

DIRETRIZES BIOCLIMÁTICAS PARA O PLANEJAMENTO URBANO A PARTIR DA APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE ANÁLISE DO CLIMA LOCAL

G. M. Barbirato, S. C. Torres, I. C. S. Passos e R. V. R. Barbosa

RESUMO

A presente investigação busca destacar a importância da adequada concepção de espaços a partir de diretrizes climáticas para o planejamento urbano. Assim, apresenta-se um estudo de caso em duas cidades de pequeno porte do Nordeste brasileiro, no interior do estado alagoano. Diante da carência de dados históricos foram aplicadas e adaptadas as metodologias de caracterização climática: *Ano Climático de Referência*, *Dias Típicos de Projeto*, *Recomendações de Projeto – Método de Mahoney* e *Carta Bioclimática de Givoni*. O tratamento estatístico de dados coletados em estações locais e a análise das metodologias citadas permitiram a identificação do perfil climático das cidades estudadas, proporcionando a obtenção de diretrizes bioclimáticas para adequação dos assentamentos construtivos. Foi possível constatar que a atual configuração urbana e os padrões construtivos adotados nas edificações presentes nas cidades correspondem, de uma maneira geral, a modelos inapropriados em relação às solicitações climáticas locais, apontando para a necessidade de requalificação dos espaços construídos.

1 INTRODUÇÃO

É de fundamental importância para o planejador urbano conhecer as variáveis climáticas que atuam sobre determinado sítio, de modo que todos os fatores e elementos climáticos possam ser aproveitados da melhor forma no projeto dos espaços, em benefício do homem. Nesse sentido, a climatologia aplicada constitui-se em importante ferramenta capaz de auxiliar no planejamento urbano com vistas à obtenção de equilíbrio entre o desenvolvimento e a observação das premissas ambientais – necessárias tanto para o meio ambiente, quanto para o homem (Higuera, 2006). Nesse contexto, os dados climáticos representam importante fonte de informações para o planejador urbano.

No Brasil, os dados sobre o clima local são, geralmente, de difícil acesso e, quando disponíveis, não são tratados para uso em projetos de arquitetura ou em planejamento das cidades. Essa problemática compromete o uso das poucas informações disponíveis, as quais acabam sendo subutilizadas pelos arquitetos e urbanistas (Goulart *et al.*, 1998).

Essa questão torna-se ainda mais evidente em Alagoas, estado localizado na Costa Leste do Brasil, onde a carência de dados climáticos e a dificuldade de acesso aos poucos dados existentes constituem os principais entraves no desenvolvimento de pesquisas e na atuação eficiente dos profissionais ligados à área de planejamento urbano. Em cidades de menor porte, situadas no interior do estado, a inexistência de dados climáticos faz com que os parâmetros para projetos de arquitetura e para o desenho urbano sejam pautados nos dados

climáticos da capital, Maceió. Esse procedimento leva à generalização das recomendações de projeto e de planejamento, distorcidas da realidade do clima local.

Em contraponto à essa realidade, a intensa expansão urbana observada nos últimos anos em algumas cidades do interior do estado e a obrigatoriedade da implantação de Planos Diretores Municipais para cidades da região metropolitana ou com população superior à 20 mil habitantes, justificam a necessidade de informações climáticas locais que auxiliem, de forma efetiva, no planejamento urbano e de edificações no que tange à adequação ao clima local.

Diante disso, o presente trabalho apresenta um estudo de caso no qual foram analisados dados climáticos de duas cidades localizadas no interior do estado de Alagoas – Arapiraca e Palmeira dos Índios – a fim de obter diretrizes bioclimáticas para o planejamento urbano. O estudo pretende contribuir para a diminuição do distanciamento entre o conhecimento científico e as atividades técnicas ligadas ao planejamento ambiental e urbano, a partir da difusão de metodologias para o entendimento climático como forma de subsidiar o planejamento urbano.

2 METODOLOGIA

2.1 Métodos de Análise Climática

Os métodos de tratamento e de análise de dados climáticos com o objetivo de indicar estratégias bioclimáticas constituem ferramentas importantes para o planejamento das cidades, pois representam um bom indicativo de quais soluções arquitetônicas e urbanas são mais adequadas ao clima local.

Dentre os diversos métodos de análise climática existentes, foram escolhidos os seguintes: “Ano Climático de Referência” e “Dias Típicos de Projeto” (Stamper, 1977), “Recomendações de Projeto – Método de Mahoney” (Naciones Unidas, 1973), “Carta Bioclimática de Givoni” (Givoni, 1992) e tratamento estatístico dos dados, a fim de caracterizar climaticamente as cidades e extrair, informações climáticas úteis ao planejamento urbano.

O método do Ano Climático de Referência ou *Test Reference Year* - TRY, consiste na determinação de um ano representativo, a partir de uma série histórica de dados climáticos. O ano climático de referência é usado em diversos programas de simulação computacional para cálculo de consumo de energia ou para determinação de estratégias bioclimáticas, como é o caso do *software* Analysis BIO v.2.1.3 (LABEEE, 2007).

O dia típico de projeto, por sua vez, é usado em diversos estudos como base de recomendações projetuais, a fim de obter o conforto térmico dos usuários no interior das edificações. O dia típico de projeto é estimado a partir de médias de temperatura do ar calculadas para o período de verão e de inverno, a partir das quais é identificado um único dia com características climáticas próximas dos valores médios, o qual é denominado “dia típico”, de inverno ou de verão.

O método das tabelas de Mahoney foi desenvolvido inicialmente em 1969, quando o arquiteto Carl Mahoney foi incorporado a uma equipe de arquitetos cuja função era elaborar diretrizes para o projeto de escolas secundárias na Nigéria. O objetivo de

Mahoney com as tabelas era saber como a arquitetura deveria mudar em resposta às variações climáticas daquele país. Além disso, Mahoney propunha saber em qual região geográfica se aplicam as recomendações desenvolvidas através da análise do clima.

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. Essa comparação permite identificar grupos de problemas climáticos dominantes e, para cada grupo, obter recomendações técnicas de projeto.

O programa *Analysis Bio* (LABEEE, 2007) permite obter as estratégias de projeto adequadas para melhor adaptar a edificação ao clima local, por meio da avaliação de dados climáticos inseridos sobre uma Carta Bioclimática (Givoni, 1992). O procedimento consiste, basicamente, em inserir os dados de temperatura e umidade do ar de um ano típico sobre a carta bioclimática com a finalidade de visualizar a distribuição dos dados climáticos nas diferentes zonas da Carta, calculando a porcentagem de horas do ano em que cada estratégia bioclimática é mais apropriada. O programa é baseado na Carta Bioclimática proposta por Givoni (1992), para países em desenvolvimento, e que usa dados climáticos das 8760 horas de um ano típico – o TRY (LABEEE, 2007).

Os dados climáticos também podem ser tratados a partir da Estatística Descritiva que consiste em interpretar uma determinada base de dados, extraindo dela informações úteis e de fácil leitura (Goulart *et al.*; 1998). Esta técnica é aplicada a partir de cálculos usuais próprios da estatística.

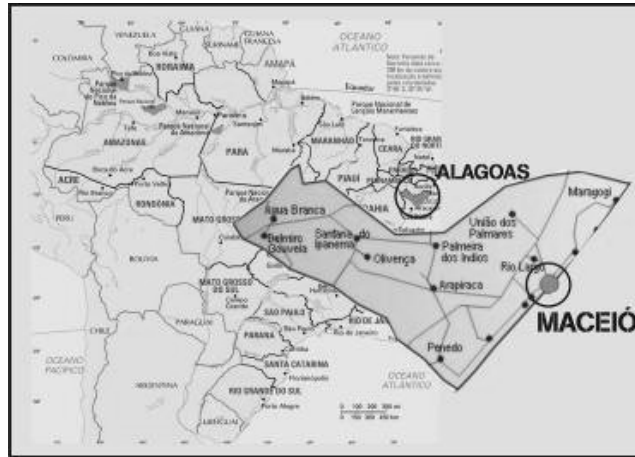
2.2 Procedimentos metodológicos

As metodologias de avaliação climática foram aplicadas a partir da tipologia de dados climáticos disponíveis para estudo. A análise climática, portanto, foi realizada por meio da aplicação de duas ou mais metodologias para a identificação de diretrizes bioclimáticas.

Nas duas cidades avaliadas – Arapiraca e Palmeira dos Índios – foram coletados dados climáticos de temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, junto a estações climáticas locais mantidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Os dados coletados foram tratados por meio de análise estatística, a partir da qual obtiveram-se médias anuais, mensais e diárias, as quais foram usadas no presente estudo.

3 CIDADES EM ESTUDO

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o estado de Alagoas, localizado no Nordeste brasileiro, ocupa uma área de 27.767, 661 km² e está limitado a Norte pelo estado de Pernambuco, a Leste pelo Oceano Atlântico, a Sul pelo estado de Sergipe e a Noroeste pelo estado da Bahia. Situa-se entre as latitudes 8°48'52'' e 10°30'28'' Sul e longitudes 35°09'09'' e 38°14'15'' Oeste, e divide-se político-administrativamente em 102 municípios (Figura 1).



**Fig.1 Localização do Estado de Alagoas (Brasil), com destaque para a capital Maceió.
Fonte: PASSOS, 2009.**

O estado de Alagoas possui três regiões climáticas ou mesorregiões, classificadas de acordo com a intensidade e a distribuição espacial da precipitação anual: Leste Alagoano, Agreste Alagoano e Sertão Alagoano (Lins, 2006). Entretanto, apesar do clima ser classificado como quente e úmido, a distribuição irregular das chuvas ocasiona diferenças significativas no clima de municípios localizados em mesorregiões diferentes e até mesmo na mesma mesorregião. As cidades escolhidas para o presente trabalho foram Palmeira dos Índios e Arapiraca, ambas localizadas na mesma Mesorregião Climática do Agreste Alagoano.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Palmeira dos Índios: Análise Estatística e Ano Climático de Referência

Para a cidade de Palmeira dos Índios foram analisados dados de 1997 a 2006. Antes de aplicar a metodologia Ano Climático de Referência (*Test Reference Year –TRY*) foi necessário realizar a análise estatística dos dados climáticos da cidade.

As temperaturas médias mensais, do período analisado, apresentaram variação anual entre 22,1 °C e 29,0°C. Os valores de temperatura se apresentaram menos elevados entre os meses de abril a agosto e mais elevados entre os meses de setembro a março. A máxima temperatura média (29,0°C) ocorreu no mês de fevereiro de 1998 e a mínima temperatura média (22,1°C) mensal em julho e agosto de 2005 (Figura 2).

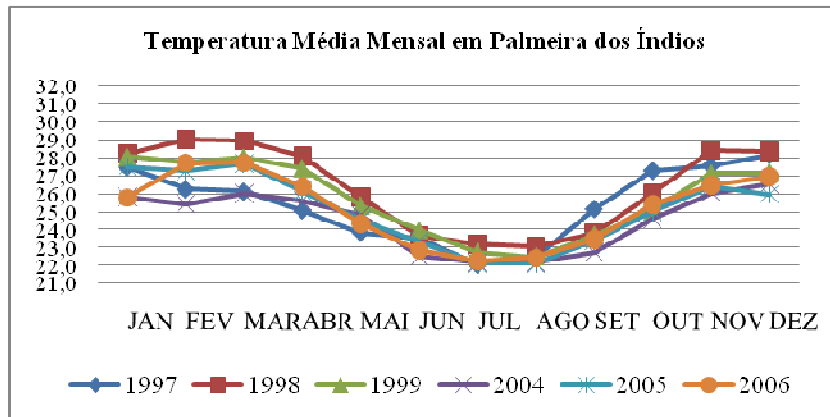


Fig. 2 Gráfico das temperaturas médias mensais ao longo dos anos em Palmeira dos Índios. Fonte: INMET, 2008.

A amplitude térmica diária também foi analisada ao longo dos meses. As maiores amplitudes médias diárias ocorreram no mês de dezembro (período de verão), ao tempo que as menores amplitudes foram constatadas no mês de agosto (Figura 3).

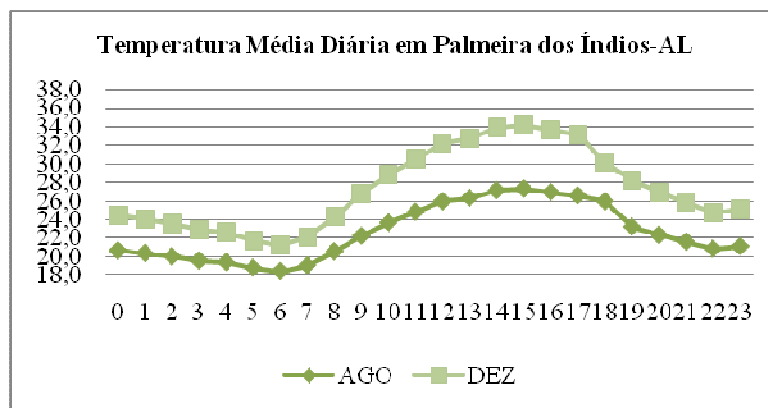


Fig. 3 Gráfico de temperatura média diária em Palmeira dos Índios nos meses de agosto e dezembro. Fonte: INMET, 2008.

Quanto à precipitação, observou-se que há uma concentração das chuvas entre os meses de abril e julho (período denominado quadra chuvosa) sendo a média mensal máxima de 150 mm, em junho, e a menor média mensal de 7,2 mm, no mês de novembro.

Após análise Estatística Descritiva, foi utilizada a metodologia do Ano Climático de Referência (*Test Reference Year – TRY*) para determinar, a partir das séries históricas disponíveis, um ano climático representativo para cada localidade – segundo a metodologia descrita por Goulart *et al.* (1998).

Dessa forma, foi elaborada a tabela com as médias mensais de cada ano. Em seguida, foram excluídos da tabela os anos com valores extremos de temperatura do ar até restar apenas um ano – indicado com ano representativo para a cidade. No caso de Palmeira dos Índios, o ano indicado foi o de 2002, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 Médias de temperatura do ar mensais por ano no município de Palmeira dos Índios e o seu ano climático de referência: 2002.

PALMEIRA DOS ÍNDIOS												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1997	26,9	25,5	25,5	24,6	23,3	22,8	21,8	22,0	24,1	26,7	26,9	27,0
1998	26,5	28,1	28,4	27,0	24,4	22,9	22,4	22,2	23,0	25,0	27,3	27,1
1999	27,1	26,0	26,8	26,0	24,1	23,2	22,1	21,7	22,8	23,1	26,1	26,8
2002	25,0	25,0	25,7	25,3	24,2	22,6	22,8	22,6	24,0	24,9	26,3	27,0
2003	28,0	26,8	27,0	26,5	25,3	22,8	22,5	23,1	24,0	24,9	26,3	27,0
2004	26,2	25,6	26,4	26,0	25,1	22,9	22,6	22,7	23,4	25,2	26,8	27,0
2005	28,1	27,8	28,4	26,5	25,0	23,3	22,7	22,5	24,0	25,8	27,3	26,5
2006	26,5	28,5	28,5	27,0	24,8	23,2	22,7	23,0	24,1	26,2	27,2	27,4
2007	28,0	27,5	25,5	25,5	24,5	23,4	22,6	22,3	22,9	24,6	26,4	26,6

4.2 Palmeira dos Índios: Dias Típicos de Projeto e Carta Bioclimática de Givoni

Para a aplicação desta metodologia foram utilizados dados horários de temperatura do ar do ano de 2008 para a cidade de Palmeira dos Índios, do qual havia o registro de dados horários através de estações automáticas implantadas em 2007. Os dias típicos de verão e de inverno foram calculados conforme a metodologia de Sattler (1989). Em seguida, os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram plotados na Carta Bioclimática de Givoni.

Para o dia típico de verão, 48% das horas foram consideradas confortáveis, 52% desconfortáveis por calor e 4% por frio. Para as horas em desconforto por calor, as estratégias recomendadas foram: massa térmica para resfriamento para 24% das horas e resfriamento evaporativo para 28% das horas. Para 4% das horas desconfortáveis por frio recomendou aquecimento artificial (Figura 4).

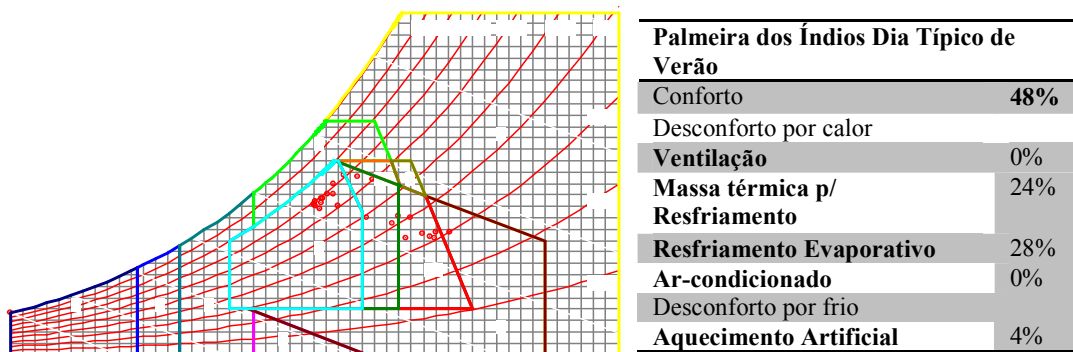


Fig. 4 Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de verão, para a cidade de Palmeira dos Índios e horas de conforto e desconforto resultantes.

No dia típico de inverno, apenas 4% das horas foram consideradas em conforto, sendo 40% consideradas desconfortáveis por calor, para as quais se recomenda a ventilação e 56% das horas, desconfortáveis por frio, para as quais se recomenda a massa térmica com aquecimento solar e o aquecimento artificial.

Verificou-se, na análise do dia típico de projeto, a ocorrência de desconforto térmico por frio, o que não havia sido identificado na análise relativa ao Ano Climático de Referência. Considera-

se, portanto, que a análise do Dia Típico foi importante para identificar a demanda por utilização de estratégias para verão e para inverno em Palmeira dos Índios (Figura 5).

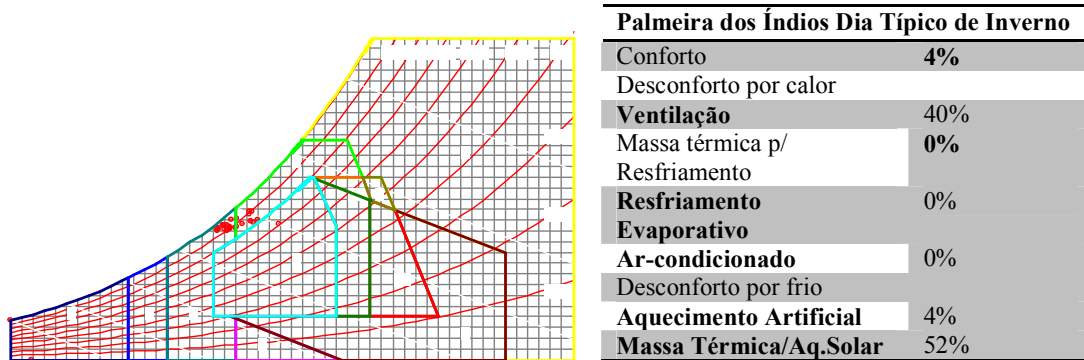


Fig. 5 Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis Bio (LABEEE, 2007) com dados do dia típico de inverno, para a cidade de Palmeira dos Índios e horas de conforto e desconforto resultantes.

Em relação à análise do ano climático de referência determinado para a cidade de Palmeira dos Índios (ano de 2002, conforme descrito anteriormente), os resultados mostraram maior porcentagem de horas em conforto térmico: 35,3%, sendo 63,7% das horas desconfortáveis por calor e 1,01% desconfortável por frio (Figura 6).

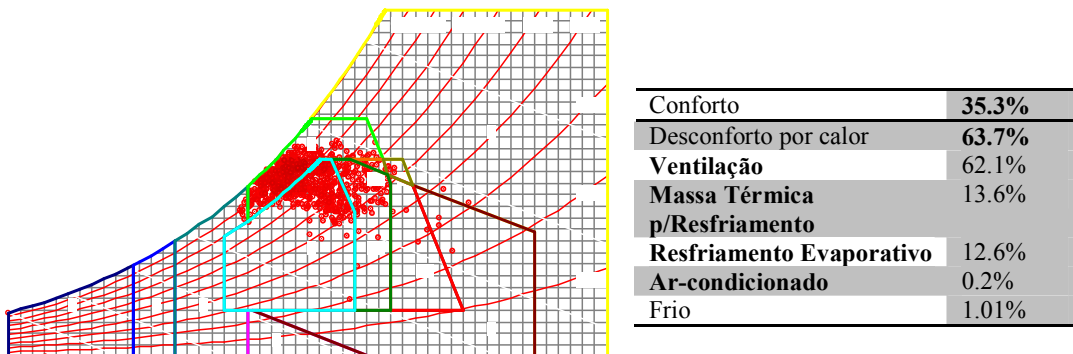


Fig. 6 Carta Bioclimática gerada para Palmeira dos Índios contendo dados do ano climático de referência determinado (2002).

Dentre as estratégias recomendadas estão: ventilação natural para 62,1% das horas, massa térmica para resfriamento em 13,6% das horas, resfriamento evaporativo para 12,6% e ar-condicionado para 0,2%.

4.3 Arapiraca : Método de Mahoney e Carta Bioclimática de Givoni

A avaliação da cidade de Arapiraca foi caracterizada por uma problemática diferenciada da cidade de Palmeira dos Índios, pois a mesma não apresenta registro de dados climáticos históricos horários para a aplicação das metodologias de Ano Climático de Referência e dia Típico de Projeto. Desta maneira, foi necessária a diferenciação dos procedimentos metodológicos para a obtenção das diretrizes bioclimáticas.

Mediante o exposto, foi utilizada a metodologia de avaliação climática pelo método de Mahoney, utilizando-se dados referentes a valores médios mensais das principais variáveis

climáticos locais coletados por estação meteorológica experimental de Arapiraca (período de 1984 a 1992), fornecidos pela EPEAL – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Alagoas S/A. Os dados médios mensais de temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar e pluviosidade foram utilizados para a obtenção da tabela referente a uma caracterização média anual.

A análise climática apontou para uma caracterização de clima composto definido por duas estações de comportamento térmico diferenciado. Os meses de novembro a fevereiro correspondem ao período de ocorrência de menores índices de umidade relativa, coincidindo com altas amplitudes térmicas diárias (valores superiores a 10°C) e baixa pluviosidade. Este período pode ser denominado como uma estação quente e seca (período correspondente ao final da primavera e aos meses de verão – classificação G3). Nos demais meses do ano a umidade relativa do ar apresentou valores elevados (superiores a 70%), caracterizando período que pode ser denominado quente e úmido (março a outubro), com variações da amplitude térmica diária entre 7°C a 10°C.

A avaliação do rigor térmico a partir do diagnóstico das condições e dos limites de conforto aponta para situações de desconforto térmico durante o período diurno (sensação térmica de calor), exceto no mês de julho; e situações de conforto térmico no período noturno em todos os meses do ano, exceto no mês de março. Este resultado indicou que a amplitude térmica diária é um fator relevante na definição de estratégias arquitetônicas bioclimáticas, pois a situação de conforto noturno decorrente do comportamento térmico ameno das variáveis climáticas locais pode ser prolongada durante o dia com a utilização de componentes arquitetônicos e urbanos baseados nos princípios de adequação bioclimática. Esses componentes são destacados no próprio quadro de recomendações apontado pelo método de Mahoney (Tabela 2).

Tabela 2 Síntese do diagnóstico das condições de rigor térmico em Arapiraca-AL

TEMPERATURA (°C)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MÁXIMAS MÉDIAS MENSAIS		32,56	33,01	33,64	29,85	29,65	27,7	26,56	27,62	28,45	30,8	32,67	33,0
CONFORTO DIURNO	MÁXIMO	29	29	27	27	27	27	27	27	27	27	29	29
	MÍNIMO	23	23	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23
MÍNIMAS MÉDIAS MENSAIS		21,26	21,46	21,8	19,71	20,52	18,9	19,14	18,51	19,6	20,63	20,53	20,35
CONFORTO NOTURNO	MÁXIMO	23	23	21	21	21	21	21	21	21	21	23	23
	MÍNIMO	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
RIGOR TÉRMICO	DIA	Q	Q	Q	Q	Q	Q	C	Q	Q	Q	Q	Q
	NOITE	C	C	Q	C	C	C	C	C	C	C	C	C
UMIDADE RELATIVA MÉDIA (%)		64,02	66,59	71,46	75,07	77,59	81,48	83,02	81,76	76,9	71,86	65,86	64,18
GRUPO DE UMIDADE		G3	G3	G4	G4	G4	G4	G4	G4	G4	G4	G3	G3
PLUVIOSIDADE(mm)		44,21	43,31	80,06	153,31	104,00	131,61	158,13	80,48	60,98	18,80	18,23	31,05
CLASSIFICAÇÃO GERAL		A1	A1	H1	H1	H1	H1	H2	H1	H1	H1	A1	A1

H1 – MOVIMENTO DO AR (INDISPENSÁVEL);
H2 – MOVIMENTO DO AR (CONVENIENTE);
A1 – ARMAZENAMENTO TÉRMICO

De acordo com as recomendações relativas ao projeto de implantação de edificações em sítios urbanos, a análise climática pelo método de Mahoney para adequação climática das edificações locais apontou os seguintes resultados:

- **Posição adequada de edifícios:** disposição em fileira, com aberturas nas paredes norte e sul. Essa recomendação é sugerida devido à identificação da classificação H1 (movimento do ar indispensável) por um período superior a dois meses no ano. Em relação à orientação, deve ser priorizada a orientação na direção dos ventos dominantes. Para a identificação dos ventos predominantes foi realizado estudo a partir de dados coletados na estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), visto que os dados da estação experimental de Arapiraca não apresentavam a caracterização desta variável climática. Os resultados do estudo a partir de dados recentes do último ano (2008/2009) serão apresentados na seção seguinte.

- **Caracterização das aberturas:** os edifícios deverão ter vãos e aberturas médios (entre 25% e 40% da superfície das paredes). De acordo com as recomendações identificadas pelo método essa necessidade deve-se à ocorrência da classificação A1 (armazenamento térmico) por um período inferior a 11 meses e superior a 3 meses no ano.

- **Caracterização das paredes:** os edifícios devem ter paredes externas e internas pesadas, com grande capacidade calorífica. Essa estratégia de projeto é recomendada em decorrência da necessidade de armazenamento térmico A-1 durante um período superior a três meses no ano.

- **Caracterização da cobertura:** os edifícios devem ter coberturas leves, mas isoladas. Essa recomendação é apontada quando ocorre a necessidade de armazenamento térmico A-1 em períodos de até cinco meses ao ano.

Além do método de Mahoney, foi usada a avaliação bioclimática de Givoni (1992) com intuito de obter outras informações sobre o levantamento de estratégias bioclimáticas para o projeto arquitetônico e urbano na cidade de Arapiraca. Esse procedimento objetivou, ainda, conhecer o comportamento de outras variáveis não identificadas a partir da avaliação de dados históricos fornecidos pela EPEAL, como a direção dos ventos predominantes locais.

Implantada em abril de 2008, a estação Arapiraca A353 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2008) irá colaborar para a formação e a consolidação dos estudos de reconhecimento do perfil climático da cidade. Apesar da ausência de dados históricos, foi possível verificar o comportamento térmico das variáveis climáticas a partir do tratamento de dados horários fornecidos por essa estação.

Os dados horários de dois períodos analisados (período 1: primavera-verão e período 2: outono-inverno) foram plotados no Diagrama Bioclimático de Givoni com auxílio do programa computacional *Analysis Bio*, com vistas à identificação de possíveis estratégias bioclimáticas de adequação da arquitetura ao clima local. Os resultados permitiram quantificar a porcentagem de horas situadas na zona de conforto ou fora dela (horas de desconforto) considerando-se as temperaturas na faixa de conforto ($18^{\circ}\text{C} \leq T \leq 29^{\circ}\text{C}$), conforme os limites fixados por Givoni (1992).

Observando a Figura 7 referente à plotagem de dados climáticos horários registrados pela estação Arapiraca A353 (INMET, 2008) correspondente ao período 1 de análise, pode-se notar que é necessário a incorporação de duas estratégias bioclimáticas principais para o enquadramento das condições climáticas na zona de conforto: ventilação e massa térmica. É possível verificar, ainda, um percentual de dados horários que se enquadraram na zona 3, correspondente a necessidade da resfriamento evaporativo para o alcance do conforto.

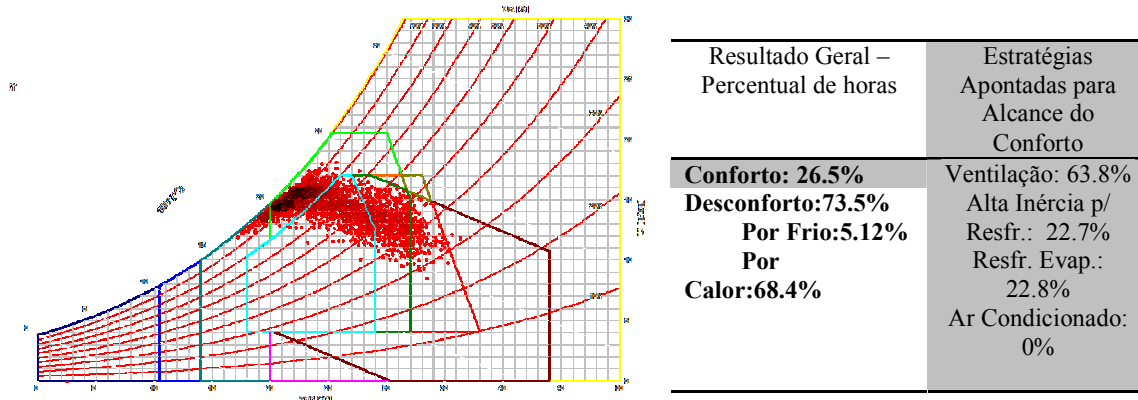


Fig. 7 Resultado da plotagem de dados climáticos horários da estação Arapiraca A353 (INMET) correspondente ao período 1 (primavera-verão).

O resultado encontrado confirma as recomendações de projeto identificadas pelo o método de Mahoney, como a necessidade de promover a ventilação nos espaços edificados, e o uso da inércia térmica. A inércia térmica nos edifícios pode ser alcançada com uso de “paredes externas e internas pesadas, com grande capacidade calorífica” como foi verificado no primeiro método.

O uso da inércia térmica de uma edificação pode diminuir a amplitude da temperatura do ar interior em relação à exterior, evitando os picos térmicos. O calor armazenado na estrutura térmica da edificação durante o dia é devolvido ao ambiente somente à noite, quando as temperaturas externas diminuem. A estrutura térmica resfriada durante à noite mantém-se fria durante a maior parte do dia, reduzindo as temperaturas interiores nesses períodos. Além do uso da massa térmica dos fechamentos, pode-se tirar partido da massa térmica da terra ou de emprego de materiais isolantes nas construções.

A estratégia de ventilação natural destacada no diagrama deve ser recomendada quando a temperatura do interior da edificação ultrapassar os 29°C ou a umidade relativa for superior a 80%. Por isso, é extremamente apropriada a recomendação apontada pelo método de Mahoney com relação à caracterização das aberturas das edificações: vãos e aberturas médios (entre 25% e 40% da superfície das paredes). É importante, ainda, que essas aberturas permitam flexibilidade no controle de entrada de ventos para que possam barrá-los quando os mesmos tornarem-se indesejáveis. Dispositivos como as venezianas móveis são uma boa solução para estas condições.

A análise dos dados do INMET apontou como direção predominante dos ventos locais a incidência proveniente de sudeste e leste, diferenciando-se do comportamento dos ventos na capital do estado, Maceió, onde esses são frequentes nas direções nordeste e sudeste.

Segundo Givoni (1992), em regiões onde a temperatura diurna é maior que 29°C e a umidade relativa é inferior a 60%, o resfriamento convectivo noturno é mais adequado. A ventilação diurna é indesejável nessa situação, pois implica calor adicional a ser armazenado na edificação. Nesse caso, quanto ao uso da ventilação natural e da inércia térmica deve ser destacada a utilização da ventilação noturna para a determinação de condições de conforto térmico interno de edifícios. A massa edificada urbana da cidade, portanto, deve apresentar porosidade capaz de facilitar o aproveitamento da ventilação natural no interior das edificações. Em Arapiraca, verifica-se uma configuração urbana de baixa porosidade, definida, em sua maioria, por edificações geminadas e com poucas aberturas para a recepção e dissipação dos ventos predominantes. Apenas nos bairros mais periféricos pode-se encontrar malha urbana mais dispersa representada por edificações constituídas por aberturas em todas as fachadas. Dessa forma, o estudo aponta a inadequação climática da estrutura urbana da cidade e destaca a necessidade de revisão e modificação dos padrões de uso e ocupação do solo urbano local.

Quanto à estratégia de resfriamento evaporativo apontada no diagrama bioclimático a partir da análise do período 1 dos dados do INMET, correspondendo ao percentual de 22,8% das horas estudadas para o alcance das condições conforto, recomenda-se o uso da vegetação nos espaços externos imediatos das edificações. O uso da arborização urbana é capaz de ampliar o percentual de umidade do ar, proveniente do processo de evapotranspiração realizado durante a fotossíntese, propiciando, assim, amenização térmica local, durante o período de exposição da vegetação à radiação solar. É indispensável, portanto, o uso elementos vegetativos nos espaços urbanos da cidade. O uso do resfriamento evaporativo também pode ser alcançado com a implantação de elementos com água, como fontes e espelhos d'água que também irão possibilitar a umidificação do ar, reduzindo o ganho de energia térmica em ambientes internos e externos.

Sobre esse aspecto, o estudo destaca outra problemática urbana na cidade representada pela ausência de arborização urbana nos logradouros e pela escassez de áreas verdes como estratégia de amenização térmica. Portanto, é importante destacar que os instrumentos de planejamento urbano locais, como o Plano Diretor Municipal e o Código de edificações e urbanismo da cidade, devem revisar e incorporar a especificação dos parâmetros urbanos, como taxa de ocupação e índice de aproveitamento do solo, para que os mesmos possam estimular diferentes padrões de ocupação, baseados nas condições climáticas locais.

5 CONCLUSÕES

Quanto às metodologias aplicadas, verificou-se que a análise feita a partir do Ano Climático de Referência não evidenciou as diferenças climáticas sazonais, visto que essa metodologia prevê a exclusão dos anos em que ocorreram temperaturas extremas, tanto máximas quanto mínimas. Na análise a partir do Dia Típico de Projeto, essas diferenciações ficaram mais claras, evidenciadas pelos níveis de desconforto por calor no verão e por frio no inverno.

As análises a partir da Carta Bioclimática de Givoni e a partir do método de Mahoney apontaram estratégias bioclimáticas para o projeto de edificações e planejamento urbano nas cidades. As estratégias sugeridas por ambos os processos metodológicos foram confirmadas para a cidade de Arapiraca e poderão ser utilizadas em trabalhos futuros nas cidades em estudo. Além disso, o trabalho evidenciou que, apesar de situadas no estado de Alagoas, a caracterização climática das cidades apresentou diferenças em relação ao clima

da cidade de Maceió, capital do estado. Portanto, os conhecimentos a respeito do clima da capital não devem ser generalizados para as demais cidades do estado, o que ocorre freqüentemente.

Verificou-se, ainda, que o atual padrão de configuração urbana não corresponde às estratégias recomendadas pelas metodologias aplicadas, indicando necessidade de requalificação dos espaços e adoção de planejamento urbano adequado ao clima local.

O presente estudo destaca, por fim, a importância da informação climática como critério indispensável para a atividade de planejamento urbano. As metodologias utilizadas a partir dos estudos de caso são exemplos de ferramentas capazes de auxiliar o projetista na identificação de diretrizes de adequação climática e na atividade de avaliação de tipologias de assentamentos construtivos. Embora o enfoque das metodologias utilizadas seja a identificação das estratégias bioclimáticas a partir da caracterização do edifício, é preciso identificá-las para que a proposta de desenho urbano ou projetos de intervenção urbana possam favorecer a incorporação das mesmas. Ou seja, o desenho urbano deve atuar em conformidade com as necessidades de adequação climática dos elementos construtivos da cidade para a minimização dos impactos ambientais e em benefício das condições de conforto térmico dos seus espaços internos e externos.

6 REFERÊNCIAS

Givoni, B. (1992) Comfort climate analysis and building design guidelines, **Energy and Buildings**, 18(1), 11-23.

Goulart, S., Lamberts, R., Firmino, F. (1998) **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**, NPC/UFSC, Florianópolis.

Higueras, E. (2006) **Urbanismo bioclimático**, Gustavo Gili, Barcelona.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2008) **Dados horários: temperaturas, umidade relativa, vento e precipitação das estações meteorológicas de Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**, CD-ROM. (1997-2008).

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2007) **ANALYSIS Bio. Versão 2.1.3**, UFSC – ECV – NPC – LABEEE, Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>

Lins, S. B. (coord.) (2006) **Enciclopédia municípios de Alagoas**, Instituto Arnon de Melo, Maceió.

Naciones Unidas (1973) **El clima y el diseño de casas**. Departamento de Assuntos Económicos y Sociales, Diseño de Viviendas Económicas y Servicios de la Comunidad, Naciones Unidas, Nueva York.

Passos, I. C. S. (2009). **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**, Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

Sattler, M. A. (1989). **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**, CIENTEC, Porto Alegre.

Stamper, E. (1977). Weather data. **ASHRAE journal** 47, Atlanta, GA, february 1977.