

## **ESTUDO DE ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS COM BASE NAS TABELAS DE MAHONEY - CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA E RESULTADOS PRELIMINARES**

**GONÇALVES, Willi de Barros (1); RIBEIRO, Márcia Agostini (1); ASSIS, Eleonora Sad de (2); ZAMORANO, Luiz Gustavo (1); TORRES, Igor Abrão (1); BUONICONTRO, Lilian Sales (1); DINIZ, Antonia Sônia Alves Cardoso (3)**

(1) Centro de Pesquisa em Eficiência Energética, PUC-Minas, Av. Dom José Gaspar, 500, 30535-610, Belo Horizonte, MG, tel.: (31) 3319-4387, e-mail: [willi@pucminas.br](mailto:willi@pucminas.br)

(2) Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Rua Paraíba, 697, 30130-140, Belo Horizonte, MG, tel.: (31)3269-1823, fax: (31)3269-1822

(3) Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG – Av. Barbacena, 1200 – 16º andar/B2 – 31123-970, Belo Horizonte, MG

### **RESUMO**

Este artigo relata os resultados preliminares de um estudo para o zoneamento bioclimático do estado de Minas Gerais, com base nas Tabelas de Mahoney, bem como faz algumas considerações sobre o método de análise climática e recomendações arquitetônicas introduzidos por aquele autor. O trabalho é parte inicial do desenvolvimento de uma proposta arquitetônica e de assentamento para residências de interesse social que viabilize o uso racional de energia. Intenta-se que uma boa performance energética seja atingida através de adequadas condições de conforto térmico e iluminação natural das edificações, do uso de sistemas de iluminação artificial mais eficientes, concebidos como suplementares à iluminação natural, e da utilização de energia solar para aquecimento de água em substituição aos chuveiros elétricos. O projeto está sendo viabilizado através de convênio com a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e integra a Tarefa 28 (Habitações Solares Sustentáveis) da Agência Internacional de Energia (IEA) no programa “Solar Heating and Cooling” (SHC).

### **ABSTRACT**

This paper reports preliminary results of a bioclimatic zoning for the State of Minas Gerais, based on the Mahoney Tables, and also makes some considerations about the method created by that author, for climatological analysis aiming architectural recommendations. The work is the starting point of the development of architectural design criteria for low-income dwellings targeting the rational use of energy. A good energy performance shall be obtained by suitable thermal comfort and natural lighting conditions, as well as by more qualified artificial lighting systems, being conceived as supplementary systems to natural lighting, and by use of solar energy for water heating, in replacement of electrical showers. This project is sponsored by CEMIG (The Electric Energy Utility of Minas Gerais) and takes part on the Task 28 (Sustainable Solar Housing) by the International Energy Agency, Solar Heating and Cooling Program.

### **1. INTRODUÇÃO**

O projeto "Abordagem Integrada da Eficiência Energética" é fruto de um convênio entre a CEMIG, a PUC-Minas, a UFMG e o CEFET-MG e engloba o subprojeto "Habitação Eficiente". Esse subprojeto, coordenado pelo Centro de Pesquisa em Eficiência Energética da PUC-Minas, tem como metas elaborar diretrizes básicas para concepções arquitetônicas e de entorno construído com ênfase em sua dimensão bioclimática, integrada à utilização de tecnologia solar sustentável para a faixa de renda

atendida pela habitação de interesse social; diretrizes para aplicação na legislação vigente, visando a criação de políticas habitacionais sustentáveis que enfoquem a eficiência energética e o conforto térmico e avaliar a aplicação das concepções arquitetônicas e urbanísticas elaboradas em conjunto habitacional no Estado de Minas Gerais para demonstrar sua viabilidade, aliando conforto térmico, eficiência energética e baixo custo.

O projeto, iniciado em agosto de 2002, tem duração prevista de quatro anos, e está atualmente na fase de seleção e caracterização das condições climáticas locais. O objetivo desta etapa é definir localidades representativas de cada região climática de Minas Gerais, que servirão como base para a definição de conjuntos de soluções típicas (typical solution sets) para habitações de interesse social nestas diferentes regiões, enfocando tecnologias solares passivas e ativas sustentáveis.

O método para classificação de zoneamento bioclimático para o estado de Minas Gerais proposto nesta fase de estudos preliminares baseia-se nas Tabelas de Mahoney (ONU, 1971; EVANS, 1999). De fato, como ressalta ASSIS (2001), embora este método tenha a vantagem de gerar recomendações específicas para a concepção arquitetônica, o ideal seria, dada a sua generalidade, cruzar as informações obtidas com os resultados de índices de conforto válidos para as diversas localidades do estado de Minas Gerais. Entretanto, a única região do território mineiro que dispõe de um índice de conforto validado é a de Belo Horizonte (GONÇALVES, 2000). Como ocorrem domínios climáticos diferenciados no estado de Minas Gerais, a aplicação deste índice, no caso, o diagrama bioclimático de Givoni, em princípio não deve se estender a todo o território mineiro. Diante desta dificuldade, a aplicação isolada das Tabelas de Mahoney pode, no mínimo, fornecer um quadro inicial relevante para a definição de critérios de concepção arquitetônica em cada região do estado.

As metodologias de análise climática com vistas à obtenção de recomendações arquitetônicas são instrumentos importantes na fase de pré-projeto das edificações. Elas indicam ao arquiteto as estratégias bioclimáticas mais adequadas a serem adotadas nos edifícios, de acordo com o programa de atividades do mesmo e em função da caracterização climática do sítio.

As ferramentas disponíveis para a análise pós-projetual do desempenho ambiental dos edifícios têm evoluído significativamente mais rápido do que as ferramentas destinadas à análise climática que se dá na fase prévia ao projeto. Contamos hoje com avançados códigos de dinâmica de fluidos computacional (CFD) que permitem complexas avaliações do ambiente projetado. Não obstante, estas análises são realizadas num estágio em que frequentemente já não é possível uma revisão na concepção do projeto, mesmo que se constate a necessidade de mudanças radicais, com vistas à eficiência energética e ao conforto ambiental.

Na fase inicial do processo de projeto não tem sido comum uma avaliação detalhada dos dados climáticos por parte dos arquitetos, mesmo porque, na grande maioria dos casos, não há dados detalhados disponíveis ou eles não são estritamente necessários. Geralmente, os projetistas têm acesso a dados médios mensais de temperatura, precipitação e umidade, gerados por estações meteorológicas nos principais centros urbanos e aeroportos.

Desta forma, a metodologia de análise climática na fase de pré-projeto deve fornecer, a partir deste corpo resumido de dados, diretrizes simplificadas que possam orientar as decisões iniciais do projeto. Para isso, o método a ser adotado deve ser didático, não apenas resultando num rol de recomendações a serem seguidas, mas também explicando o porquê da sua adequação. Neste campo, as ferramentas computacionais evoluíram pouco, em relação àquelas descritas acima, as quais, normalmente são verdadeiras "caixas-pretas".

## **2. AS TABELAS DE MAHONEY: ORIGEM E RESUMO DO MÉTODO**

O conceito inicial dos quadros de Mahoney foi desenvolvido em 1969, quando os consultores Robert Mathew e Johnson Marshall elaboravam diretrizes para o projeto de escolas secundárias na Nigéria, com um financiamento do Banco Mundial. O arquiteto Carl Mahoney, da Architectural Association School, Londres, foi incorporado à equipe e foi responsável pelos estudos climáticos.

Os quadros foram desenvolvidos para responder a duas questões básicas apresentadas pela equipe de projetistas:

- a) Como a arquitetura deveria mudar em resposta às variações climáticas? (O clima na Nigéria apresenta grande diversidade, variando de quente-úmido no litoral a quente-desértico na porção continental).
- b) Qual a região geográfica a que se aplicam as recomendações desenvolvidas a partir da análise climática?

O método desenvolvido por Mahoney tem sido usado desde então, por quase trinta anos, em muitos países e contextos climáticos. Os dados disponíveis em normais climatológicas são anotados em planilhas e comparados com limites de conforto pré-estabelecidos. Esta comparação permite identificar grupos de problemas climáticos dominantes e, para cada grupo, obter recomendações técnicas de projeto.

O trabalho foi publicado pela primeira vez em uma monografia (ONU, 1971), em que Mahoney dividiu a autoria com os professores John Martin Evans e Otto Koenigsberger. Este trabalho já incluía os ajustes resultantes do teste da metodologia em mais de 50 contextos climáticos diferentes e trazia exemplos de recomendações em seis tipos climáticos diferentes. Esta publicação original circulou principalmente entre os órgãos governamentais e teve uma distribuição reduzida nos meios acadêmicos e de pesquisa. Com a sua inclusão no "Manual of Tropical Housing" (KOENIGSBERGER, 1974), mais conhecido entre nós em sua versão espanhola (KOENIGSBERGER, 1977), as tabelas ficaram conhecidas e foram publicadas em diversos idiomas. Uma descrição detalhada do método desenvolvido por Mahoney pode, portanto, ser encontrada em ONU (1971), KOENIGSBERGER (1974 e 1977) e MASCARÓ (1983). A seguir pontuamos alguns aspectos para uma visão mais resumida e geral.

O método foi desenvolvido a partir de uma pesquisa para obter informações básicas sobre o impacto do clima nas condições de conforto e projeto ao longo do ano. Os meses foram classificados em uma escala de conforto de cinco pontos (ASHRAE, 1997; ISO, 1995). Foram também identificados os meses em que eram utilizadas estratégias bioclimáticas de aquecimento ou resfriamento.

A pesquisa demonstrou uma variação da zona de conforto em função da temperatura média anual (TMA). BEDFORD (1961) já havia demonstrado que a zona de conforto varia com a temperatura média mensal. Posteriormente, HUMPHREYS (1975) comparou diversos estudos de campo e equações de regressão obtidas, relacionando a temperatura de conforto com a média mensal.

Para simplificar a análise de conforto, foram estabelecidas três faixas para a TMA (maior que 20°C; entre 15 e 20° C; menor que 15°C) e quatro faixas para a umidade relativa (0-30%; 30-50%; 50-70%; 70-100%). Os limites de conforto foram estabelecidos para os períodos diurno e noturno, tentando considerar variações na vestimenta e nível metabólico. As imprecisões e críticas ao método são feitas exatamente quanto ao estabelecimento destes limites.

As temperaturas médias mensais máximas e mínimas são comparadas com os limites de conforto, obtendo-se um diagnóstico inicial de estresse térmico: quente, confortável e frio. Os dados mensais de estresse térmico, em conjunto com as informações sobre o clima, definem um grupo de "indicadores" bioclimáticos para o projeto. Foram definidos seis indicadores, três relacionados com climas úmidos e três com climas áridos.

As recomendações de projeto são, então, obtidas a partir da análise do número de meses ao longo do ano em que cada indicador é aplicável. Inicialmente, são obtidas recomendações em termos de forma, orientação e espaçamento entre os edifícios e em seguida, obtém-se recomendações para os componentes construtivos, como tamanho e posição de aberturas, características térmicas de paredes e coberturas, etc..

### **3. VANTAGENS E LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE MAHONEY**

Atualmente, as Tabelas de Mahoney têm sido pouco utilizadas, aparecendo ocasionalmente em trabalhos apresentados em congressos e alguns cursos de pós-graduação no país. Dentre as limitações da metodologia, podemos citar:

- a) Foi desenvolvida para climas quentes, como se pode depreender dos indicadores. Ainda que grande parte dos climas brasileiros se enquadre nesta categoria, uma área significativa do país apresenta climas com características de temperado a frio, para os quais é necessário o desenvolvimento de indicadores adequados;
- b) Foi desenvolvida para fornecer diretrizes práticas a empreiteiros. Não havia a intenção de ser uma ferramenta de pesquisa para o enfoque da dimensão bioclimática da arquitetura;
- c) Em seu formato original, aplicava-se a edifícios escolares, tendo sido adaptada para a habitação popular. Aplicações relativas a outras tipologias devem ser feitas com cautela. Os conceitos envolvidos aplicam-se a edifícios sem ar-condicionado, que maximizem o uso de estratégias passivas de aquecimento e resfriamento;
- d) O estabelecimento dos limites de TMA, dos grupos higrométricos e das faixas de temperaturas de conforto não ficou claramente explicado. Por exemplo, o método não estabelece claramente o procedimento a ser adotado quando um valor de TMA ou de umidade relativa média coincide com o valor limítrofe entre duas categorias. Recentemente, a pesquisa brasileira tem tentado aperfeiçoar estes pontos da metodologia, utilizando os recursos da teoria dos sistemas nebulosos (CHENG, 1999; HARRIS, 1999; HARRIS e CHENG, 1999; HARRIS et alii, 2000).

Apesar destas limitações, segundo EVANS (1999), a metodologia apresenta algumas vantagens didáticas, necessárias para qualquer ferramenta de projeto com enfoque bioclimático:

- a) Clareza: apresenta um processo explícito, conjugando dados climáticos, análise de conforto térmico e indicação de estratégias bioclimáticas;
- b) Velocidade: as tabelas podem ser preenchidas rapidamente, contando inclusive com versões computacionais - Arqitrop (Brasil) e Archipak (Austrália). Elas podem, também, ser implementadas através de planilhas eletrônicas (veja-se, por exemplo, a que está disponível em <http://www.hdm.lth.se/aee/tools/Mahoney.xls>).
- c) Dados de entrada simplificados e padronizados: a análise é feita a partir de dados geralmente disponíveis para muitos centros urbanos, inclusive em nível mundial, já que se baseia em dados da rede meteorológica mundial, gerados e tratados segundo um mesmo procedimento por todas as estações climatológicas participantes da rede.
- d) Praticidade: produz recomendações relativas a componentes construtivos.

O método de Mahoney foi incorporado ao projeto de norma técnica brasileira sobre conforto térmico, que está atualmente em fase de discussão e votação (RORIZ et alii, 1999).

#### 4. METODOLOGIA E RESULTADOS PRELIMINARES

Para o estabelecimento da classificação utilizada no zoneamento, foram usados os dados climatológicos mensais de temperatura média das máximas e das mínimas, umidade relativa média e pluviosidade, referentes a 79 cidades do estado, disponíveis nas normais climatológicas (BRASIL, 1992), acrescidos dos dados de outras 12 cidades no entorno do estado de Minas Gerais. Foi montado um algoritmo computacional das Tabelas de Mahoney, na linguagem do programa *MatLab*, cujos parâmetros de entrada foram os dados descritos acima e o parâmetro de saída foi um vetor de 22 posições *booleanas* (0 ou 1) para cada uma das cidades analisadas. Cada uma destas posições corresponde a uma recomendação arquitetônica do método de Mahoney, aplicável (1) ou não (0).

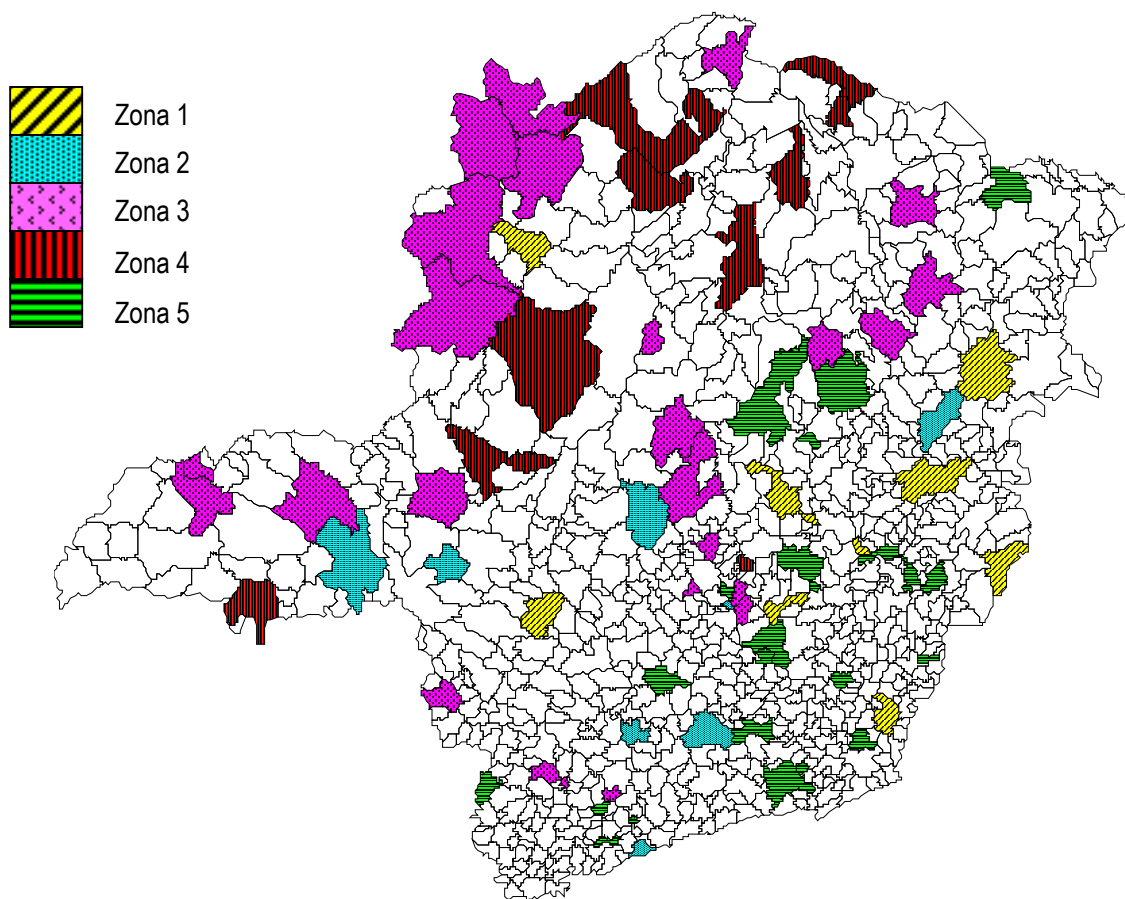
**Tabela 1 - Vetores-resumo das recomendações arquitetônicas**

zona	Recomendações																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
2	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0
3	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
4	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1
5	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0

As posições dos vetores correspondem às seguintes recomendações: **planta de situação:** 1) construções orientadas segundo eixo longitudinal leste-oeste, a fim de diminuir a exposição ao sol; 2) plantas compactas com pátios internos; **espaçamento entre construções:** 3) grandes espaçamentos para favorecer a penetração do vento 4) como anterior, mas com proteção contra vento quente ou frio; 5) distribuição compacta; **circulação de ar:** 6) construções com orientação simples, aberturas que permitam circulação de ar permanente; 7) Construções com orientação dupla, circulação de ar cruzada, aberturas de ar controláveis; 8) Basta renovação higiênica do ar; **dimensões das aberturas:** 9) grandes: 40% a 80% das fachadas norte e sul; 10) médias: 25% a 35% da superfície das paredes; 11) Pequenas: 15% a 25% da superfície das paredes; 12) Muito pequenas: 10 a 20% das paredes; 13) médias: 25% a 35% da superfície das paredes (com indicador A3); **posição das aberturas:** 14) aberturas nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento; 15) como anterior, mas também aberturas nas paredes internas; **proteção das aberturas:** 16) proteger da insolação direta; 17) proteger da chuva; **paredes e pisos:** 18) construções leves, baixa inércia térmica; 19) construções maciças, atraso térmico superior a 8 horas; **cobertura:** 20) leve (pouca inércia), superfície refletora, uso de câmara de ar; 21) leve e bem isolada; 22) maciça, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas.

Após aplicar as Tabelas de Mahoney para estas 79 cidades mineiras, verificou-se a ocorrência de 13 grupos de cidades, onde as 22 recomendações resultaram iguais. Sendo este número de grupos considerado excessivo para definir o zoneamento, as cidades foram, então, reagrupadas, através da comparação entre as características dos 13 grupos, resultando em 5 grupos (ou seja, zonas bioclimáticas) mostrados na figura 1. Os critérios de reagrupamento foram:

- Grupos que continham até 2 cidades foram reagrupados a um grupo maior de cidades pela característica de maior semelhança possível (recomendações iguais);
- Os resultados das recomendações arquitetônicas na comparação para reagrupamento não podem ser contraditórios, especialmente no que diz respeito a: dimensões das aberturas (9, 10, 11, 12 e 13); tipo de paredes (18 e 19) e coberturas (20, 21 e 22);
- No caso destas cidades, observou-se que as maiores diferenças de resultado para reagrupamento ocorriam no item de proteção das aberturas (16 e 17). Em todos os casos ocorreu a recomendação de proteção contra insolação direta (16), mas nem sempre ocorreu a recomendação de proteção contra a chuva (17). Para efeito de reagrupamento, a recomendação número 17 não foi considerada como contradição, assim, se 2 grupos de cidades somente diferiam quanto a esta recomendação, eles foram agrupados. Note-se que este critério não pode ter aplicação generalizada, como os demais, pois é um resultado específico deste grupo de cidades mineiras;
- Recomendações para tipo de coberturas com isolamento térmico (21) ou com câmara de ar e superfície refletora (20) foram consideradas semelhantes.



**Figura 1 – Zoneamento bioclimático preliminar para as cidades com dados meteorológicos. O resultado de classificação de cada cidade (sede) foi estendido para o seu município.**

As recomendações arquitetônicas baseadas nas Tabelas de Mahoney para cada zona bioclimática identificada são descritas a seguir:

**Zona 1: Implantação:** edificação orientada no eixo leste-oeste para reduzir exposição ao sol; **Forma:** espaços abertos para penetração de ventilação; **Ventilação:** permanente; **Aberturas:** grandes, 40% a 80% nas paredes N e S; **Posição das aberturas:** paredes N e S na altura do corpo e na direção do vento; **Proteção das aberturas:** excluir exposição direta ao sol, proteção contra chuva quando precipitação mensal média maior que 200 mm; **Paredes e pisos:** leves (baixa inércia térmica); **Coberturas:** leves (baixa inércia térmica), câmara de ar e superfície refletiva; **Tratamento da superfície externa:** sem recomendação específica.

**Zona 2: Implantação:** edificação orientada no eixo leste-oeste para reduzir exposição ao sol; **Forma:** espaços abertos para penetração de ventilação, mas proteger de vento frio/quente; **Ventilação:** permanente; **Aberturas:** média, 25% a 40% da área das paredes; **Posição das aberturas:** paredes N e S na altura do corpo e na direção do vento; **Proteção das aberturas:** excluir exposição direta ao sol, proteção contra chuva; **Paredes e pisos:** leves (baixa inércia térmica); **Coberturas:** leves (baixa inércia térmica), bem isolada; **Tratamento da superfície externa:** sem recomendação específica.

**Zona 3: Implantação:** edificação orientada no eixo leste-oeste para reduzir exposição ao sol; **Forma:** espaços abertos para penetração de ventilação, mas proteger de vento frio/quente; **Ventilação:** permanente; **Aberturas:** média, 25% a 40% da área das paredes; **Posição das aberturas:** paredes N e S na altura do corpo e na direção do vento; **Proteção das aberturas:** excluir exposição direta ao sol, proteção contra chuva; **Paredes e pisos:** pesadas (mais de 8 horas de atraso térmico); **Coberturas:** leves (baixa inércia térmica), bem isolada; **Tratamento da superfície externa:** sem recomendação específica.

**Zona 4: Implantação:** edificação orientada no eixo leste-oeste para reduzir exposição ao sol; **Forma:** espaços abertos para penetração de ventilação, mas proteger de vento frio/quente; . No caso de grandes amplitudes térmicas durante o ano ou estação, usar planejamento compacto com átrio aberto; **Ventilação:** permanente; Para estações muito secas, ventilação higiênica é suficiente; **Aberturas:** composta, 20% a 35% da área das paredes; **Posição das aberturas:** paredes N e S na altura do corpo e na direção do vento; **Proteção das aberturas:** excluir exposição direta ao sol, proteção contra chuva quando precipitação mensal média maior que 200 mm; **Paredes e pisos:** pesadas (mais de 8 horas de atraso térmico); **Coberturas:** pesadas (mais de 8 horas de atraso térmico); **Tratamento da superfície externa:** sem recomendação específica.

**Zona 5: Implantação:** edificação orientada no eixo leste-oeste para reduzir exposição ao sol; **Forma:** espaços abertos para penetração de ventilação, mas proteger de vento frio/quente; **Ventilação:** permanente; **Aberturas:** grandes, 40% a 80% nas paredes N e S; **Posição das aberturas:** paredes N e S na altura do corpo e na direção do vento; **Proteção das aberturas:** excluir exposição direta ao sol, proteção contra chuva quando precipitação mensal média maior que 200 mm; **Paredes e pisos:** leves (baixa inércia térmica); **Coberturas:** leves (baixa inércia térmica), bem isolada **Tratamento da superfície externa:** sem recomendação específica.

## 5. INTERPOLAÇÃO DOS RESULTADOS PRELIMINARES

O estado de Minas Gerais possui 853 municípios, das quais, como se viu, apenas 79 possuem estações meteorológicas operando, geralmente localizadas nas respectivas sedes. Desta forma, os resultados preliminares obtidos necessitam ser interpolados para as outras cidades. Para gerar os critérios de interpolação, tentou-se estabelecer correlações entre os resultados obtidos nas 79 cidades e variáveis tais como a classificação climática da cidade e sua altitude. Observou-se que a classificação bioclimática não tinha relação aparente com a classificação climática de Köppen para o território do estado de Minas Gerais. Atualmente está sendo desenvolvido um algoritmo computacional para a interpolação de dados climáticos no território do estado, sendo implementada a metodologia descrita por RORIZ (1999) e RORIZ et alii (1999), que considera a altitude. Os resultados serão comparados aos dos algoritmos de interpolação comuns, disponíveis nos programas de geoprocessamento.

O estado será dividido em uma malha com tamanho estimado de 1000 células, cujos dados climáticos serão interpolados a partir dos dados disponíveis. Ao todo serão gerados 48 mapas de interpolação, correspondendo à variação mensal das quatro variáveis climáticas descritas no item 4. Este procedimento permitirá trabalhar com um zoneamento independente do limite do município. Objetivando uma confiabilidade maior para os dados resultantes, serão considerados dados de estações meteorológicas de mais 12 cidades próximas à fronteira do estado, melhorando a interpolação na região de contorno da área estudada.

Os dados climáticos interpolados para cada célula constituirão os dados de entrada do algoritmo descrito no item 4, que está sendo complementado para realizar automaticamente o reagrupamento dos vetores obtidos para cada célula, segundo os critérios descritos anteriormente. Com base neste reagrupamento, será gerado um mapa semelhante ao da figura 1, em que a divisão política dos municípios aparecerá apenas como referência. Uma vez estabelecido o zoneamento bioclimático, serão estudados os conjuntos de soluções típicas descritos na introdução do artigo, com base nas recomendações arquitetônicas extraídas da metodologia.

**Agradecimento.** Agradecemos à CEMIG e ao programa FIP/PUC-Minas que conjuntamente financiam o projeto.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers - ASHRAE (1997). *ASHRAE Handbook of Fundamentals*. Atlanta: ASHRAE.
- ASSIS, E. S. (2001) Método integrado para análise climática em arquitetura aplicado à cidade de Belo Horizonte, MG In: VI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Pedro. *Anais Eletrônicos*. Campinas: Roriz, M. e Labaki, L. C, eds, p. 1-8.

- BEDFORD, T. (1961). Researches on thermal comfort, *Ergonomics*, 4, (4), 280-310.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Dep. Nacional de Meteorologia (1992). *Normais Climatológicas* (1961-1990). Brasília: DNMET.
- CHENG, L.Y. (1999) A teoria de sistema nebulosos e as informações subjetivas de conforto ambiental. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais Eletrônicos*. Fortaleza: Lima, M. A., ed.
- EVANS, J. M. (1999) From meteorological data to bioclimatic design - 30 years of the Mahoney Tables. In: 16<sup>th</sup> CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE (PLEA), Brisbane. *Electronic Proceedings*.
- GONÇALVES, W.B. (2000) *Estudo de índices de conforto térmico avaliados com base em população universitária na região metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 241 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais.
- GONÇALVES, W. B. et alii. (2001) Estudo de índices de conforto térmico para Belo Horizonte - MG, com base em pesquisa de população universitária. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais Eletrônicos*. São Pedro: Roriz, M. e Labaki, L. C, editores, p. 1-10.
- ISO (1995). International Organization for Standardization. *Standard 10551: Ergonomics of thermal environment - assessment of influence of thermal environment using subjective judgement scales*. Genebra: International Standardization Organization.
- HARRIS, A. (1999) *Metodologias baseadas na Teoria dos Sistemas Nebulosos (Fuzzy Systems Theory) para o tratamento das informações subjetivas do Projeto Arquitetônico*. São Paulo, 160p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- HARRIS, A. et alii. (2000) Remodelagem dos grupos climáticos dos "Quadros de Mahoney" utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL NUTAU 2000 – TECNOLOGIA & DESENVOLVIMENTO; 5º Congresso Ibero-americano de Energia Solar. *Anais Eletrônicos*. São Paulo: NUTAU/FAU-USP, trabalho no. 172.
- HARRIS, A. e CHENG, L.Y. (1999). A inferência nebulosa aplicada à análise de dados na avaliação pós-ocupação. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, *Anais Eletrônicos*. Fortaleza: Lima, M. A., ed.
- HUMPHREYS, M. A (1975). Field studies of thermal comfort compared and applied. Physiological Requirements on the Microclimate, Prague. *Journal of The Institution of Heating and Ventilating Engineers*, nº 44, p.5-27.
- KOENIGSBERGER, O. H., INGERSOLL, T. G., MAYHEW, A. and SZOKOLAY, S. V., (1974). *Manual of Tropical Housing and Building*, Part 1: Climatic Design. London: Longmans.
- KOENIGSBERGER, O. et al. (1977). *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madri: Paraninfo.
- MASCARÓ, L. R. (1983). *Luz, clima e arquitetura*. São Paulo: Nobel.
- ORGANIZAÇÃO das Nações Unidas - ONU (1971). *Climate and House Design: Design of Low-cost Housing and Community Facilities*, Volume 1, New York: United Nations.
- RORIZ, M. (1999). Um método para interpolação de dados climáticos. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais Eletrônicos*. Fortaleza: Lima, M. A., ed.
- RORIZ, M. et alii (1999). Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais Eletrônicos*. Fortaleza: Lima, M. A., ed.