

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO E CONDIÇÕES DE CONFORTO DE UM CONJUNTO HABITACIONAL HORIZONTAL NA CIDADE DE MACEIÓ - AL**

**MARROQUIM, Flávia.M.G. (1); BARBIRATO, Gianna M. (2)**

(1) Universidade Federal de Alagoas – UFAL / Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Campos A. C. Simões, Tabuleiro do Martins, 57072-970. – f.(82)2141283 - Maceió-AL  
E-mail: [fmarroquim@ig.com.br](mailto:fmarroquim@ig.com.br)

(2) Universidade Federal de Alagoas – UFAL / Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Campos A. C. Simões, Tabuleiro do Martins, 57072-970. f.(82)2141283 - Maceió-AL  
E-mail: [gmb@ctec.ufal.br](mailto:gmb@ctec.ufal.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar termicamente o desempenho de unidades de um conjunto habitacional horizontal implantado na cidade de Maceió – AL, e as condições resultantes de conforto térmico de seus usuários. A avaliação térmica consiste de estudos de insolação e ventilação, sistema construtivo e tipos de proteção existentes nas unidades habitacionais, bem como análise das modificações mais frequentes realizadas pelos usuários e as conseqüências no desempenho térmico resultante das unidades. Medições ininterruptas de temperatura do ar e umidade relativa do ar com auxílio de *data-logger* e simulações teóricas do com uso de programas computacionais (ANALYSIS e ARQUITROP) permitiram a identificação dos fatores que mais influenciaram na temperatura interna dos ambientes e o conforto térmico resultante. Os resultados mostram a inadequação climática das unidades habitacionais, para diversas situações estudadas, enfatizando a importância de se levar em conta aspectos ligados ao conforto térmico, ainda na fase de concepção de projeto, como o cuidado com a orientação de modo a proteger da radiação excessiva e aumento das áreas de aberturas para ventilação. Algumas recomendações simples para alternativas de projeto são apresentadas.

### **ABSTRACT**

The present work aims at evaluating the thermal performance of specified units of housing projects in Maceió – AL and the thermal comfort conditions of the users. This analysis consists of studies on: solar radiation and ventilation, constructive systems and solar protection in the housing units, as well as analysis of the most frequent changes promoted by the users and the consequences in the resultant thermal performance. Uninterrupted measurements of air temperature and relative humidity with *data-loggers* in several units and computer simulations were conducted with the ANALYSIS and ARQUITROP programs. These measurements and simulations identified the factors with greater influence on the indoor temperature and the resultant indoor thermal comfort. The results had shown the climatic inadequacy of the housing units while emphasizing the importance of thermal comfort aspects during the design of the architectural project, such as the protection of the unit from direct solar radiation and the opening of wider ventilation areas. Some recommendations and guidelines have been presented.

## 1. INTRODUÇÃO

A tendência a uma padronização das soluções de projetos arquitetônicos e urbanísticos, aliados à falta de preocupação com a qualidade do projeto, provoca graves erros na concepção de conjuntos habitacionais, revelando, entre outros aspectos, a inadequação desses conjuntos às realidades sócio-econômicas, culturais e, particularmente, climáticas das regiões onde são implantados.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho térmico de um conjunto habitacional horizontal implantado em Maceió - AL, de clima quente e úmido, analisando unidades originais ou que sofreram modificações construtivas por parte de seus usuários, e as condições de conforto internas resultantes, tendo como abordagem o condicionamento térmico natural dos espaços.

Sabe-se que hoje, mais do que nunca, as habitações devem ser adaptadas rapidamente às novas situações derivadas das restrições energéticas. Nesse contexto, cabe ao profissional ligado à área de arquitetura e construção civil a elaboração de soluções de projeto energeticamente compatíveis com a realidade nacional e regional, ou seja, com técnicas construtivas que permitam o emprego do uso passivo de energia (LAMBERTS et al., 1997).

## 2. A CIDADE DE MACEIÓ E O CONJUNTO HABITACIONAL ESTUDADO

A cidade de Maceió, de clima tropical quente e úmido, situa-se no litoral do estado de Alagoas, nordeste brasileiro, latitude  $9^{\circ}39'57''S$  e longitude de  $35^{\circ}44'07''O$ , entre o Oceano Atlântico e o complexo estuarino das lagoas Mundaú e Manguaba. A temperatura média anual é de  $25,4^{\circ}C$  e variação anual de  $3,4^{\circ}C$  entre os valores médios mensais das temperaturas médias ( $26,7^{\circ}C$  em fevereiro e  $23,7^{\circ}C$  em julho, maior e menor média, respectivamente), e variações diárias inferiores a  $8^{\circ}C$ .

O Conjunto Habitacional Osman Loureiro, objeto de estudo do presente trabalho, está inserido no Clima Bom, bairro localizado na porção Noroeste da cidade. Ocupa uma área de  $302.815 m^2$  e está dividido em quatro quadras retangulares (A, B, C e D) em torno de uma praça central, contabilizando um total de 1063 lotes, os quais podem ser do tipo padrão ( $8m \times 20m$ ) e de esquina ( $10m \times 20m$ ). É totalmente pavimentado com paralelepípedo, apresentando vias de 7 m de largura (entre as quadras) e de 12 m (nas principais, ao redor da praça) (fig.01).

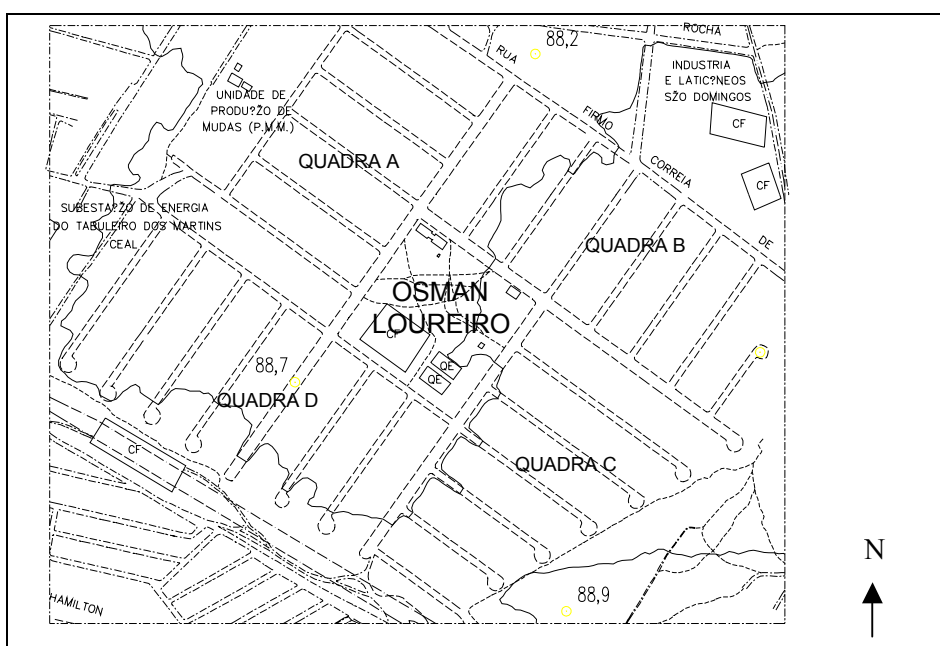


Figura 01 - Traçado do Conjunto Osman Loureiro

As unidades habitacionais do conjunto estão localizadas em um terreno de 160m<sup>2</sup> (8m x 20m) ou de 200m<sup>2</sup> (10m x 20m), com recuo frontal de 4,75m, lateral esquerdo de 1,55m e posterior de 5,50m, não sendo geminadas. As unidades são térreas, unifamiliares, padrão COHAB-AL e possuem uma área de aproximadamente 50m<sup>2</sup> e seis cômodos: sala, cozinha, banheiro e 3 quartos; orientados nos sentidos Norte/Sul (quadras A e C) e Leste/Oeste (quadras B e D).

As habitações do conjunto (fig.02) foram construídas utilizando alvenaria de bloco pré-moldado de concreto, 15cm, pintado, sem reboco em ambos os lados; piso de concreto comum áspero em todos os cômodos, sem revestimento (exceto banheiros, que apresenta revestimento cerâmico); forro de madeira (*pinus*) em todos os ambientes; cobertura de telha cerâmica sobre madeiramento com inclinação de 25%; portas em madeira e do tipo “abrir” com altura de 2,10m e larguras de 0,65m, 0,80m e 1,00m; janelas de alumínio e vidro cancelado de 4mm, “maxim-ar” (na sala, cozinha e banheiro) e de correr” (no restante dos cômodos), ambas sem proteções; muro de 0,80m de blocos vazados de concreto (cobogós).

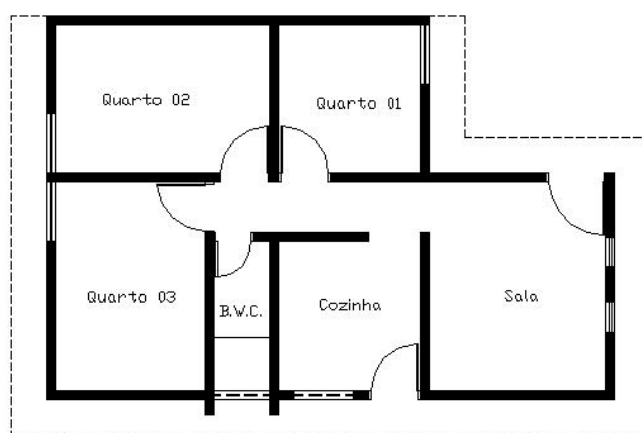


Figura 02 – Planta baixa original das unidades habitacionais estudadas

### 3. O DESEMPENHO TÉRMICO DO CONJUNTO OSMAN LOUREIRO

#### 3.1 Análise Qualitativa

O solo do conjunto encontra-se totalmente desprotegido e a vegetação é escassa. Os valores de transmitância térmica (U) das paredes externas (3,97 W/m<sup>2</sup>°C) e cobertura (3,67 W/m<sup>2</sup>°C) estão acima dos requisitos mínimos aceitáveis para a região (RORIZ et al., 1999), de  $U \leq 3,60$  W/m<sup>2</sup>°C para paredes externas e  $U \leq 2,30$  W/m<sup>2</sup>°C para coberturas. Os ambientes possuem áreas de ventilação inferiores às recomendadas em RORIZ et al. (1999), que indicam áreas maiores que 40% da área do piso (tabela 1):

Tabela 01 – Aberturas das unidades habitacionais estudadas

AMBIENTE	Área (m <sup>2</sup> )	Ventilação (%)	Adequação	Sombreamento
Sala	10,42	7,48	Não	Não
Quarto 01	5,92	9,29	Não	Não
Quarto 02	9,00	6,11	Não	Não
Quarto 03	8,77	6,27	Não	Não
B.W.C.	2,38	19,96	Não	Não
Cozinha	5,95	8,40	Não	Não

Todas as orientações possíveis das unidades apresentam sempre dois ambientes termicamente desconfortáveis, sendo a cozinha e o banheiro os ambientes que apresentam melhores condições de

ventilação (aberturas voltadas para ventilação predominante) e sombreamento nas orientações 1 e 2 (tabela 02).

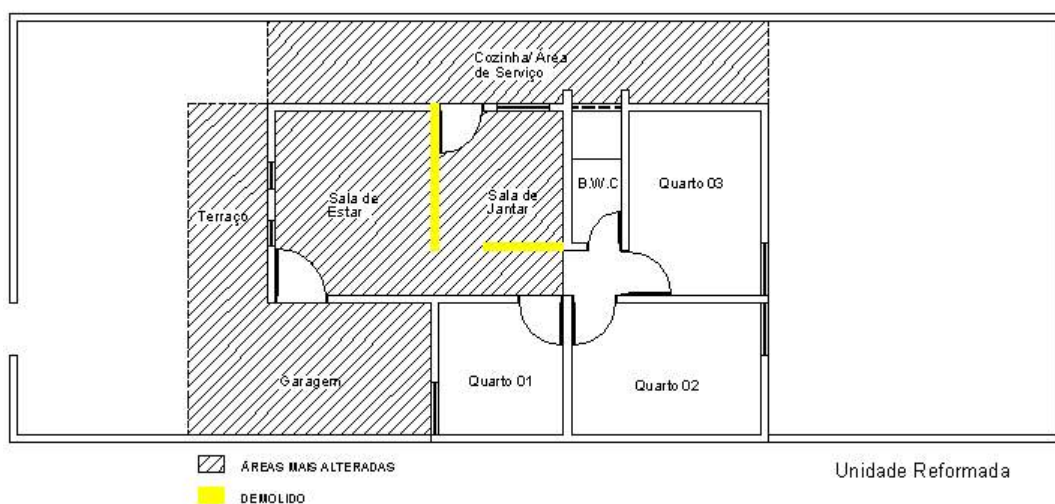
**Tabela 02 –Ventilação e sombreamento dos ambientes de acordo com suas orientações.**

Situação Ambiente	Orient. 01 (Quad. A e C)		Orient. 02 (Quad. A e C)		Orient. 03 (Quad. B e D)		Orient. 04 (Quad. B e D)	
	Vent.	Sombra	Vent.	Sombra	Vent.	Sombra	Vent.	Sombra
Sala	-	+ / -	+	+ / -	-	-	+	+
Quarto 01	-	+ / -	+	+ / -	-	-	+	+
Quarto 02	+	+ / -	-	+ / -	+	+	-	-
Quarto 03	+	+ / -	-	+ / -	+	+	-	-
B.W.C.	+	+	+	+	+ / -	+ / -	+ / -	+ / -
Cozinha	+	+	+	+	+ / -	+ / -	+ / -	+ / -

**LEGENDA:** (+) ambiente favorecido; (-) ambiente menos favorecido; (+/-) mediamente favorecido.

Os dispositivos de proteção solar existentes nas unidades consistem unicamente no prolongamento do telhado na parte frontal e lateral da casa (modificação freqüente nas unidades), além dos beirais de 0,50m em três fachadas da unidade, que não proporcionam uma boa proteção entre 9h e 16h.

As alterações mais usuais da configuração original das unidades consistem na construção de muros de proteção, terraço e garagem e ampliação de cozinha ou sala (fig.03). Na maioria das vezes, resultam no confinamento de alguns ambientes, comprometendo a iluminação, ventilação e, conseqüentemente, salubridade dos ambientes. De qualquer forma, a construção de garagem e terraço frontal pode ser considerada uma solução termicamente satisfatória ao sombrear ambientes próximos.



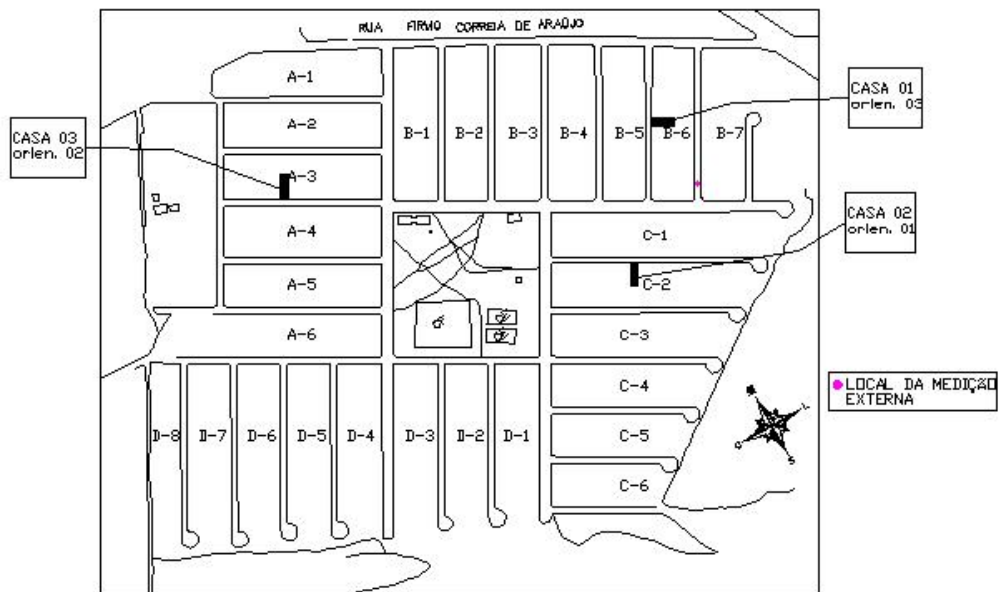
**Figura 03 – Unidade original e algumas alterações mais comuns entre os usuários**

### 3.2 Análise Quantitativa

Foram realizadas medições *in loco* em três unidades habitacionais do conjunto estudado, localizadas em quadras e orientações diferentes (fig.04) com o auxílio de *data-logger* portáteis (HOBO 8, da ONSET Computer Corporation), que registraram pelo período de uma semana, dados horários de

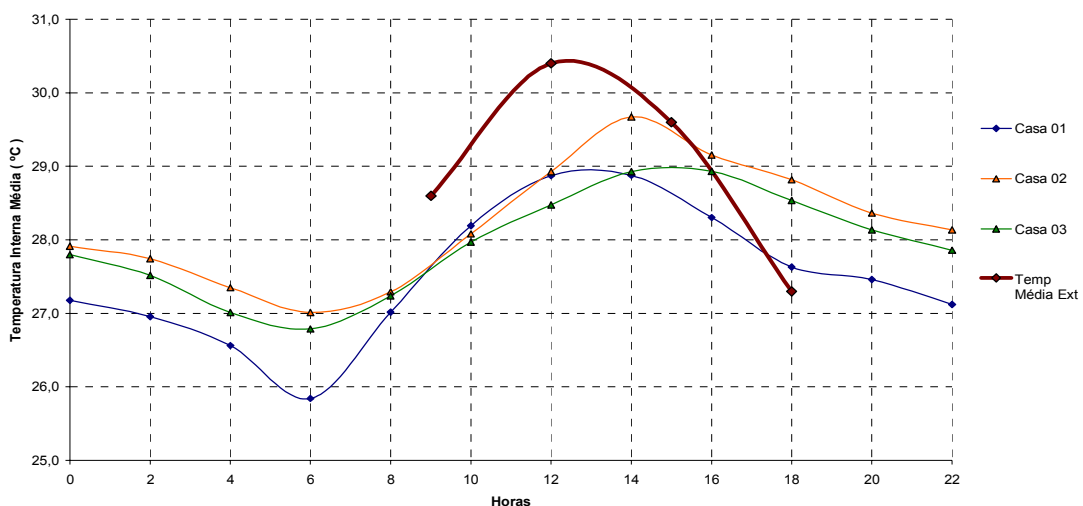
temperatura do ar e umidade relativa do ar, e medições do meio exterior imediato com auxílio de termômetro digital, de modo a identificar o comportamento das temperaturas externas do ar no entorno do conjunto analisado, e, conseqüentemente, para correlação com as condições internas medidas.

Foram adotadas orientações diferentes, nas medições, com o objetivo de se observar o comportamento térmico de uma mesma configuração de ambiente, para diferentes condições de exposição no conjunto estudado.



**Figura 04 – Localização das unidades onde foram efetuadas as medições “in loco”**

A temperatura e umidade das unidades observadas apresentaram amplitudes térmicas variando entre 2,2°C e 3,1°C e uma diferença de umidade entre 13,7% e 19,3% (fig.5). A temperatura interna média apresentou valores inferiores à temperatura média externa, porém muito próximas, indicando uma baixa inércia térmica da construção (baixos atrasos térmicos e coeficientes de amortecimento).



**Figura 05 - Temperaturas internas médias das unidades analisadas**

A casa 01 (orientação 03) apresentou as maiores amplitudes térmicas e maiores diferenças de umidade relativa do ar, registrando temperaturas menores do que as demais unidades durante quase todas as horas do dia, devido às alterações construtivas realizadas, como aberturas adicionais na sala propiciando ventilação cruzada, prolongamento do beiral e conseqüente sombreamento, além da

orientação (menores fachadas a leste/oeste), reduzindo os ganhos internos de calor tanto pelos fechamentos opacos quanto pelos transparentes.

Foram realizadas ainda simulações das condições térmicas internas dos ambientes estudados com o programa ARQUITROP (RORIZ & BASSO, 1989), com o objetivo de identificar que fatores que mais influenciaram na redução ou aumento da temperatura interna, visando um melhor conforto térmico para os usuários. Foram considerados inicialmente os mesmos elementos e materiais construtivos empregados na habitação original e, a partir daí, foram simuladas alternativas de diferentes sistemas de paredes e cobertura, diferentes taxas de renovação do ar, localização e tamanhos de abertura das esquadrias (área útil de ventilação) e diferentes dispositivos internos e externos de proteção.

Para os mesmos elementos e materiais da habitação original, verificou-se que as temperaturas internas simuladas apresentaram valores bastante próximos às temperaturas observadas para as quatro orientações, inferiores a 1,0°C com relação às temperaturas *in loco*, evidenciando a precisão do programa nas simulações de temperaturas internas para os casos estudados. Entretanto, o mesmo não ocorreu com as temperaturas externas (tabela 3), já que a temperatura externa fornecida pelo programa corresponde a um dado de entrada que expressa um valor médio relativo à cidade em estudo, e, portanto, para os casos estudados, não influenciou no resultado das temperaturas internas resultantes simuladas.

**Tabela 03 – Temperaturas médias internas e externas observadas e simuladas**

Tem. Ext. Média		Temperaturas Internas Médias					
		ORIENT. 01 NORTE		ORIENT. 02 SUL		ORIENT. 03 OESTE	
Observ.	Simul.	Observ.	Simul.	Observ.	Simul.	Observ.	Simul.
28,9°C	26,3°C	28,4°C	28,3°C	28,0°C	28,6°C	27,7°C	28,6°C
Diferença: 2,6°C		Diferença: 0,1°C		Diferença: 0,6°C		Diferença: 0,9°C	

Quanto às simulações com diferentes sistemas de paredes e coberturas, a escolha baseou-se nas recomendações bioclimáticas descritas em RORIZ et al. (1999) para valores de atraso térmico ( $\leq 3$  horas) e transmitância térmica. Constatou-se que o bloco de concreto aparente (apesar de possuir coeficiente de transmissão térmica maior que o recomendado) e a cobertura em telha fibrocimento com forro aglomerado e isolante (de menor transmitância térmica) apresentaram as maiores reduções nas temperaturas internas. A partir da escolha do sistema construtivo de melhor desempenho térmico, foram realizadas as seguintes simulações:

**SIMULAÇÃO 01** – aumento da taxa de renovação do ar de 5,6 (sugerido pelo programa) para 15 volumes/h (com mesma área útil de ventilação, de 0,78m<sup>2</sup>) - porta permanecendo fechada;

**SIMULAÇÃO 02** – aumento da janela frontal (1,50m x 1,10m) e duplicação da área útil de ventilação (1,56m<sup>2</sup>) – porta permanecendo fechada;

**SIMULAÇÃO 03** – aumento da janela frontal (1,50m x 1,10m) e acréscimo de janela lateral na fachada oposta à porta (1,00m x 1,10m), obtendo uma área de ventilação de 2,11m<sup>2</sup> e favorecendo a ventilação cruzada - porta permanecendo fechada;

**SIMULAÇÃO 04** – aumento da área útil de ventilação (2,88m<sup>2</sup>) com a abertura da porta de entrada, favorecendo a ventilação cruzada no ambiente. Na tabela 04 encontram-se os resultados para essas simulações.

Verificou-se que: **a)**- quanto maior a taxa de renovação no ambiente menor a temperatura interna, em qualquer que seja a orientação da sala (simulação 01); **b)**- as reduções na temperatura são menos significativas quando apenas se aumenta a área útil de ventilação (simulação 02) do que quando se

proporciona ventilação cruzada no ambiente (simulações 03 e 04); c)- aumentando-se a área útil de ventilação aumenta-se também a taxa de renovação do ar no ambiente, independentemente de favorecer ou não a ventilação cruzada.

**Tabela 04 - Simulações do ambiente com materiais de cobertura e paredes que apresentaram melhores desempenhos térmicos**

ORIENT.	TEMPERATURAS INTERNAS MÉDIAS SIMULADAS							
	Si. 01	Dife.	Si. 02	Dife.	Si. 03	Dife.	Si. 04	Dife.
01 (norte)	26,9°C	-0,2°C	27,0°C	-0,1°C	26,8°C	-0,3°C	26,8°C	-0,3°C
03 (oeste)	27,1°C	-0,3°C	27,3°C	-0,1°C	27,0°C	-0,4°C	27,0°C	-0,4°C

A partir do melhor resultado das alterações (simulação 03), foram realizadas simulações com o acréscimo de dispositivos de proteção internos e externos (tab. 05). O acréscimo de protetores externos, como treliça e toldo de plástico, registrou as maiores reduções na temperatura interna simulada, reforçando uma maior eficiência destes que os dispositivos internos. Evidenciou-se, com os resultados das simulações a importância da ventilação cruzada e do uso de dispositivos de proteção solar e de sistemas construtivos leves.

**Tabela 05 – Simulações com protetores solares internos e externos.**

ORIENTAÇÃO	TEMPERATURAS INTERNAS MÉDIAS SIMULADAS					
	CORTINA INTERNA		TRELIÇA		TOLDO PLÁSTICO	
	Temp.	Dif.	Temp.	Dif.	Temp.	Dif.
01 (norte)	26,8°C	0°C	26,7°C	- 0,1°C	26,7°C	- 0,1°C
03 (oeste)	27,0°C	0°C	26,7°C	- 0,3°C	26,7°C	- 0,3°C

Cálculos do PMV (Voto Médio Predito) e PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) através do programa ANALYSIS (LMPT/EMC; NPC/ECV, UFSC, 1994) para verificação das condições de conforto dos ambientes constataram que, para vestimenta e trabalho leves, há desconforto térmico na maior parte das horas analisadas (tabela 06).

**Tabela 06 – Avaliação do conforto térmico do ambiente através do programa Analysis**

		Temp. Interna Média	Umidade Relativa Média	PMV	PPD	CONFORTO TÉRMICO
<b>Orient.</b>	<b>Medição</b>	27,8°C	68,7%	1,3	41,9%	Levemente quente
<b>01 (norte)</b>	Simul. 02	27,0°C	79,5%	1,2	35,3%	Levemente quente
	Protetor Interno	26,8°C	79,5%	1,1	32,8%	
	Protetor Externo	26,7°C	79,5%	1,1	31,6%	
<b>03 (oeste)</b>	Simul. 02	27,3°C	79,5%	1,2	39,1%	
	Protetor Interno	27,0°C	79,5%	1,2	35,3%	
	Protetor Externo	26,7°C	79,5%	1,1	31,6%	

Avaliação realizada com o módulo Bioclimatologia do mesmo programa ANALYSIS, com a plotagem, em carta psicrométrica, dos dados de temperatura do ar e umidade medidos e simulados da tabela 6, confirmou, para todos os casos, a necessidade de se adotar a estratégia da ventilação cruzada para a obtenção de condições de conforto nos ambientes. Sabe-se que essa estratégia simples pode ser adotada na região, de clima quente e úmido, e que apresenta valores de temperatura do ar normalmente inferiores a 32°C.

#### **4. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES**

O trabalho confirmou que, para a obtenção de melhores condições de conforto térmico nos ambientes estudados deve-se dar maior ênfase à orientação das aberturas e ao tipo de esquadria a ser utilizada (com relação à área útil de ventilação), proteger as áreas envidraçadas que estejam sujeitas diretamente à radiação solar, além da colocação de aberturas para ventilação em mais de uma fachada, para ser possível a ventilação cruzada, com circulação adequada do ar.

Para as unidades estudadas, soluções simples e não dispendiosas podem ser adotadas para obtenção de melhorias no desempenho térmico para projetos futuros, amenizando o desconforto dos ambientes e propiciando maior bem estar aos seus usuários. A simples alteração na localização das esquadrias da sala e/ou dos quartos melhora significativamente o conforto térmico em seus interiores, já que passariam a receber a incidência dos ventos dominantes na região (nordeste/sudeste). A partir de beirais com uma extensão mínima de 1m ao redor da casa, pode-se obter uma maior proteção da radiação solar nas paredes, permitindo a abertura das janelas por um maior período do dia, melhorando assim, a circulação de ar pelas mesmas. Apenas a existência de varanda em frente e/ou ao lado da sala reduziria significativamente os ganhos de calor pelas fachadas, principalmente nas unidades voltadas para o oeste.

A adição de placas de concreto acima das esquadrias (tomando-se o cuidado para que não fiquem muito próximas das aberturas e direcionem o fluxo de ar para cima) ou até mesmo o uso de treliças de madeira ou de outro material que podem funcionar como protetores horizontais externos, também são soluções arquitetônicas que podem ser adotadas para obtenção de um maior período de proteção solar.

Com este trabalho pôde-se, enfim, comprovar a falta de preocupação com a qualidade do projeto de conjuntos habitacionais na cidade de Maceió. É de grande importância o estudo de aspectos relacionados ao conforto térmico ainda na fase de concepção desses projetos, permitindo a reformulação dos ambientes e elementos arquitetônicos de acordo com a orientação da unidade, permitindo a proteção solar devida e uma ventilação cruzada permanente.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

LAMBERTS, R. et al. (1997). Eficiência energética na arquitetura. PROCEL/ UFSC; 1 CD-ROM.

LMPT/EMC e NPC/ECV, UFSC. Analysis, versão 1.5: Programa Analysis para avaliação bioclimática e de conforto térmico. LMPT e NPC/UFSC, 1994. Programa. 3 Disquetes 3 ½ pol.

RORIZ, M.; BASSO, A. Arqitrop versão 3.0. São Carlos, 1989.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre desempenho térmico de habitações populares. In: V Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza/CE. *Anais*. UFC/ ANTAC, p.288-297.