,2	21,7	81,3	10,9	0,00	####	####	####	####	JUL	11,1	100	23,4	16,3	78,6	-6,90	0,00
119	João Pinheiro	MG	17.42	46.10	760.36	SET	30,5	39	16,8	23,2	59,3	13,7	1,50	0,00	0,00	0,00	####	JUL	13,4	97	27,2	19,9	64	-4,60	0,00
120	Juiz de Fora	MG	21.46	43.21	939.96	FEV	26,8	63	18,2	22,5	81,1	8,6	0,00	####	####	####	####	AGO	12,4	100	22,2	17,5	73,6	-5,60	0,00
121	Lavras	MG	21.14	45.00	918.84	JAN	28,4	55	17,7	21,7	81,3	10,7	0,00	####	####	####	####	JUL	10,4	100	23,7	15,8	72,2	-7,60	0,00
122	Machado	MG	21.40	45.55	873.35	FEV	29	52	17,6	22,4	76,4	11,4	0,17	####	####	####	####	JUL	8,8	100	24	15,6	68,5	-9,20	-1,20
123	Monte Azul	MG	15.05	42.45	603.63	OUT	31,3	40	20,9	25,5	56,4	10,4	2,30	0,00	0,00	0,00	####	JUN	17,4	77	28,2	22,1	57,8	-0,60	0,00
124	Montes Claros	MG	16.43	43.52	646.29	FEV	30,4	49	18,2	24	71,2	12,2	1,40	0,00	0,00	0,00	####	JUL	12,5	92	27,4	19,4	59,1	-5,50	0,00
125	Paracatu	MG	17.13	46.52	711.40	SET	30,5	42	17,5	23,5	63	13	1,50	0,00	0,00	0,00	####	JUL	13,1	94	27,1	19,2	63,5	-4,90	0,00
126	Patos de Minas	MG	18.36	46.31	940.28	MAR	29,5	53	18	22,9	78,8	11,5	0,84	0,00	0,00	0,00	####	JUL	12,5	85	25,8	18,2	59,2	-5,50	0,00
127	Pedra Azul	MG	16.00	41.17	648.91	FEV	30,1	50	19,4	23,9	72,3	10,7	1,12	0,00	0,00	0,00	####	JUL	14,8	98	25,1	19,5	72,7	-3,20	0,00
128	Pompeu	MG	19.13	45.00	690.91	FEV	30,5	54	17,6	24,1	78,1	12,9	1,87	0,00	0,00	0,00	####	JUL	11,5	100	28,4	18,6	72,3	-6,50	0,00
129	São Lourenço	MG	22.06	45.01	900.32	MAR	29	51	16,6	21,6	79,1	12,4	0,09	####	####	####	####	JUL	7	100	24,5	13,7	75,9	-11,00	-3,00
130	Sete Lagoas	MG	19.28	44.15	732.00	FEV	29,7	50	18,1	23	74,8	11,6	0,74	0,00	0,00	0,00	####	JUL	11,1	100	26,7	17,5	66,2	-6,90	0,00
131	Teófilo Otoni	MG	17.51	41.31	356.38	FEV	32,3	49	19,7	24,6	76	12,6	3,30	0,30	0,00	0,81	####	JUL	14,1	100	26,6	19,5	80,9	-3,90	0,00
132	Uberaba	MG	19.45	47.55	742.90	FEV	30,5	53	19	23,4	80,9	11,5	1,83	0,00	0,00	0,00	####	JUL	12,2	100	27	18,5	67,3	-5,80	0,00
133	Viçosa	MG	20.45	42.51	689.73	FEV	30	51	18,1	22,3	80,6	11,9	1,11	0,00	0,00	0,00	####	JUL	10,1	100	23,5	15,4	81,9	-7,90	0,00
134	C. Itapemirim	ES	20.51	41.08	77.53	FEV	33,4	51	22,1	26,6	76	11,3	4,54	1,59	0,83	2,54	ΔΦ2	JUL	16,3	100	27,1	20,5	80	-1,70	0,00
135	Linhares	ES	19.24	40.04	28.40	FEV	31,8	59	22,4	26,2	82	9,4	3,73	1,01	1,59	1,73	ΔΦ1	JUL	16,6	100	26,5	20,7	86	-1,40	0,00
136	São Mateus	ES	18.42	39.51	25.04	MAR	32	57	21,4	26	81	10,6	3,73	0,94	1,18	1,73	ΔΦ1	JUL	16,8	100	27,2	21,1	84	-1,20	0,00
137	Vitória	ES	20.19	40.20	36.30	FEV	31,6	57	23,7	26,9	75	7,9	3,32	0,53	0,75	1,32	ΔΦ1	JUL	18,8	92	25,9	21,7	77	0,00	####
138	Angra dos Reis	RJ	23.01	44.19	1.57	FEV	30,4	63	23,1	26,4	80	7,3	2,74	0,00	1,17	1,08	####	JUL	16,5	100	24,6	20,2	81	-1,50	0,00
139	Cordeiro	RJ	22.02	42.22	484.68	FEV	30,5	55	19,2	24	80	11,3	1,97	0,00	0,00	0,00	####	JUL	11,9	100	24,1	16,7	83	-6,10	0,00
140	Écol. Agrícola	RJ	22.48	43.41	33.00	FEV	32,8	54	22,6	26,7	76	10,2	4,15	1,26	0,85	2,15	ΔΦ2	JUL	15,7	99	26,6	20,3	74	-2,30	0,00
141	Ilha Guaíba	RJ	23.00	44.02	64.46	FEV	30,6	62	22,9	26,1	81	7,7	2,84	0,07	1,13	1,07	####	JUL	18	92	25,1	21,2	75	0,00	####

ANEXO.XLS

Ref.	Local	UF	LAT. (S)	LONG.	ALT.	Mês	Tmax	URx%	Tmin	Tmed	UR%	ΔTX	Estratégias				Opção
						Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	Mês	ΔΦ	ΔΦ1	ΔΦ2	ΔΦ3	Δγ	Δγ1
142	Naperuna	RJ	21.12	41.53	123.59	FEV	32,9	53	21,9	26,5	76	11	4,16	1,24	0,68	2,16	ΔΦ2
143	Nova Friburgo	RJ	22.17	42.32	856.60	FEV	27,6	54	17,1	21,4	78	10,5	0,00	###	###	###	###
144	Pirai	RJ	22.38	43.54	366.65	FEV	30,8	56	19,3	24	83	11,5	2,37	0,00	0,00	0,37	###
145	Rio de Janeiro	RJ	22.55	43.10	5.32	FEV	30,2	64	23,5	26,5	79	6,7	2,57	0,00	1,04	0,94	###
146	Vassouras	RJ	22.20	43.40	437.19	FEV	30,8	55	19,9	24	82	10,9	2,31	0,00	0,00	0,31	###
147	C. do Jordão	SP	22.44	45.35	1578.81	JAN	22,6	65	12,4	17,3	87	10,2	0,00	###	###	###	###
148	Catanduva	SP	21.08	48.58	536.00	FEV	31,1	54	19,3	25	77	11,8	2,60	0,00	0,00	0,50	###
149	França	SP	20.33	47.26	1026.20	OUT	25,1	48	15,9	19,7	67	9,2	0,00	###	###	###	###
150	Itapeva	SP	23.57	48.53	647.18	FEV	28,3	50	17,4	21,8	73	10,9	0,00	###	###	###	###
151	São Carlos	SP	22.01	47.53	856.00	FEV	27,2	55	17,7	21,9	75	9,5	0,00	###	###	###	###
152	Santos	SP	23.56	45.20	13.51	MAR	28,4	68	21,8	25,1	83	6,6	1,24	0,00	0,28	0,41	###
153	São Paulo	SP	23.30	46.37	792.06	FEV	28	57	18,8	22,4	79	9,2	0,00	###	###	###	###
154	São Simão	SP	21.29	47.33	617.39	FEV	30,6	53	19,7	24	78	10,9	1,90	0,00	0,00	0,00	###
155	Ubatuba	SP	24.26	45.06	8.00	FEV	30,3	62	20,8	25	85	9,5	2,54	0,00	0,83	0,77	###
156	Campo Mourão	PR	24.03	52.22	616.40	JAN	28,6	54	18,2	22,9	76	10,4	0,02	###	###	###	###
157	Castro	PR	24.47	50.00	1008.80	JAN	26,6	56	15,9	20,4	81	10,7	0,00	###	###	###	###
158	Curitiba	PR	25.25	49.16	923.50	FEV	25,8	56	16,3	19,9	80	9,5	0,00	###	###	###	###
159	Foz do Iguaçu	PR	25.33	54.34	154.00	JAN	33	50	19,8	25,4	77	13,2	3,96	0,95	0,00	1,96	###
160	Guaira	PR	24.05	54.15	230.11	FEV	31,3	51	21,2	24,4	77	10,1	2,45	0,00	0,00	0,45	###
161	Jacarezinho	PR	23.09	49.58	470.69	FEV	31,7	51	19,7	24,7	76	12	2,76	0,00	0,00	0,76	###
162	Londrina	PR	23.23	51.11	566.00	FEV	30,1	53	19,5	24	76	10,6	1,41	0,00	0,00	0,00	###
163	Maringá	PR	23.25	51.57	542.00	DEZ	24,1	42	15,1	19	57	9	0,00	###	###	###	###
164	Paranaguá	PR	25.31	48.31	4.50	JAN	28,7	61	20,5	24,1	80	8,2	0,80	0,00	0,00	0,00	###
165	Rio Negro	PR	26.06	49.48	824.15	FEV	27,5	55	16,6	20,7	83	10,9	0,00	###	###	###	###
166	Chapecó	SC	27.07	52.37	668.27	JAN	28,8	52	18,6	23	73	10,2	0,00	###	###	###	###
167	Florianópolis	SC	27.35	48.34	1.83	FEV	28,4	66	21,8	24,7	82	6,6	0,99	0,00	0,00	0,00	###
168	Indaial	SC	26.54	49.13	68.00	FEV	30,6	55	20,8	24,6	78	9,8	2,09	0,00	0,00	0,09	###
169	Porto União	SC	26.14	51.04	778.04	JAN	29,1	51	17,1	21,9	78	12	0,19	0,00	0,00	0,00	###
170	São Joaquim	SC	28.17	49.55	1402.00	FEV	23,1	58	12,9	17,2	83	10,2	0,00	###	###	###	###
171	Bagé	RS	31.20	54.06	241.54	JAN	30,5	43	18,4	24	63	12,1	1,50	0,00	0,00	0,00	###
172	Bom Jesus	RS	28.40	50.26	1047.50	FEV	24,7	59	15,4	19,1	83	9,3	0,00	###	###	###	###
173	Caxias do Sul	RS	29.10	51.12	759.60	JAN	26,6	54	16,7	20,6	77	9,9	0,00	###	###	###	###
174	Encruz. do Sul	RS	30.32	52.31	427.75	JAN	28,3	50	17,8	22,1	72	10,5	0,00	###	###	###	###
175	Iraí	RS	27.11	53.14	247.10	JAN	32,3	48	19,2	24,7	74	13,1	3,30	0,30	0,00	0,46	###
176	Passo Fundo	RS	28.15	52.24	684.05	JAN	28,3	49	17,5	22,1	71	10,8	0,00	###	###	###	###
177	Santa Maria	RS	29.42	53.42	95.00	JAN	30,4	51	19,1	24,6	71	11,3	1,46	0,00	0,00	0,00	###
178	Porto Alegre	RS	30.01	51.13	46.97	JAN	30,2	51	20,5	24,6	71	9,7	1,32	0,00	0,00	0,00	###
179	Sta. Vit. do Palmar	RS	33.31	53.21	24.01	JAN	27,8	54	18	22,2	75	9,8	0,00	###	###	###	###
180	São L. Gonzaga	RS	28.24	55.01	245.11	JAN	31,6	46	20,8	25,3	67	10,8	2,80	0,00	0,00	0,00	###
181	Torres	RS	29.20	49.44	30.60	FEV	26,4	70	20,3	23,3	84	6,1	0,00	###	###	###	###
182	Campo Grande	MS	20.27	54.37	530.00	OUT	30,6	46	18,9	24,1	67,6	11,7	1,60	0,00	0,00	0,00	###
183	Corumbá	MS	19.05	57.30	130.00	NOV	33,1	53	22,7	27	75,7	10,4	4,43	1,53	1,10	2,43	ΔΦ2
184	Coxim	MS	18.30	54.46	287.00	OUT	33,7	43	20,8	26,3	65	12,9	4,70	1,70	0,00	0,08	###
185	Dourados	MS	22.14	54.59	452.00	JAN	31,2	56	19,5	25	80,6	11,7	2,82	0,00	0,05	0,82	###
186	Ivinhema	MS	22.19	53.56	369.20	FEV	32	55	19,9	24,9	82,8	12,1	3,48	0,63	0,45	1,48	###
187	Paranaíba	MS	19.42	51.11	331.25	OUT	32,4	40	19,5	23,9	65,3	12,9	3,40	0,40	0,00	0,00	###
188	Ponta Porã	MS	22.32	55.32	650.00	FEV	29,4	56	19,6	23,6	78,5	9,8	0,98	0,00	0,00	0,00	###

