

ESTUDOS DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA A CIDADE DE MANAUS

Kelly Loureiro; Joyce Carlo; Roberto Lamberts

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

Núcleo de Pesquisa em Construção, Centro de Tecnológico

Universidade Federal de Santa Catarina

CEP 88040-900 Florianópolis, SC

kelly@labeee.ufsc.br, joyce@labeee.ufsc.br, lamberts@labeee.ufsc.br

RESUMO

As condições climáticas de uma cidade são essenciais para o estudo e a solução de uma edificação ainda na fase de projeto, de modo a garantir uma melhor identificação do edifício com o lugar, considerando o conforto térmico dos indivíduos e a redução no consumo de energia. Para o desenvolvimento de uma carta bioclimática para Manaus, cidade com características de clima equatorial, faz-se necessário um estudo das condições climáticas que orientarão o estudo das estratégias mais adequadas para melhor adaptação das edificações as condições de conforto térmico. Obtiveram-se os dados climáticos horários de um período de 15 anos - 1982 a 1997 - da cidade, registrados na estação meteorológica do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, iniciando-se o tratamento dos dados através de interpolação e conversão de temperaturas. Em seguida, partiu-se para a caracterização do *Test Reference Year* (TRY) ou Ano Climático de Referência e construção da carta bioclimática, utilizando o programa *Analysis Bio*, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LABEEE/UFSC –, que plota os dados de temperatura e umidade sobre uma carta psicrométrica e permite a visualização do comportamento climático da cidade ao longo do ano de referência. Finalmente, apresenta-se a carta bioclimática que fornece as melhores estratégias a serem adotadas pelos arquitetos para a cidade de Manaus. Destacando-se três itens como necessários para conforto térmico nas edificações: ventilação (65,2%), ar condicionado (34,10%) e sombreamento (100%).

Palavras-chave: Carta bioclimática, estratégias bioclimáticas, clima equatorial.

Nesta região destacam-se duas estações: o maior período com precipitação pluvial tem-se o “inverno regional”, compreendendo os meses de janeiro a abril; e o período mais seco “verão amazônico”, de junho a novembro. Nos meses de agosto, setembro e outubro tem-se o menor índice pluviométrico, cuja precipitação não ultrapassa 4% do total anual (AGUIAR apud BONETTI, 1999).

A cidade possui clima quente durante quase todo o ano, porém no inverno ocorre uma sensível diminuição da temperatura durante poucos dias, quando são frequentes as penetrações de frentes frias de origem polar. Este fenômeno denomina-se friagem, período de forte umidade específica e relativa, acompanhado de chuvas frontais, sucedido de tempo bom e extraordinária queda de temperatura que ocorre de junho a agosto (NIMER, 1979).

3. AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA PELO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA

Na década de 60, os irmãos Olgyay aplicaram a bioclimatologia na arquitetura considerando o conforto térmico humano e criaram a expressão “projeto bioclimático” (LAMBERTS et alli, 1997), que se embasava na concepção arquitetônica com o objetivo de buscar por meio de seus próprios elementos as condições favoráveis do clima de modo a satisfazer as exigências de conforto térmico do homem. Desenvolveram então um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima.

A carta bioclimática utilizada para definir as estratégias de uma cidade foi baseada na carta proposta por Givoni (1992) e adaptada para o Brasil, corrigindo algumas limitações do diagrama de Olgyay, na qual os limites máximos de conforto foram expandidos considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento, combinada com o método de Watson e Labs (1983), que utiliza os dados climáticos das 8.760 horas do TRY (GOULART et alli, 1997).

Segundo a ASHRAE (1993), existem duas fontes de ano climático desenvolvidos para cálculo de energia: o Try Reference Year (TRY), preparado pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY), pelo Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque (GOULART et alli, 1997), que podem auxiliar em decisões econômicas para o consumo de energia e consiste em uma fonte de dados climáticos horários de informações como temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de ponto de orvalho (tp), direção do vento (DV) ou velocidade do vento (VV) dentre outras.

A carta é construída sobre o diagrama psicrométrico, que referencia as relações da umidade e da temperatura do ar. Divide-se em 12 zonas de estratégias bioclimáticas associando informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas: (1) zona de conforto, (2) zona de ventilação, (3) zona de resfriamento evaporativo, (4) zona de massa térmica para resfriamento, (5) zona de ar condicionado, (6) zona de umidificação, (7) zona de aquecimento solar passivo (massa térmica), (8) zona de aquecimento solar passivo, (9) zona de aquecimento artificial, (10) zona de ventilação/massa térmica, (11) zona de ventilação/massa/resfriamento evaporativo e (12) zona de massa térmica/resfriamento evaporativo.

GOULART et alli (1997), faz a avaliação bioclimática de catorze cidades brasileiras, porém não inclui a cidade de Manaus, sendo esta a motivação para a realização deste trabalho que visa além de contribuir para o melhor conhecimento das particularidades climáticas do país, orientar os profissionais da área de projeto incorporando as características regionais nos estudos para as edificações da região. É na carta bioclimática que se obtêm as estratégias mais adequadas para cada período do ano em que ocorre conforto ou desconforto nas edificações.

4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados climáticos horários do período de 15 anos da cidade de Manaus foram registrados na estação meteorológica do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes no período de 1982 a 1997 e obtidos através de uma base de dados do LABEEE/UFSC.

Dentre as variáveis registradas nos arquivos da estação climática, utilizou-se dos valores correspondentes a temperaturas de bulbo seco e de orvalho, velocidade e direção dos ventos.

Iniciou-se o tratamento dos dados, interpolando os dados inválidos ou inexistentes e analisando-os a partir da tendência dos existentes com auxílio de rotinas desenvolvidas em planilha eletrônica.

Após este procedimento, converteram-se as temperaturas de ponto de orvalho, com auxílio de planilha eletrônica desenvolvida a partir da ASHRAE (1993), em taxas de umidade relativa, necessárias para a construção da carta bioclimática.

Em seguida, partiu-se para a determinação do TRY de acordo com a metodologia desenvolvida por (STAMPER, 1977) e utilizada por (GOULART et alli, 1997), que se baseia na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas). Os meses são classificados segundo sua importância para cálculo de energia, listados em ordem de prioridade para eliminação dos extremos.

O processo de obtenção do TRY consiste em:

1. Obtem-se as médias mensais para o período de anos disponíveis (tabela 1).
2. Obtem-se as médias das médias mensais (tabela1).
3. Identificam-se e classificam-se os meses mais quentes e mais frios (tabela 2).
4. O mês cuja média das médias mensais é a maior é o mês de setembro. Identifica-se o ano cujo mês de setembro é o mais quente (1997) e este ano é eliminado (tabela3).
5. Identifica-se o mês (fevereiro) cuja média das médias mensais é a menor (1990). Este ano também é eliminado.
6. Repete-se o processo até que o décimo segundo ano, sexto ano mais frio, tenha sido eliminado.
7. Para eliminar situações atípicas, identifica-se também o ano cujo mês mais quente encontrado anteriormente (setembro) possua a menor média mensal. Neste caso, 1993.
8. A seguir, identifica-se o ano cujo mês mais frio encontrado anteriormente (fevereiro) possua a maior média mensal (1994).
9. O processo teria continuidade até que restasse apenas um ano. Para Manaus, como foi utilizada uma série de 15 anos, todos os anos foram eliminados antes do final da análise. Neste caso, considera-se o último, 1994, cujas características climáticas foram mais amenas e, portanto estabelecido como o TRY.

Tabela 1- Temperaturas médias mensais dos meses de 1982 a 1997

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982	26,17	26,05	26,29	26,09	26,39	26,98	27,01	27,42	27,95	28,07	27,95	26,49
1983	28,60	28,59	27,79	27,01	27,75	27,02	27,71	26,79	27,47	26,65	27,50	25,95
1984	25,76	25,32	26,18	26,21	26,43	26,96	26,34	26,66	26,36	26,67	27,04	26,19
1985	26,53	26,17	26,42	27,01	26,12	25,98	26,01	26,54	27,34	27,32	26,62	25,94
1986	25,64	25,69	25,76	26,40	26,76	26,66	26,18	28,54	27,10	26,82	26,66	26,87
1987	26,01	26,47	26,93	26,56	27,20	26,81	27,94	27,76	28,33	28,57	27,59	27,36
1988	25,92	26,40	26,95	26,57	26,15	25,99	26,66	27,77	27,80	27,45	26,42	26,14
1989	25,90	24,62	25,48	25,72	25,51	25,85	25,78	27,35	27,45	26,48	26,85	27,14
1990	23,70	23,65	23,61	23,91	24,20	24,11	23,44	23,04	22,84	22,43	23,39	23,37
1991	26,17	26,69	26,36	26,25	26,58	27,28	26,96	27,16	28,17	27,67	28,63	27,75
1992	27,64	27,17	26,56	27,27	28,35	27,91	26,77	26,38	28,05	27,50	27,35	26,09
1993	25,86	26,03	25,76	26,24	27,41	27,45	26,81	26,84	27,64	26,70	26,60	26,54
1994	25,86	25,54	26,03	26,22	26,56	26,31	26,85	27,14	27,49	27,87	27,46	26,98
1995	26,92	27,15	26,68	26,58	26,68	27,46	27,86	28,67	28,11	27,76	26,85	26,57
1996	25,79	26,01	26,58	26,32	26,78	26,75	27,30	27,01	28,08	27,58	27,74	27,17
1997	26,84	26,46	26,65	27,29	27,29	28,33	29,13	28,51	30,04	30,18	28,75	28,52
MÉDIAS	26,21	26,13	26,25	26,35	26,64	26,74	26,80	27,10	27,51	27,23	27,09	26,57

Tabela 2 - Classificação dos meses

Classificação			
Ordem de Importância	Classificação	TBS (°C)	MÊS E ANO
1	+ Q	30.04	SET/1997
2	+ F	23.65	FEV/1990
3	+ Q	28.57	OUT/1987
4	+ F	25.64	JAN/1986
5	+ Q	28.67	AGO/1995
6	+ F	25.48	MAR/1989
7	+ Q	28.63	NOV/1991
8	+ F	26.09	ABR/1982
9	+ Q	27.71	JUL/1983
10	+ F	25.94	DEZ/1985
11	+ Q	27.91	JUN/1992
12	+ F	26.15	MAI/1988
13	+ F	27.64	SET/1993
14	+ Q	25.32	FEV/1984
15	+ F	27.87	OUT/1994

Tabela 3- Sequência de eliminação dos meses

Sequência de Eliminação	
1) SETEMBRO +Q	13) SETEMBRO +F
2) FEVEREIRO +F	14) FEVEREIRO +Q
3) OUTUBRO +Q	15) OUTUBRO +F
4) JANEIRO +F	16) JANEIRO +Q
5) AGOSTO +Q	17) AGOSTO +F
6) MARÇO +F	18) MARÇO +Q
7) NOVEMBRO +Q	19) NOVEMBRO +F
8) ABRIL +F	20) ABRIL +Q
9) JULHO +Q	21) JULHO +F
10) DEZEMBRO +F	22) DEZEMBRO +Q
11) JUNHO +Q	23) JUNHO +F
12) MAIO +F	24) MAIO +Q

Utilizou-se o programa Analysis Bio, desenvolvido pelo LABEEEE/UFSC, para plotar os dados de temperatura e umidade das 8.760 horas do TRY sobre a carta psicrométrica e visualizar o comportamento climático da cidade ao longo do ano de referência, além de calcular a porcentagem de horas do ano em que o conforto e cada estratégia são mais apropriados.

5. ANALISE BIOCLIMÁTICA PARA A CIDADE DE MANAUS

A carta bioclimática indica aparentemente um maior número de pontos na zona 5 (ar condicionado) mas, de acordo com a análise de frequências de temperaturas, 74% dos pontos estão sobrepostos sobre a área abaixo de 28°C, na zona 2 (ventilação), indicando sua grande necessidade para a cidade (figura 2). Estas estratégias se assemelham às indicadas para a cidade de Belém, localizada a 1°23' de latitude sul, onde o desconforto provocado pelo calor ocorre em 99,2% das horas do ano e também para a cidade de São Luis, localizada a 2°35' de latitude sul, onde o desconforto por calor ocorre em 98,5% das horas do ano (GOULART et alli, 1997).

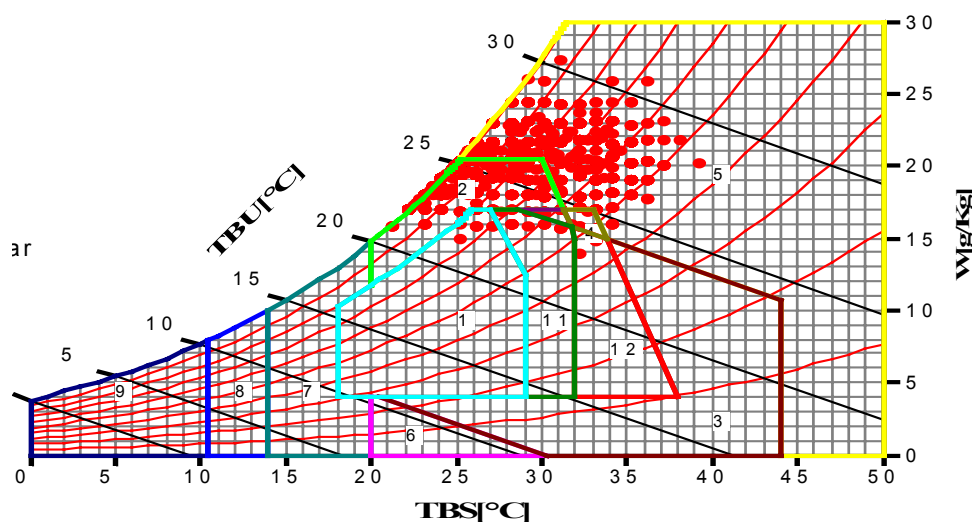


Figura 2 – Carta bioclimática com TRY da cidade de Manaus

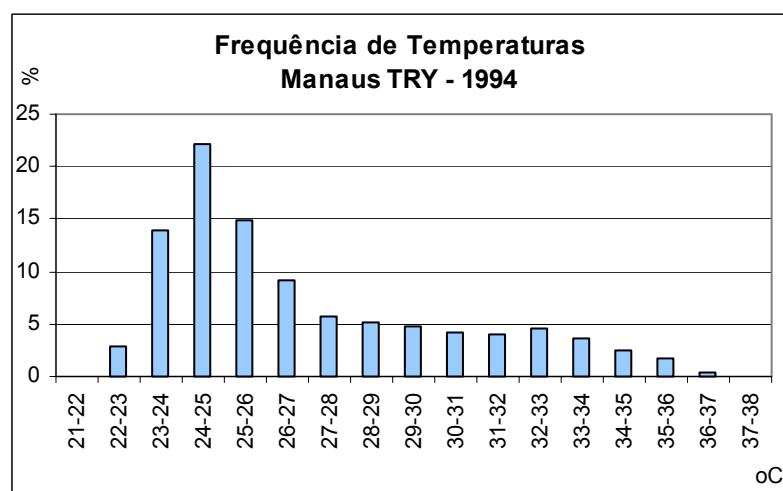


Figura 3 – Frequência de temperaturas de bulbo seco do TRY de Manaus

O relatório final, emitido pelo Analysis Bio, mostra que para Manaus o conforto térmico é praticamente ausente, representando 0.24% do total de horas do ano, e o desconforto por calor está presente em 99,7% (tabela 4), sendo causado pelas altas taxas de umidade, que em alguns dias chega a 100% e pelas altas temperaturas do ar que em 74% dos dias variam de 24°C a 28°C. Estas condicionantes climáticas deixam a cidade fora da zona de conforto estabelecida pela carta bioclimática. No entanto há indícios de que os habitantes já são tolerantes e estão aclimatados a estas condições, apesar da carta bioclimática já ter sido adaptada ao Brasil.

Tabela 4 - Relatório com as estratégias bioclimáticas para Manaus

ANO: 1994				
Dia e mês inicial: 01/01		Dia e mês Final: 31/12		Total de horas: 8760
Pressão: 101.13 KPa				
CONFORTO				0,24%
DESCONFORTO	CALOR	VENTILAÇÃO	65,20%	99,77%
		RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0%	
		MASSA TERMICA PARA RESFRIAMENTO	0,0685%	
		AR CONDICIONADO	34,10%	
		UMIDIFICAÇÃO	0%	
		VENTILAÇÃO/ MASSA TÉRMICA	0,126%	
		VENTILAÇÃO/MASSA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0,24%	
	MASSA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0,0342%		
SOMBREAMENTO				100%

Com o perfil bioclimático do local em estudo, os profissionais da área de projeto podem obter indicações fundamentais sobre as estratégias a serem adotadas no desenho das edificações. Dentre as indicadas para Manaus (tabela 4), está a ventilação natural (65.20%) e, quando esta é insuficiente para proporcionar o conforto térmico, é necessário o resfriamento artificial (34.10%), sendo que ambas necessitam de 100% de sombreamento.

A ventilação é um dos elementos climáticos mais importantes, não só pelo conforto, mas principalmente por razões de salubridade dos ambientes e dos habitantes em regiões com este tipo de clima. Por estes motivos, um mínimo de ventilação permanente é necessário, e resolver este problema representa a solução de cerca de dois terços das horas de desconforto térmico ao longo do ano na cidade de Manaus.

Analisando as velocidades e direções dos ventos da cidade (tabela 5 e figura 4), verificou-se que apesar da necessidade do uso de ventilação natural em 65,2% das horas do ano de 1994, somente há disponibilidade de ventos em 11,9%. Assim, em 53,3% do ano é necessário o uso de ventilação mecânica e ainda em 34,1%, de acordo com a tabela 4, o resfriamento artificial; representando um consumo significativo de energia elétrica. Posto isto, edificações que visam a eficiência no uso destes sistemas mecânicos representam a racionalização do uso da energia em 87,4% das horas do ano.

Tabela 5 - Direções dos ventos

Direção dos ventos	Número de horas no ano	% horas do ano	% das horas com vento
Sem vento	6255	71.4	-
N	447	2505	5.1
NE	447		5.1
L	677		7.7
SE	299		3.4
S	210		2.4
SO	167		1.9
O	133		1.5
NO	125		1.4
Total	8760	100	100

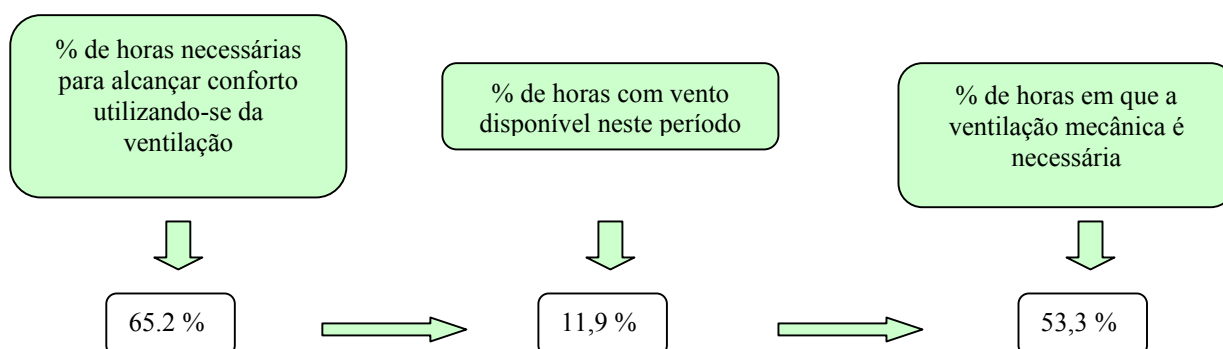


Figura 4 - Frequências dos ventos

Em relação às direções dos ventos (tabela 5), verifica-se a incidência de 27% de vento leste, 17,8% de norte e 17,8% de nordeste. Portanto, para a utilização de laternins, brises, aberturas zenitais, paredes vazadas, ventilação cruzada, dentre outras estratégias indicadas para a captação e renovação de ventos em edificações do clima em questão, devem estar orientadas a N, NE ou L, para sua eficiência e para promover condições de conforto sem que seja necessário recorrer a sistemas mecânicos.

Independente da necessidade do uso do ar condicionado ou do suprimento do conforto pela ventilação natural, o sombreamento é essencial em todo o ano na cidade, devendo-se procurar eliminar ou amenizar os efeitos da permanente incidência de radiação solar, contribuindo para a eficiência energética das edificações. O telhado deve funcionar como um verdadeiro guarda sol, protegendo todas as aberturas e as janelas para evitar a entrada direta do sol (HERTZ, 1998). Uma estratégia para sombreamento é a vegetação, que deve ser bem localizada, amenizando os ganhos de calor e criando um microclima mais ameno para refrescar a parte interna da edificação e em seus arredores.

As figuras 5 e 6 mostram a variabilidade térmica diária de duas semanas do ano de 1994: do mês mais quente e do mais frio, setembro e fevereiro, de acordo com a análise do TRY. Em fevereiro nota-se uma maior variação das amplitudes, neste período ocorre aumento no índice de precipitações, amenizando um pouco as altas temperaturas e em setembro, ocorre o período mais seco, as temperaturas são estacionais com os menores índices de precipitação e que segundo Bonetti (1999), não ultrapassam 4% do total anual.

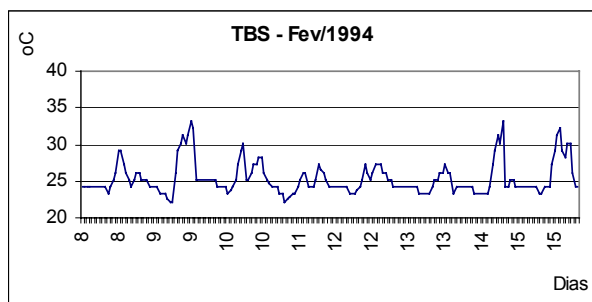


Figura 5 – TBS do dia 8 ao dia 15 de fevereiro do TRY, “inverno” de Manaus.

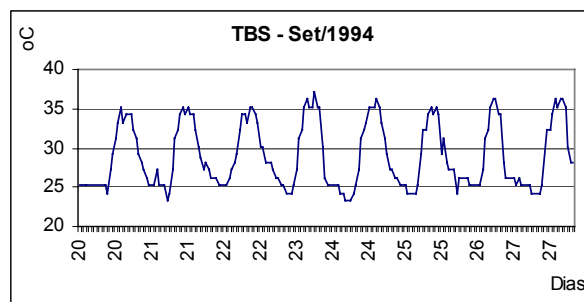


Figura 6 - TBS do dia 20 ao dia 27 de setembro do TRY, “verão” de Manaus.

O Analysis Bio fornece também o comportamento das amplitudes do TRY (tabela 6): a máxima amplitude pode alcançar até 17°C (junho), sendo que a média não ultrapassa 11°C (agosto). Apesar da massa térmica para resfriamento representar menos de 1% do total de horas no ano, as amplitudes indicam a possibilidade de uso desta estratégia, o que já é comum na arquitetura vernacular.

Tabela 6 – Amplitudes térmicas do TRY

Meses	Máxima	Média	Mínima
Jan	11	7,13	2
Fev	12	7,5	4
Mar	14	8,13	3
Abr	12	8,17	2
Mai	15	8,71	4
Jun	17	8,77	4
Jul	12	9,29	2
Ago	14	10,6	4
Set	14	10,3	5
Out	14	10,5	6
Nov	14	9,5	6
Dez	13	8,23	4

6. ASPECTOS ARQUITETÔNICOS DA CIDADE

O partido arquitetônico da cidade chama atenção às construções datadas do final do século XVIII e início do XIX, onde se identifica uma grande preocupação com o conforto das pessoas dentro do comportamento climático da cidade. Estratégias como pés-direitos altos, grandes e largas esquadrias, piso elevado e aberturas na altura das paredes e forros favoreciam a circulação interna do ar (figura 7). As altas temperaturas eram parcialmente resolvidas com as paredes duplas que proporcionavam a inércia térmica, as ruas eram mais arborizadas e pavimentadas com pedras, o que reduzia a quantidade de calor absorvido e refletido, gerando um microclima mais ameno.

Em contrapartida, a arquitetura moderna vem ganhando espaço e as estratégias antes utilizadas são substituídas pelo uso inadequado de vidros, pés-direitos reduzidos (2,80-2,90 cm), paredes simples (12cm) e esquadrias menores. As ruas ganharam camada de asfalto e a vegetação foi removida para dar lugar a verdadeiras torres envidraçadas (figura 8), transformando o clima da cidade em geral.



Figura 7 – Exemplo de arquitetura vernacular em Manaus



Figura 8 – Tipologia atual utilizada na cidade

O desmatamento de áreas de floresta para ocupação urbana e o excessivo adensamento da cidade, vêm não só acentuando os parâmetros de desconforto ambiental, como também, comprometendo as soluções tecnicamente mais apropriadas e economicamente mais viáveis, que são a arborização e a ventilação natural. A contribuição que a vegetação pode dar, não só ameniza o clima urbano da cidade, mas, sobretudo melhora de maneira decisiva o desempenho dos equipamentos mecânicos.

7. LIMITAÇÕES DO USO DAS ESTRATÉGIAS EM MANAUS

Deve-se ter a consciência de que os dados climáticos horários utilizados são provenientes de uma estação meteorológica localizada em um aeroporto, situado em uma área de baixa densidade, pouca verticalidade e grande quantidade de vegetação, o que contribui para possuir características climáticas diferentes do meio urbano, por exemplo, quanto ao centro da cidade. Desta maneira, as estratégias resultantes poderiam sofrer algumas alterações se os dados fossem coletados diretamente no ambiente urbano.

Em áreas verticalizadas, pode ocorrer o bloqueio dos ventos, prejudicando a ventilação natural no interior das edificações. Sugere-se assim um estudo englobando esta problemática para que seja verificado tal fenômeno.

Deve-se cuidar para que uma estratégia não interfira negativamente na eficiência de uma outra. Como no caso do sombreamento, que é indispensável, e sendo o regime de ventos baixo, a vegetação pode ser usada como estratégia, mas sem bloquear a entrada dos ventos. As direções de vento devem então ser observadas.

As estratégias e condições de conforto apresentadas estão baseadas nas considerações de Givoni. Entretanto, a aclimação da população local deve ser considerada, o que deverá modificar a porcentagem de horas de conforto no TRY de Manaus. Para tanto, é necessário um trabalho de campo

para verificar estas estratégias e as condições de aclimação das pessoas, de modo a levantar questões e discutir os principais aspectos que envolvem a arquitetura bioclimática e o clima desta região.

8. CONCLUSÃO

Em Manaus as horas de conforto são quase zero, de acordo com os parâmetros estabelecidos por Givoni. As estratégias indicadas para proporcionar condições de conforto são a ventilação, a utilização de sistemas mecânicos de resfriamento e sombreamento em todo o ano. O uso de inércia térmica associado ao sombreamento também pode ser indicado, sendo porém, passível de estudos e medições em campo que confirmem sua eficiência para a cidade de Manaus.

A ventilação, apesar de ser indicada para proporcionar conforto térmico em 65,2% das horas do ano, deve ser utilizada através de sistemas mecânicos em 53,3%, sendo que o potencial de ventilação natural disponível não passa de 11,9% das horas do ano. O ar condicionado deve ser utilizado em 34,1% do ano. Somado à ventilação mecânica, há um consumo energético em 87,4% do ano que necessita ser racionalizado.

A partir destas observações, conscientiza-se que a arquitetura local deve ser conduzida de maneira que os profissionais incorporem uma linguagem diferente e de características próprias, criando uma tipologia regional que dê uma identidade a uma arquitetura que vêm sendo importada ou mal copiada, que perde de vista o mais importante: o conforto dos usuários.

Frente à crise energética, necessita-se projetar bem para reduzir o consumo de energia e levar em conta as condições climáticas do meio e aplicar os conhecimentos da arquitetura bioclimática, são estratégias essenciais que buscam a satisfação das exigências de conforto do homem e da concepção arquitetônica mais condizente com a nossa realidade.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE Handbook – Fundamentals 1993. Atlanta: ASHRAE, 1993.

BONETTI, José Carlos. Pressupostos bioclimáticos de conforto térmico para uma arquitetura dos trópicos úmidos. Manaus, 1999. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Amazonas.

GOULART, S.V.G; LAMBERTS.R; FIRMINO S. Dados climáticos para avaliação energética de edificações para catorze cidades brasileiras. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1997.

HERTZ, John B. Ecotécnicas em arquitetura – Como projetar nos trópicos úmidos do Brasil. São Paulo: Pioneira, 1998.

HEYER, Lígia Fonseca. Manaus – Um exemplo de clima urbano em região subequatorial. São Paulo, 1997. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997.

NIMER, Edson. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

STAMPER, Eugene. Weather data. In: ASHRAE Journal. February 1997, p.47.