



## CONFORTO TÉRMICO E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA UMIDADES ELEVADAS E TEMPERATURAS MODERADAS DO AR

**Alexandre M. Toledo (1); Fernando O. R. Pereira (2)**

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas, Brasil

e-mail: prof.amtoledo@terra.com.br

(2) Departamento de Arquitetura – Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: feco@arq.ufsc.br

### RESUMO

A avaliação bioclimática para Maceió/AL considera desconforto térmico pela sensação de calor, para a maior parte do ano (76,1%), recomendando a ventilação natural como a melhor estratégia passiva. Contudo, essa avaliação não encontra rebatimento na opinião de pesquisadores locais. Parte-se da hipótese de que o diagnóstico de desconforto térmico por calor é inadequado para a zona de umidades elevadas (entre 80 e 100%) com temperaturas moderadas do ar (entre 20 e 26 °C), para a qual Maceió apresenta grande concentração de horas. O objetivo do presente artigo é verificar o conforto térmico para essas condições e contrapor os resultados com a avaliação bioclimática para Maceió. Realizaram-se simulações com o programa Analysis CST, para verificação da condição de conforto térmico para essas condições ambientais, considerando-se três vestimentas e duas velocidades do ar e, com o programa Analysis Bio, para detalhamento da avaliação bioclimática, considerando-se as quatro estações e os períodos diurno e noturno. Para essas condições ambientais, quase não apresentou desconforto térmico por calor e o aumento da velocidade do ar levou quase sempre à situação de desconforto por sensação de frio, inviabilizando assim a recomendação da estratégia ventilação natural. Conclui-se que os parâmetros utilizados pelo programa precisam ser revistos, a fim de melhor avaliar os climas quentes e úmidos moderados do litoral do nordeste do Brasil. Isso implica distinção entre desconforto térmico e higrotérmico e necessidade de investigações acerca de estratégias naturais de desumidificação.

Palavras-chave: conforto térmico; avaliação bioclimática; ventilação natural.

### ABSTRACT

The bioclimatic assessment to Maceió/AL considers thermal discomfort by sensation of warmth, for the most period of the year (76.1%), recommending the natural ventilation like passive strategy. Although, this assessment, it does not find reverberation in the local researchers opinion. Coming from the hypothesis that the diagnostics of thermal discomfort by warmth is inadequate to a high humid area (between 80 – 100%) with moderate temperatures of the air (between 20 – 26°C), which Maceió display in lots hours convergence. The aim of the present paper is to check up the thermal comfort for these conditions and oppose the results with the bioclimatic assessment to Maceió. The Methodology consisted in simulation on the Analysis CST Program to check thermal comfort environment conditions, considering three clothing and two speed of the air; and on the Analysis Bio Program for the four seasons and the daily and nightly periods. This zone almost not introduced thermal discomfort by warmth and the increase speed of the air took always the discomfort situation by frosty sensation, not getting possible the natural ventilation strategy. Concluding that Analysis Bio Program criteria must be reviewed to get better assessment for humid and warmth moderate weather that happens at the most Northeast Brazil littoral. This testifying means a distinction so clear between thermal and moisture discomfort, and a necessary investigation about natural strategies to avoid the moisture.

Keywords: thermal comfort; bioclimatic assessment, natural ventilation.

## 1 INTRODUÇÃO

O zoneamento bioclimático proposto para o Brasil (ABNT, 2005) representa um grande avanço no enquadramento dos diversos climas do território nacional. É inegável a aplicabilidade desse importante instrumento para a melhoria das condições de habitabilidade das construções brasileiras.

Porém, esse zoneamento considera o clima tropical quente e úmido moderado do litoral do nordeste, semelhante ao clima amazônico (zona 8); apesar das normais climatológicas de Maceió/AL (9°40'S/ 35°42'O) e Belém/PA (1°28'S/ 36°29'O) apresentarem diferenças significativas: enquanto as primeiras situam-se nas zonas F (desumidificação) e I (massa térmica de resfriamento/ventilação), as segundas situam-se predominantemente nas zonas J (ventilação) e K (resfriamento artificial).

Por outro lado, a avaliação bioclimática para Maceió (LAMBERTS *et al.*, 1997) considera desconforto pela sensação de calor para a maior parte do ano (76,1% das horas) e a ventilação natural é recomendada como a melhor estratégia passiva a ser adotada, podendo resolver o desconforto térmico em até 75,9% das horas – somando-se as horas das interseções com as estratégias massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo (14,6% das horas).

Contudo, essa avaliação bioclimática não encontra rebatimento na opinião de alguns pesquisadores (DANTAS, 2001; TOLEDO, 2001), pois a vivência do clima e o conhecimento do comportamento e preferência dos usuários locais permitem afirmar que a condição de conforto térmico dá-se em muito maior número de horas, sobretudo no período noturno, considerado quase sempre agradável, mesmo durante o verão, se comparado com o período diurno.

Parte-se da hipótese de que o problema decorre do diagnóstico inadequado de desconforto térmico pela sensação de calor, adotado pelo programa Analysis Bio, para a zona de umidades elevadas (entre 80 e 100%) com temperaturas moderadas do ar (entre 20 e 26 °C), para as quais se verifica grande concentração de horas em Maceió e, com diferentes proporções, para todas as outras cidades litorâneas nordestinas, como Salvador, Recife, Natal, Fortaleza e São Luis (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Mesmo assim, observa-se em Maceió, o uso de condicionadores de ar nos dormitórios em detrimento de ventiladores, sobretudo no período noturno (TOLEDO, 2001), quando as temperaturas e umidades do ar estão dentro da zona em questão. Deduz-se que esses aparelhos, além de favorecer o escurecimento e o isolamento acústico, são usados para reduzir a elevada umidade do ar, atuando como desumidificadores. A implicação imediata dessa prática é o acentuado aumento do consumo de energia elétrica, que só não é mais grave por ocorrer no período de baixa demanda do sistema.

O estudo de Watson e Labs (1983) estabelece uma grande zona de desumidificação prioritária (zona iv), acima de 17 mm de Hg, subdividida em quatro subzonas, para temperaturas superiores a 20 °C e 80% de umidade relativa do ar. Sendo que, apenas uma delas (subzona 8) é exclusiva de desumidificação, a qual corresponde à zona em discussão; as demais são subzonas compartilhadas com resfriamento total. Szokolay (1987) e Givoni (1992) não recomendam a ventilação natural como estratégia bioclimática para essas condições (BOGO *et al.*, 1994) e, Arens e Watanabe (1986) esclarecem que o limite da carta de conforto em 80% de umidade relativa do ar deve-se aos danos causados pela elevada umidade nos aparelhos de condicionamento de ar e não ao desconforto térmico.

A carta bioclimática brasileira, apesar de se basear em Givoni (1992), adota uma zona de desumidificação (F), para a zona em discussão; indicando também a ventilação natural como estratégia bioclimática a ser adotada, mas para renovação do ar. O programa Analysis Bio, não adota a zona de desumidificação, mas também sugere a estratégia ventilação natural para essas condições, com base no trabalho de Gonzalez *et al.* (1986), contudo a considera como zona de desconforto térmico por calor.

O objetivo do presente artigo é verificar o conforto térmico para condições de umidades elevadas e temperaturas moderadas do ar e contrapor os resultados com a avaliação bioclimática para Maceió, proposta por Lamberts *et al.* (1997).

## 2 METODOLOGIA

Realizaram-se simulações com o programa Analysis CST, a fim de se verificar a condição de conforto térmico para umidades elevadas (80 a 100%) e temperaturas moderadas do ar (20 a 26 °C) e, com o programa Analysis Bio, a fim de se analisar mais detalhadamente a avaliação bioclimática para Maceió.

Consideram-se três composições de vestimenta, compreendendo três faixas de temperatura cada: (i) 0,95 *clo* para temperaturas de 20, 21 e 22 °C; (ii) 0,5 *clo* para temperaturas de 23, 24 e 25 °C; (iii) 0,3 *clo* para temperaturas de 26, 27 e 28 °C. Adotou-se 0,95 *clo* para as menores temperaturas e 0,3 *clo* para as maiores temperaturas, pois se constatou, respectivamente, situação de frio nas simulações em que se considerou valores inferiores, e situação de calor nas que se considerou valores superiores.

Para todos os casos, testaram-se duas velocidades do ar: 0,15 e 0,25 m/s, velocidades essas ligeramente superiores às recomendadas para a zona de conforto (0,1 m/s), e duas faixas de umidades relativas do ar: 90 e 100%; considerou-se a mesma atividade moderada, equivalente a 70 W/m<sup>2</sup>, temperatura radiante média igual à temperatura do ar e a altitude ao nível do mar (cota 0,00), equivalente à pressão barométrica de 101,33 kPa.

Realizaram-se avaliações bioclimáticas para o ano todo e para as quatro estações do ano (verão – de 23 de dezembro a 22 de março; outono – de 23 de março a 22 de junho; inverno – de 23 de junho a 22 de setembro; e primavera – de 23 de setembro a 22 de dezembro), para os períodos diurno (das 6 às 17 horas) e noturno (das 18 às 5 horas). Utilizou-se o arquivo climático TRY (Teste Reference Year) para Maceió, o qual equivale ao ano climático de 1962, disponibilizado pelo LabEEE/UFSC.

Também se verificaram as avaliações para os períodos da manhã (6 às 11 h), tarde (12 às 17 h), noite (18 às 23 h) e madrugada (0 às 5 h), para o ano todo e estações; bem como as normais climatológicas para todo o ano (não apresentadas neste artigo).

### 2.1 O programa Analysis CST

O programa foi desenvolvido pelos pesquisadores do LabEEE/UFSC; utiliza modelo fisiológico, baseado em equações da ASHRAE e, por meio dos dados ambientais, atividade e vestimenta, calcula o balanço térmico do corpo, índices de conforto e desconforto térmico e índice de sensação térmica.

#### 2.1.1 Entradas do programa

Constituem as entradas do programa Analysis CST: a vestimenta (expressa em *clo*); a atividade (em W/m<sup>2</sup>); dados ambientais: temperatura do ar e temperatura radiante média (em °C); velocidade do ar (em m/s); umidade relativa do ar (em porcentagem).

#### 2.1.2 Saídas do programa

O programa calcula, com base nos dados ambientais, a temperatura de bulbo úmido, a temperatura de orvalho e a temperatura de globo, todas expressas em °C; a pressão de vapor e a pressão barométrica, expressas em kPa.

Com base no conjunto de dados de entrada, o programa também calcula a carga térmica sobre o corpo (L), as trocas de calor sensível (Cres) e latente (Eres) pela respiração; as trocas de calor sensível por convecção (C) e por radiação (R) e latente (Esk) pela pele, todos expressos em W/m<sup>2</sup>; a temperatura operativa de conforto, expressa em °C; o PMV (voto médio estimado) e o PPD (percentual de pessoas insatisfeitas); o índice de desconforto térmico (DISC) e o índice de sensação térmica (TS).

## 2.2 O programa Analysis Bio

O programa também foi desenvolvido pelos pesquisadores do LabEEE/UFSC; calcula com base no arquivo climático as horas de conforto e desconforto térmico e apresenta gráfico de estratégias bioclimáticas, montado sobre carta psicrométrica.

### 2.2.1 Entradas do programa

Constituem as entradas do programa Analysis Bio: dia e mês inicial e dia e mês final, utilizado para períodos longos (ano todo e estações, etc.); e horas do dia, utilizado para períodos específicos.

### 2.2.2 Saídas do programa

O programa calcula, com base no arquivo climático TRY (Test Reference Year) ou normais climatológicas, as horas de conforto e as horas de desconforto térmico, para frio e calor; expressa, em percentual, as estratégias bioclimáticas para calor (ventilação, resfriamento evaporativo, massa térmica para resfriamento e interseções) e para frio (massa térmica e aquecimento solar passivo), além das estratégias ativas (ar condicionado e aquecimento artificial); detalha as estratégias por zonas; determina o percentual de sombreamento; informa as amplitudes máximas e mínimas mensais (com respectivos dias de ocorrência) e médias.

## 3 RESULTADOS OBTIDOS

### 3.1 Avaliação de conforto térmico

Os resultados de PMV (voto médio estimado), em geral, deram negativos para as temperaturas de 22 a 26 °C, com exceção das temperaturas de transição entre as faixas de vestimenta, ou seja, diagnóstico de desconforto térmico pela sensação de frio. A partir de 27 °C, todos os resultados de PMV deram positivos, ou seja, diagnóstico de desconforto térmico pela sensação de calor.

Para a faixa de temperatura de 20 a 22 °C com vestimenta de 0,95 clo, todos os resultados de PMV deram negativos para as temperaturas de 20 e 21°C, variando de -0,14 a -0,58; com PPD variando de 5,43 a 11,98. Já para a temperatura de 22 °C, o PMV foi negativo apenas para 90% de umidade relativa e velocidade do ar de 0,25 m/s; os demais foram todos positivos, variando de 0,01 a 0,12; com PPD variando de 5 a 5,28.

Os índices de desconforto térmico (DISC) variaram tanto para a mesma temperatura quanto para as diferentes temperaturas, de 0,20 a 0,35, para frio, e de 0,36 a 0,43, para calor. Já os índices de sensação térmica (TS) mantiveram-se constantes para a mesma temperatura e variaram para as demais, de 26,23 a 26,71 (tabela 1).

**Tabela 1: Resultados para TBS de 20 – 22 °C.**

UR %	Var (m/s)	0,95 clo								22 °C			
		20 °C				21 °C				PMV	PPD	DISC	TS
		PMV	PPD	DISC	TS	PMV	PPD	DISC	TS				
90	0,15	-0,45	9,28	0,25	26,23	-0,20	5,82	0,33	26,47	0,06	5,07	0,41	26,71
	0,25	-0,58	11,98	0,20	26,23	-0,31	7,04	0,27	26,47	-0,05	5,05	0,35	26,71
100	0,15	-0,40	8,35	0,26	26,23	-0,14	5,43	0,34	26,47	0,12	5,28	0,43	26,71
	0,25	-0,53	10,77	0,21	26,23	-0,26	6,38	0,28	26,47	0,01	5,00	0,36	26,71

PMV – voto médio estimado; PPD – percentual de pessoas insatisfeitas; DISC – índice de desconforto térmico; TS – índice de sensação térmica.

Para a faixa de temperatura de 23 a 25 °C, com vestimenta de 0,50 *clo*, todos os resultados de PMV deram negativos, para as temperaturas de 23 e 24°C, variando de -0,18 a -0,79; com PPD variando de 5,66 a 18,29. Já para a temperatura de 25 °C, o PMV foi negativo apenas para 90% de umidade relativa e velocidade do ar de 0,25 m/s, os demais foram todos positivos, variando de 0,01 a 0,17; com PPD variando de 5 a 5,63.

Os índices de desconforto térmico (DISC) variaram tanto para a mesma temperatura quanto para as diferentes temperaturas, de 0,13 a 0,32, para frio, e de 0,34 a 0,42, para calor. Já os índices de sensação térmica (TS) mantiveram-se constantes para a mesma temperatura e variaram para as demais, de 26,96 a 27,44 (tabela 2).

**Tabela 2: Resultados para TBS de 23 – 25 °C.**

0,50 clo										23 °C			
		23 °C				24 °C				25 °C			
UR %	Var (m/s)	PMV	PPD	DISC	TS	PMV	PPD	DISC	TS	PMV	PPD	DISC	TS
90	0,15	-0,58	12,11	0,20	26,96	-0,25	6,25	0,29	27,20	0,10	5,23	0,40	27,44
	0,25	-0,79	18,29	0,13	26,96	-0,43	8,87	0,22	27,2	-0,06	5,09	0,32	27,44
100	0,15	-0,52	10,66	0,21	26,96	-0,18	5,66	0,31	27,20	0,17	5,63	0,42	27,44
	0,25	-0,73	16,27	0,14	26,96	-0,36	7,77	0,23	27,20	0,01	5,00	0,34	27,44

PMV – voto médio estimado; PPD – percentual de pessoas insatisfeitas; DISC – índice de desconforto térmico; TS – índice de sensação térmica.

Para a faixa de temperatura de 26 a 28 °C com vestimenta de 0,3 *clo*, os resultados de PMV deram negativos apenas para a temperatura de 26 °C, com exceção para 100% de umidade relativa e velocidade do ar de 0,15 m/s, variando de -0,02 a -0,25; com PPD variando de 5,01 a 6,25. Já para as temperaturas de 27 e 28 °C, todos os resultados de PMV deram positivo, variando de 0,20 a 0,89; com PPD variando de 5,85 a 21,72 (tabela 3).

**Tabela 3: Resultados para TBS de 26 – 28 °C.**

0,30 clo										26 °C			
		26 °C				27 °C				28 °C			
UR %	Var (m/s)	PMV	PPD	DISC	TS	PMV	PPD	DISC	TS	PMV	PPD	DISC	TS
90	0,15	-0,02	5,01	0,36	27,68	0,47	9,63	0,53	27,93	0,81	18,69	0,68	28,17
	0,25	-0,25	6,25	0,26	27,68	0,20	5,85	0,4	27,93	0,64	13,73	0,58	28,17
100	0,15	0,06	5,06	0,38	27,68	0,39	8,19	0,5	27,93	0,89	21,72	0,72	28,17
	0,25	-0,17	5,6	0,29	27,68	0,28	6,64	0,43	27,93	0,73	16,18	0,62	28,17

PMV – voto médio estimado; PPD – percentual de pessoas insatisfeitas; DISC – índice de desconforto térmico; TS – índice de sensação térmica.

Os índices de desconforto térmico (DISC) variaram tanto para a mesma temperatura quanto para as diferentes temperaturas, de 0,26 a 0,36, para frio, e de 0,38 a 0,72, para calor. Já os índices de sensação térmica (TS) mantiveram-se constantes para a mesma temperatura e variaram para as demais, de 27,68 a 28,17.

### 3.2 Avaliação bioclimática para Maceió

Os resultados das avaliações bioclimáticas para Maceió mostraram que há grande concentração de horas na zona de umidades elevadas e temperaturas moderadas do ar, para todas as estações do ano, sobretudo no período noturno. Pelos diagnósticos obtidos, os dias de inverno (52,9%) são os mais confortáveis, seguidos pelos dias de primavera (38%); as noites de primavera (5,45%) são as mais agradáveis, seguidas pelas noites de verão (3,08%).

Para o Ano Todo, os resultados obtidos diferiram ligeiramente dos apresentados por Lamberts *et al.* (1997). O conforto foi de 18,2% das horas e 81,8% de desconforto, sendo 5,48% por frio e 76,4% por calor. Para o período diurno, o conforto foi de 31,5% das horas e de desconforto de 68,5%, sendo 1,78% por frio e 66,7% por calor. Já para o período noturno, o conforto foi menor, apenas 5,06% das horas e 94,9% de desconforto, sendo 9,71% por frio e 85,2% por calor (figuras 1 a 3).

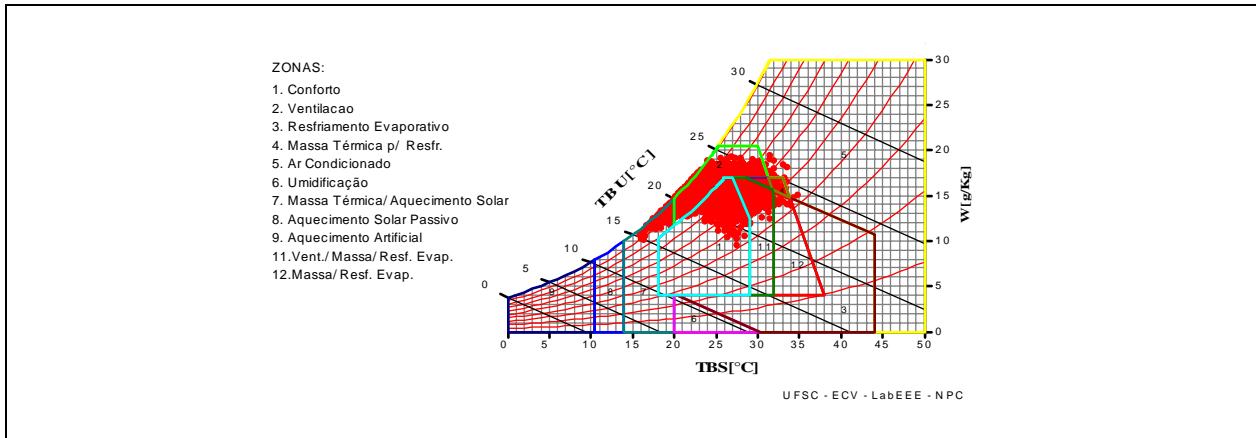


Figura 1: ANO TODO

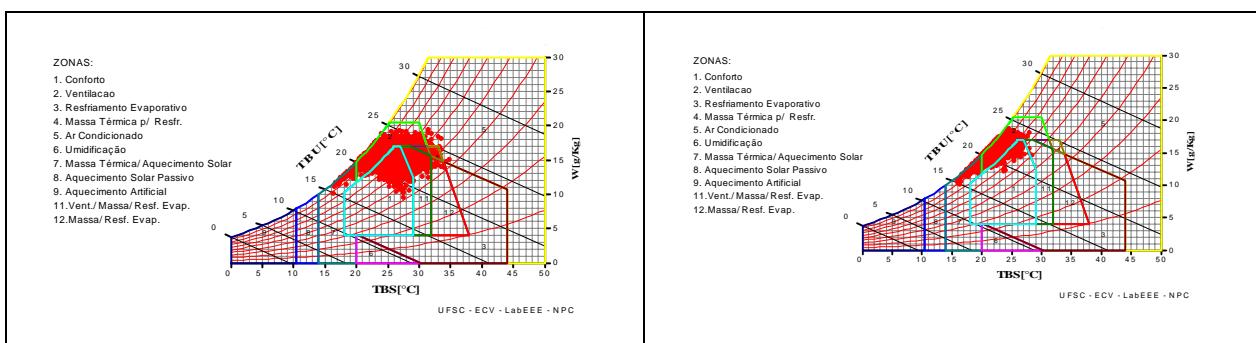


Figura 2: ANO TODO - DIURNO

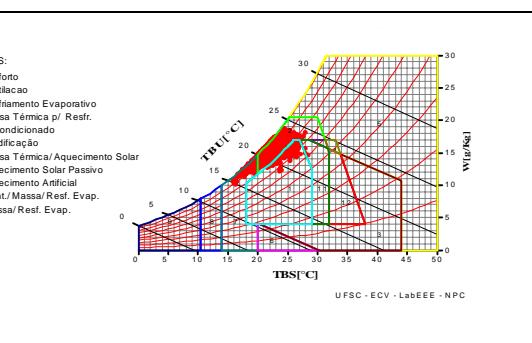


Figura 3: ANO TODO - NOTURNO

Para o Verão, o conforto foi de 11,7% das horas e 88,3% de desconforto, sendo 0,375% por frio e 87,9% por calor. Para o período diurno, o conforto foi de 15,9% das horas e de desconforto de 84,1%, sendo os 84,1% por calor. Já para o período noturno, o conforto foi menor, apenas 3,08% das horas e 96,9% de desconforto, sendo 12,6% por frio e 84,4% por calor (figuras 4 a 6).

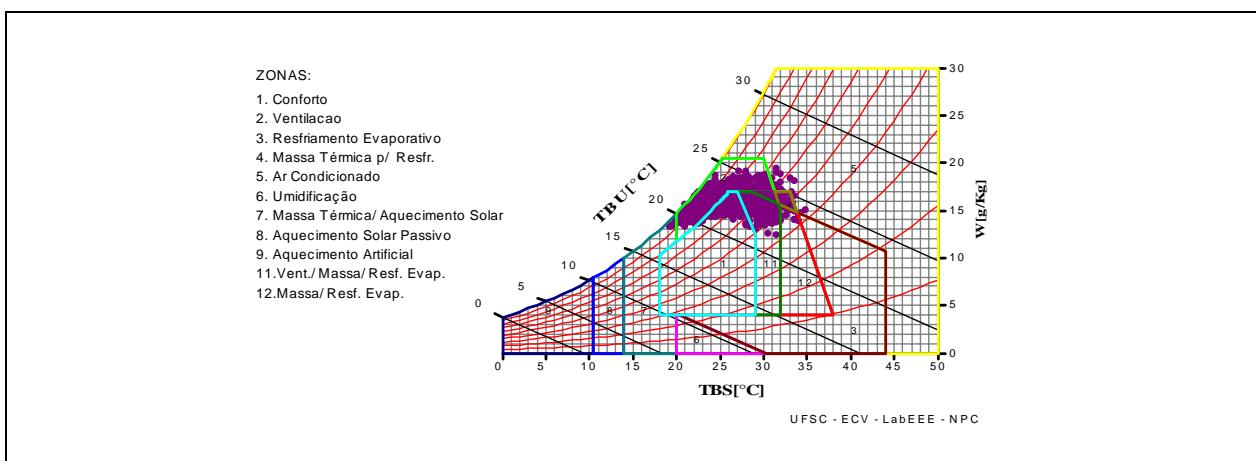


Figura 4: VERÃO

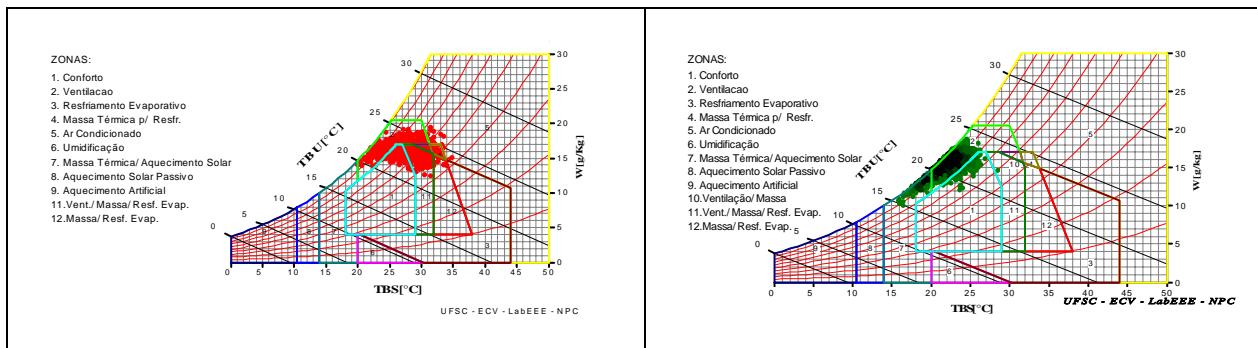


Figura 5: VERÃO - DIURNO

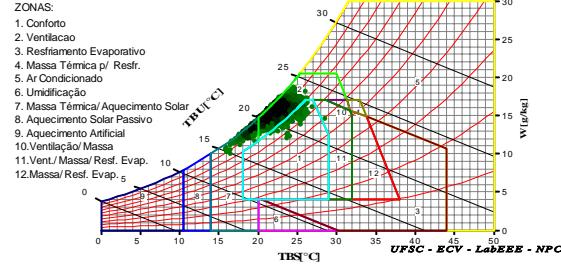


Figura 6: VERÃO - NOTURNO

Para o Outono, o conforto foi de 10,5% das horas e 89,5% de desconforto, sendo 1,77% por frio e 87,8% por calor. Para o período diurno, o conforto foi de 18,9% das horas e de desconforto de 81,1%, sendo 0,753% por frio e 80,4% por calor. Já para o período noturno, o conforto foi menor, apenas 1,86% das horas e 98,1% de desconforto, sendo 3,13% por frio e 95% por calor (figuras 7 a 9).

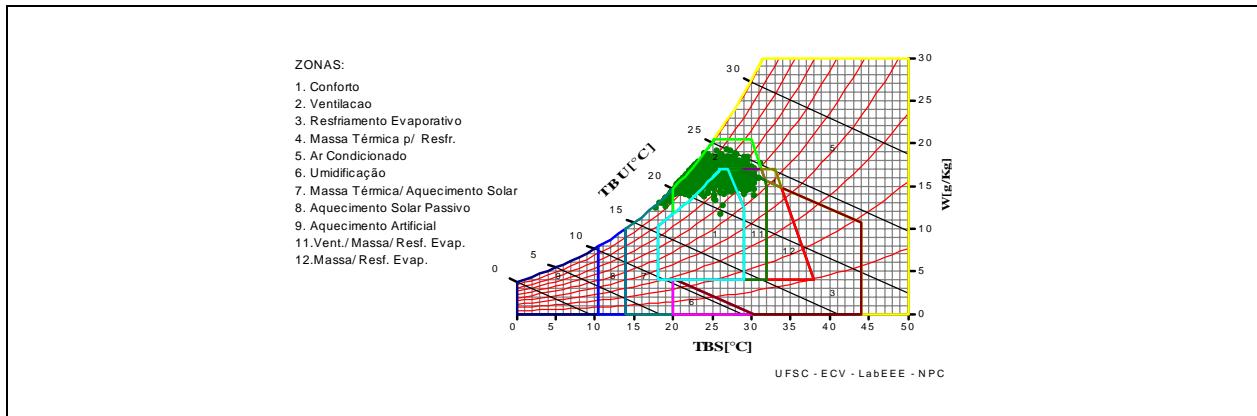


Figura 7: OUTONO

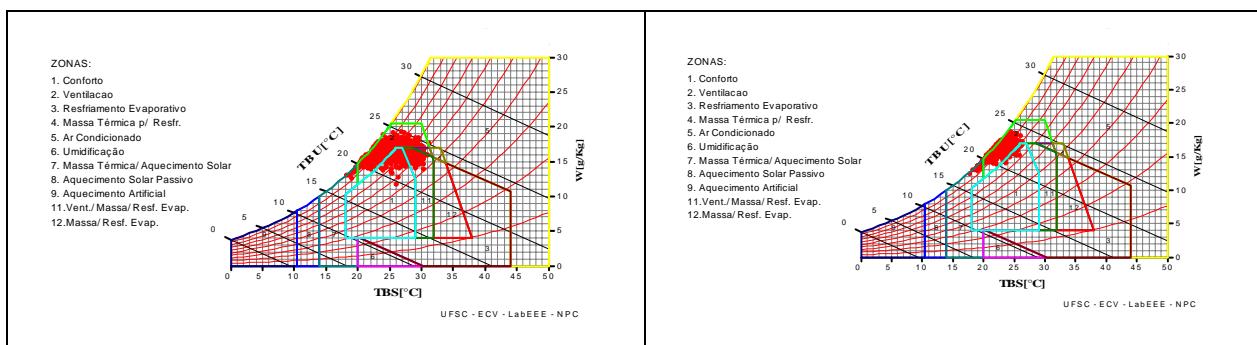


Figura 8: OUTONO - DIURNO

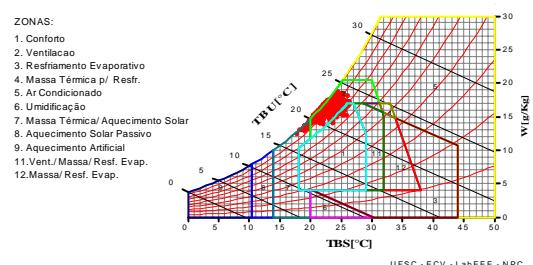
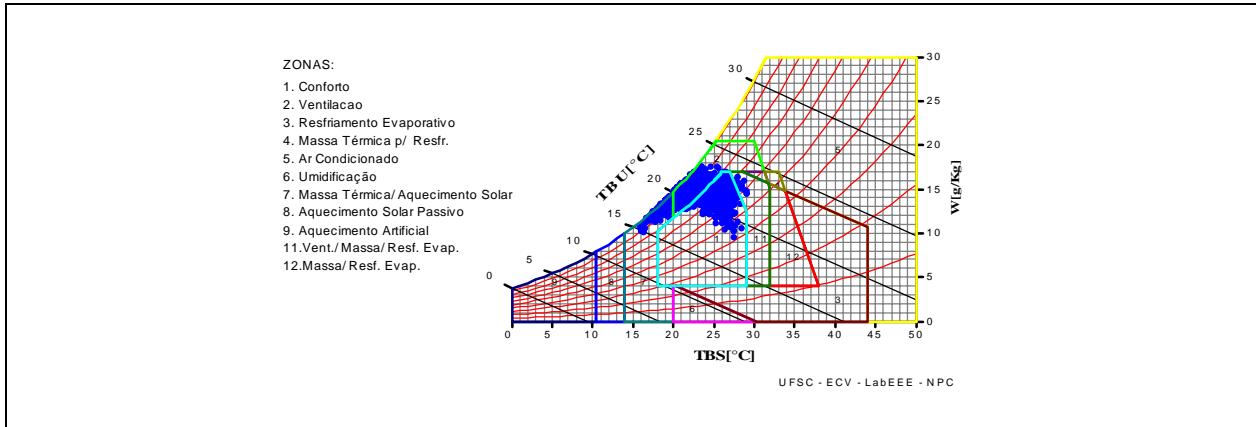


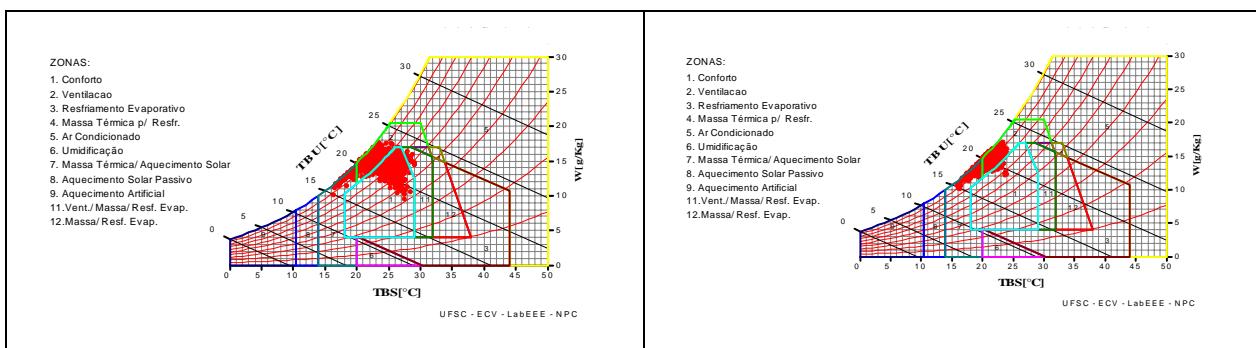
Figura 9: OUTONO - NOTURNO

Para o Inverno, o conforto foi de 29% das horas e 71% de desconforto, sendo 16,5% por frio e 54,5% por calor. Para o período diurno, o conforto foi de 52,9% das horas e de desconforto de 47,1%, sendo 5,94% por frio e 41,1% por calor. Já para o período noturno, o conforto foi menor, apenas 1,78% das horas e de desconforto de 98,2%, sendo 29,2% por frio e 69,1% por calor (figuras 10 a 12).

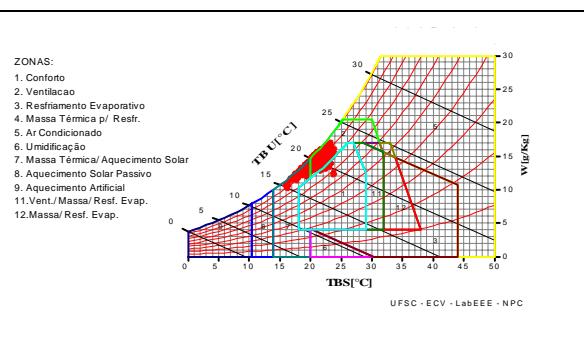
Para a Primavera, o conforto foi de 21,3% das horas e de desconforto de 78,7%, sendo 3,06% por frio e 75,6% por calor. Para o período diurno, o conforto foi de 38% das horas e de desconforto de 62%, sendo 0,342% por frio e 61,6% por calor. Já para o período noturno, o conforto foi menor, apenas 5,45% das horas e 94,6% de desconforto, sendo 5,1% por frio e 89,5% por calor (figuras 13 a 15).



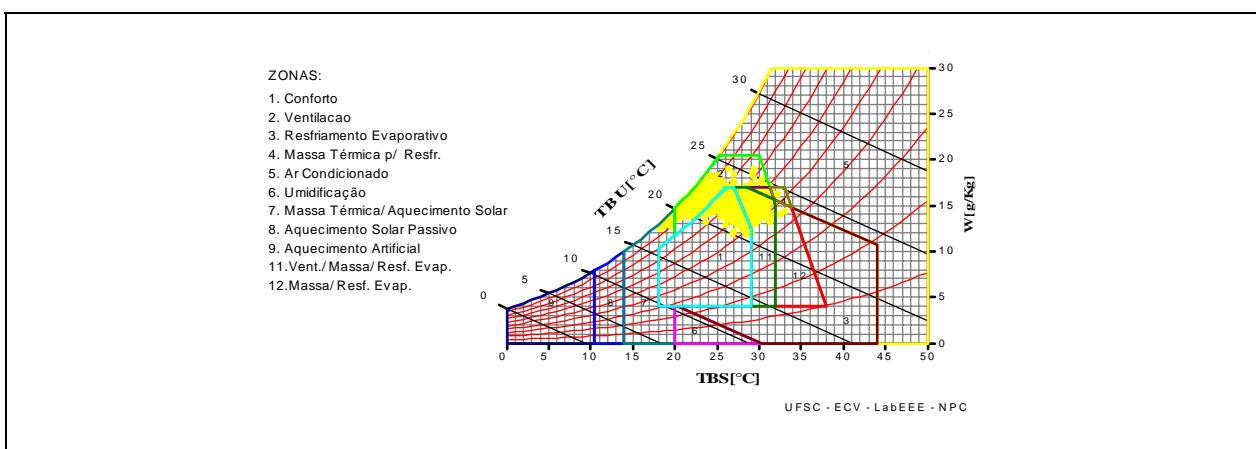
**Figura 10: INVERNO**



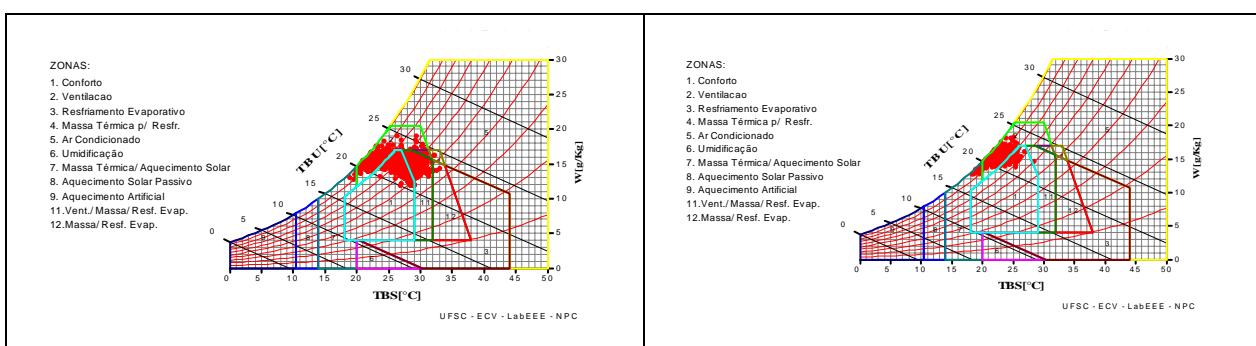
**Figura 11: INVERNO – DIURNO**



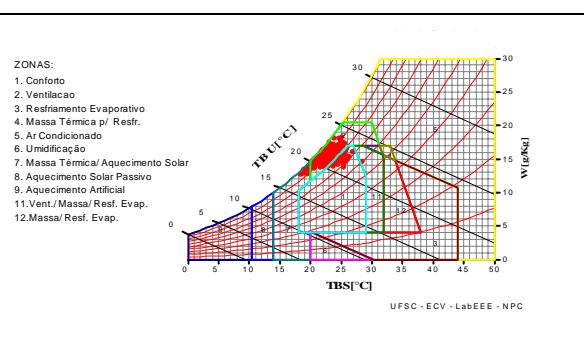
**Figura 12: INVERNO – NOTURNO**



**Figura 13: PRIMAVERA**



**Figura 14: PRIMAVERA - DIURNO**



**Figura 15: PRIMAVERA - NOTURNO**

## 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados das simulações com o Analysis CST comprovaram a percepção de que, para as faixas de temperaturas entre 22 e 26 °C com elevadas umidades do ar (80 a 100%), a sensação térmica com o aumento da velocidade do ar é de frio. Apenas alguns resultados, para temperaturas na faixa de transição da vestimenta, deram sensação de calor (22 °C e 25 °C), o que poderia facilmente ser equacionado com a troca da vestimenta para a faixa seguinte (tabela 1).

**Tabela 4: Diagnósticos de desconforto térmico por calor e frio**

		0,95 clo			0,5 clo			0,3 clo		
UR	Veloc.	20 °C	21 °C	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C	28 °C
90%	0,15 m/s	Frio	Frio	Calor	Frio	Frio	Calor	Frio	Calor	Calor
	0,25 m/s	Frio	Frio	Frio	Frio	Frio	Frio	Frio	Calor	Calor
100%	0,15 m/s	Frio	Frio	Calor	Frio	Frio	Calor	Calor	Calor	Calor
	0,25 m/s	Frio	Frio	Calor	Frio	Frio	Calor	Frio	Calor	Calor

Portanto, a indicação da estratégia de ventilação natural, para restabelecer o conforto térmico, não parece adequada, conforme Szokolay (1987) e Givoni (1992). Mesmo para melhorar a qualidade do ar, conforme sugerido pela norma brasileira (ABNT, 2005), essa estratégia, apesar de menos problemática, é questionável, posto que, baseia-se em dados climáticos e não em dados ambientais. Como poderia o ar próximo da saturação servir para melhorar as condições ambientais?

Apesar de não representar necessariamente desconforto térmico, a elevada umidade do ar para essa faixa de temperatura (20 a 26 °C), pode causar danos aos materiais de construção (HENRIQUES, 1995), por essa razão, estratégias de desumidificação devem ser adotadas (WATSON e LABS, 1983).

Os resultados das avaliações bioclimáticas sazonais para Maceió, pelo Analysis Bio, mostraram que os períodos noturnos eram muito mais desconfortáveis que os diurnos, para todas as estações e para o ano todo (tabela 5). Porém, os gráficos apresentaram grande concentração de horas na zona em discussão, para todas as estações do ano, tanto no período diurno quanto no noturno, sobretudo para esse último.

**Tabela 5: Diagnósticos por estação e ano todo e períodos diurno e noturno**

	VERÃO		OUTONO		INVERNO		PRIMAVERA		ANO TODO	
	DIA	NOITE	DIA	NOITE	DIA	NOITE	DIA	NOITE	DIA	NOITE
Conforto	15,9%	3,08%	18,9%	1,86%	52,9%	1,78%	38%	5,45%	31,5%	5,06%
desconforto	84,1%	96,9%	81,1%	98,1%	47,1%	98,2%	62%	94,6%	68,5%	94,9%

Diante dos resultados das simulações com o Analysis CST, confirma-se a percepção dos pesquisadores locais quanto a maior agradabilidade das noites em relação aos dias, em Maceió, confirmando-se a hipótese de que o diagnóstico do Analysis Bio é inadequado ao considerar essa zona de desconforto térmico por calor. Até porque, muitas dessas horas devem coincidir com os períodos de precipitação, a qual, em Maceió, corresponde a 2.167,7 mm anual e é considerado excessivamente chuvoso.

Quanto ao zoneamento bioclimático brasileiro, supõe-se que o enquadramento do clima moderado de Maceió semelhante ao clima amazônico ocorreu, possivelmente, porque os critérios para classificação bioclimática adotados não estabelecem presença obrigatória ou proibida para a zona F (desumidificação), o que levaria a uma outra zona bioclimática. Sugere-se a subdivisão da zona bioclimática 8, a maior de todas, com 99 cidades, para diferenciar essas particularidades e melhor considerar a zona de desumidificação.

## 5 CONCLUSÕES

Nesse artigo realizaram-se simulações com o programa Analysis CST, para verificação do conforto térmico nas faixas de umidades elevadas e temperaturas moderadas do ar, e com o programa Analysis Bio, para detalhamento da avaliação bioclimática para Maceió/AL.

Verificou-se que, quase sempre, o aumento da velocidade do ar levou ao desconforto pela sensação térmica de frio, para as temperaturas de 20 a 26 °C, para as duas umidades relativas testadas. Confirma-se a hipótese de que o diagnóstico de desconforto térmico pela sensação de calor, pelo programa Analysis Bio, para essa zona, é inadequado.

Verificou-se também que a concentração de horas, na zona em discussão, esteve presente em Maceió para todas as estações do ano, tanto no período diurno quanto no período noturno, sobretudo para esse último. Caso esses dados fossem separados da zona prioritária de ventilação natural, o resultado de conforto térmico para Maceió seria consideravelmente ampliado e o período noturno apareceria como muito mais confortável que o diurno, mais de acordo com a percepção dos pesquisadores locais.

Conclui-se que os parâmetros de desconforto térmico utilizados pelo Analysis Bio precisam ser revistos, a fim de melhor avaliar os climas quentes e úmidos moderados, que ocorrem na maior parte do litoral do Nordeste do Brasil. Essa constatação implica distinção entre desconforto térmico e higrotérmico e necessidade de investigações acerca de estratégias naturais de desumidificação do ar.

## 6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações** – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ARAÚJO, V. D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares**. Natal: EDUFRN, 2001.
- ARENS, E. A.; WATANABE, N. S. A method for designing naturally cooled buildings using bin climate data. **ASHRAE Transaction**, v. 92, n. 2-B, p. 773-792, 1986.
- BOGO, A. *et al.* **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: ECV/UFSC, 1994
- GONZALEZ, E. *et al.* **Proyecto clima y arquitectura**. México D.F.: Gustavo Gili, 1986.
- GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992.
- HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes**. Lisboa: LNEC, 1995.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, PW Ed., 1997.
- SZOKOLAY, S. V. **Thermal design of buildings**. Brisbane: RAIA, 1987.
- TOLEDO, A. M. 2001. **Ventilação natural e conforto térmico em dormitórios: aspectos bioclimáticos para uma revisão do Código de Obras e edificações de Maceió**. Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- WATSON, D.; LABS, K. **Climatic design**: energy-efficient building principles and practices. New York: McGraw-Hill, 1983.