



# ENTAC 2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

## ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DAS ÁREAS EXTERNAS DE DOIS CONJUNTOS HABITACIONAIS EM TERESINA/BRASIL

Prof<sup>a</sup> Ana Lucia R. C. da Silveira (1); Prof<sup>a</sup> Dra Marta A. B. Romero (2);

(1) Departamento de Construção Civil e Arquitetura – Centro de Tecnologia – UFPI;

Instituto Camillo Filho – Curso de Arquitetura e Urbanismo; e-mail:

[c\\_silveira@uol.com.br](mailto:c_silveira@uol.com.br) (2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de  
Brasília; e-mail: [bustosromero@terra.com.br](mailto:bustosromero@terra.com.br)

### RESUMO

As alterações do meio ambiente natural, como as geradas nas áreas urbanas, modificam o clima regional e dão origem a microclimas, em função da presença das edificações, das áreas pavimentadas, da ausência de vegetação e das atividades antropogênicas que geram calor. Estas variáveis modificam o balanço da radiação solar, alteram a ventilação natural e geram ilhas de calor em determinados pontos da cidade. Este trabalho analisa o desempenho térmico das áreas abertas de dois conjuntos habitacionais construídos em Teresina, o Condomínio Santa Marta (1990) e o Condomínio Hebron (1989). O objetivo da pesquisa é verificar se as condições climáticas dos conjuntos podem ser consideradas ilhas de calor na cidade, em função de suas características construtivas. Analisaram-se os seguintes parâmetros em relação ao entorno (densidade, topografia e uso do solo), ao condomínio (densidade, penetração dos ventos e orientação solar) e às áreas abertas (revestimento do solo, vegetação, relação altura dos edifícios e largura entre eles). Foram realizadas medições de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade dos ventos e temperatura radiante em determinados pontos de cada condomínio, durante três dias consecutivos, nos horários de 09:00, 15:00 e 21:00 horas e comparados estes valores com os medidos em estação meteorológica de referência na cidade. Os resultados mostraram significativa diferença entre os valores medidos nos condomínios e os encontrados na estação meteorológica, principalmente nos horários de 09:00 e 21:00 horas, caracterizando estes espaços como microclimas urbanos, em função das variáveis estudadas.

Palavras chaves: microclima urbano, conjunto habitacional;

### ABSTRACT

This work studies the microclimate in housing estates of the Northeast of Brazil, in Teresina, located at 05°05' south latitude, with 750.000 inhabitants approximately. The regional climate is classified as tropical continental, with wet summer and dry winter. The annual medium temperature is 28°C. The constructions, paved areas, anthropogenic activities and the diminishing vegetation change the regional climate and produces the urban climate. This variables cause modifications in the radiation balance and in the natural ventilation, creating heat islands in the urban areas. The research objective is to verify if the climate conditions in housing estates can be considered heat islands, as a result of their constructive characteristics. The two housings estates analyzed have 25 and 10 buildings with 04 floors and 16 apartments each building. It was analyzed the density, topography and ground use of the surroundings, the wind and solar direction of the buildings, the ground covering, the distance between buildings and the height/width relations. Measurements of the air temperature, relative humidity, wind direction and velocity were done in five external points in each housing estates, during three days, at 09:00, 15:00 and 21:00, in the hot dry season. The results were compared with the data from the meteorological station of the city. The research showed that the housing estates created microclimates in the urban area that can be considered heat islands, due to their characteristics.

## 1. INTRODUÇÃO

O clima de uma região é modificado por diversos fatores nas cidades, tais como a alta densidade das áreas construídas, em substituição às áreas verdes e não pavimentadas, a produção de calor devido às atividades antropogênicas, como as indústrias, veículos e equipamentos, a redução da vegetação e a poluição. Essas alterações dão origem ao clima urbano, que difere do clima regional em seus elementos.

Nas áreas urbanas, todos os elementos climáticos são alterados em relação à área rural adjacente: a temperatura do ar é mais alta, a umidade relativa é mais baixa, os ventos são modificados em direção e velocidade e as precipitações são mais freqüentes.

Os elementos climáticos são modificados pelos fatores locais e determinam o microclima. De acordo com ROMERO (1988) e SZOCOLAY (2004), destacamos:

- a) Topografia: declividade, orientação, exposição, elevações ou vales perto do lugar;
- b) Superfície do solo: natural ou artificial, albedo, permeabilidade, temperatura do solo, áreas pavimentadas ou vegetação;
- c) Objetos tridimensionais: árvores, arbustos, paredes ou edifícios pois estes podem influenciar os ventos, gerar sombras e subdividir a área em espaços menores com microclimas distintos;

LYNCH (1986) ressalta a importância do controle das condições microclimáticas pelos projetistas, por interferirem nas trocas térmicas e de vapor d'água entre o meio ambiente e os espaços construídos. As trocas de calor por radiação, convecção e condução correspondem a três características físicas, o albedo<sup>1</sup>, a condutividade e a turbulência, decorrentes dos materiais e formas escolhidas no projeto.

Em relação às áreas abertas, a sensação de conforto do usuário é determinada pelos elementos climáticos temperatura, umidade relativa e velocidade do ar e também pela radiação solar direta, indireta e difusa incidente no ambiente, bem como da irradiação térmica das superfícies do entorno construído. Desta forma, as características construtivas e os materiais empregados nas vias e espaços públicos irão contribuir significativamente para a sensação de conforto.

O desempenho das áreas urbanas, portanto, depende das características do clima, da morfologia e dos materiais utilizados no recinto urbano que devem ser empregados de acordo com o clima da região, para se obter espaços adequados às atividades humanas.

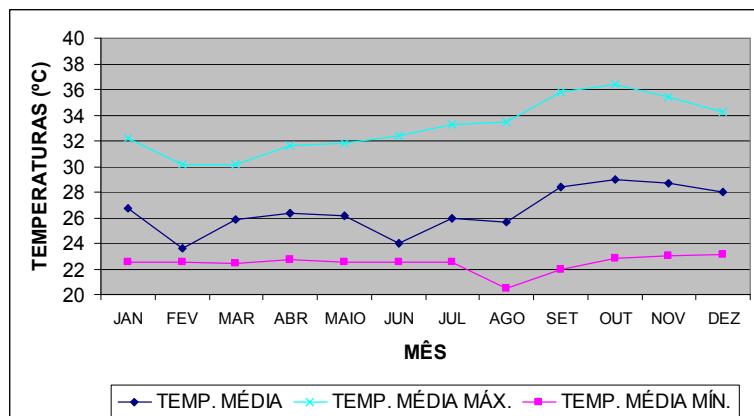
ROMERO (1999) apresenta um modelo de análise bioclimática do espaço urbano, fundamentado nas modificações do meio ambiente natural produzidas pelo processo de urbanização. Essas alterações interferem no clima local gerando microclimas urbanos, modificam a propagação do som e da luz nos ambientes urbanos e causam alterações no processo de materialização da forma. O equilíbrio térmico entre o homem e o meio ambiente é rompido, trazendo graves consequências à qualidade de vida urbana e à sustentabilidade ambiental.

Neste contexto e visando uma aproximação correta das ações transformadoras do meio natural, este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho térmico das áreas abertas de dois conjuntos habitacionais construídos em Teresina, o Condomínio Santa Marta (1990) e o Condomínio Hébrom (1989) e verificar se as condições climáticas dos conjuntos podem ser consideradas ilhas de calor na cidade, em função de suas características construtivas.

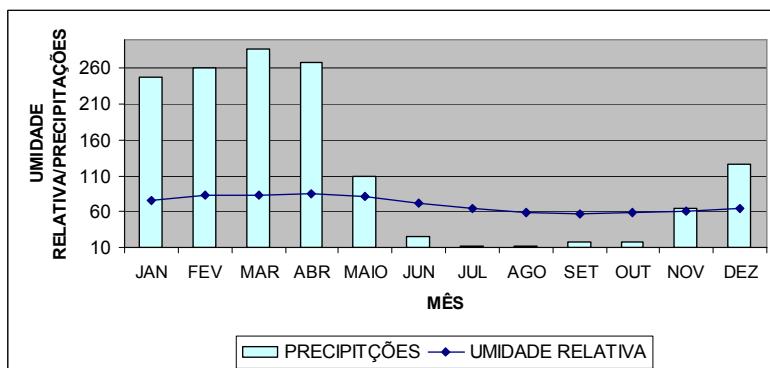
---

<sup>1</sup> O albedo é a porcentagem da radiação total incidente sobre uma superfície que é refletida de volta, ao invés de ser absorvida. A absorção da radiação solar nas áreas urbanas depende tanto do albedo das superfícies de revestimento do solo e das fachadas, como do seu arranjo geométrico. A radiação solar absorvida por sua vez aquece as superfícies que passam a emitir radiação de ondas longas, em função da emissividade do material que constitui a superfície, aumentando a temperatura do ar.

O clima em Teresina<sup>2</sup> apresenta duas estações bem distintas, com inverno seco e chuvas de verão, correspondendo ao clima tropical continental, por se localizar afastado da faixa litorânea. De acordo com SILVEIRA (1999), durante o primeiro semestre o clima é quente e úmido, com a média das temperaturas máximas entre 30 a 32°C e umidade relativa média entre 75 a 85%. As chuvas são concentradas neste período, nos meses de dezembro a maio. No segundo semestre, praticamente não há precipitações, o clima é quente e seco, com temperaturas médias máximas entre 33 a 36°C e umidade relativa do ar entre 55 a 65%. Há elevada presença de calmarias, cerca de 40% das horas do ano e os ventos são fracos, com velocidade média de 1,4 m/s e direção predominante sudeste.



**Fig. 01 – Gráfico de temperaturas média, média das máximas e média das mínimas;**



**Fig. 02 – Gráfico de precipitações e umidade relativa do ar;**

Trabalhamos com a hipótese que, os conjuntos habitacionais, em função de suas dimensões e das características das áreas construídas e dos espaços abertos, induzem a formação de microclimas que, por sua vez, interferem no desempenho térmico dos edifícios. Neste sentido, o tratamento dado aos espaços abertos, em termos de revestimento do solo, vegetação, orientação solar e aos ventos e morfologia é determinante nas condições de conforto térmico e utilização dessas áreas.

Os espaços abertos, sob o enfoque bioclimático, devem ser projetados como “mediadores entre o clima externo e o ambiente no interior do espaço público demarcado” (ROMERO, 2001), criando espaços

<sup>2</sup> Teresina situa-se a 05°05' de latitude sul e 42°48' de longitude oeste. O clima regional é classificado de acordo com Köppen como megatérmico sub-úmido (Aw).

que contribuam positivamente para o conforto ambiental das áreas externas e das áreas internas das edificações. A autora agrupa em quatro grandes categorias os elementos a serem analisados no estudo dos espaços públicos: a forma, o traçado, a superfície e o entorno e apresenta as principais características de cada uma das categorias que devem ser consideradas nas análises dos espaços urbanos.

## 2. METODO UTILIZADO

Inúmeros estudos têm sido realizados com o objetivo de verificar as condições microclimáticas e de conforto dos espaços urbanos, procurando determinar as situações ótimas, para cada tipo de clima, que permitam o usufruto dos espaços, tais como as praças, os parques, as vias e as calçadas pela população. Estes trabalhos partem do princípio que o microclima urbano é determinado pela interação entre as características climáticas da região e as alterações promovidas pelos indivíduos no meio ambiente, na criação dos espaços urbanos e construídos.

DUARTE; MAITELLI (1999), CASTELO BRANCO (2001), COSTA; ARAUJO (2003), SILVA; CORBELA (2004) realizaram trabalhos que utilizam método teórico-experimental, relacionando o desenho urbano e as características dos materiais das áreas abertas com as variáveis climáticas locais.

Nessa linha de trabalho, analisamos o desempenho térmico das áreas abertas de dois conjuntos habitacionais em Teresina, relacionando as características dessas áreas com o resultado de medições de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos realizadas no local e com os dados registrados em estação meteorológica de referência na cidade.

Em relação aos condomínios, foram levantados os seguintes parâmetros:

- a) Do entorno: topografia, densidade e uso do solo;
- b) Do conjunto habitacional: taxa de ocupação do solo, densidade construída, penetração dos ventos e orientação solar;
- c) Das áreas abertas: revestimento do solo, áreas verdes, relação altura e distância entre os prédios;

Nos dois condomínios foram realizadas medições de variáveis climáticas no mês de novembro, durante três dias consecutivos, nos horários de 09:00, 15:00 e 21:00. Este período do ano é considerado típico do período quente e seco, com altas temperaturas durante o dia e baixa umidade. Estes valores (as médias das variáveis climáticas medidas para cada horário) foram comparados com os dados da estação meteorológica da EMBRAPA, nos mesmos dias e horários. A estação está situada em uma área na periferia da cidade, cercada de áreas verdes e com baixa densidade. O tratamento estatístico dos dados coletados foi realizado utilizando-se o programa SPSS.

## 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Inicialmente foram levantadas *in loco* e através dos projetos de arquitetura, as características dos dois conjuntos habitacionais.

### a) O Condomínio Santa Marta

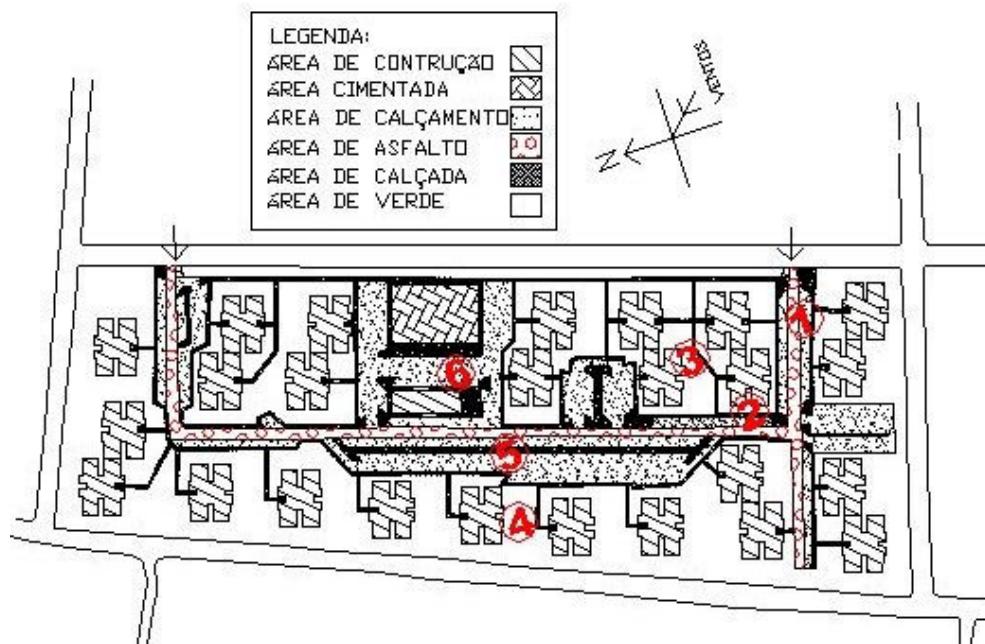
O Condomínio Santa Marta foi construído pela iniciativa privada em 1990. O terreno tem uma área de aproximadamente 3,8ha, com 400 apartamentos distribuídos em 25 blocos. Cada bloco tem 04 pavimentos e 04 apartamentos por andar, com 72,0m<sup>2</sup> de área construída cada um. O entorno se caracteriza por ter densidade baixa, topografia plana, uso do solo residencial, com habitações unifamiliares e uma área verde situada a oeste do conjunto (figura 01). A leste existe outro condomínio com mesma configuração e taxa de ocupação.

De acordo com a planta de situação (figura 02), os blocos têm orientação leste/oeste e com no mínimo 19m de distância entre eles, permitindo a penetração dos ventos dominantes de sudeste. A relação

altura versus largura entre blocos é baixa, igual a 0,68, o que garante boas condições de ventilação entre os prédios e de insolação das áreas abertas. A taxa de ocupação do solo é pequena, apenas 21,11% e 30% do solo é impermeabilizado pelos materiais de revestimento.



**Figura 01 – Foto área Condomínio Santa Marta**



**Figura 02 – Planta de situação Condomínio Santa Marta e pontos de medições**

### b) O Condomínio Hebron

O Condomínio Hebron, construído em 1989 por iniciativa privada, possui 140 apartamentos, distribuídos em 10 blocos com 04 pavimentos cada. A metade do pavimento térreo é aberta, com pilotis, e utilizada como garagem. Os apartamentos têm 91,40 m<sup>2</sup> de área construída cada. O entorno se caracteriza por ter baixa densidade, bem arborizada e uso residencial (figura 03).

A planta de situação (figura 04) mostra que os blocos têm orientação leste/oeste. Os prédios estão bastante próximos, com relação entre a altura dos prédios e a distância entre eles grande ( $H/W = 2,13$ ). A taxa de ocupação do solo é alta, de 45,29% e 31,26% da área do terreno é impermeabilizada e revestida com materiais que absorvem grande parte da radiação solar incidente.



Figura 03 – Foto área Condomínio Hebrom

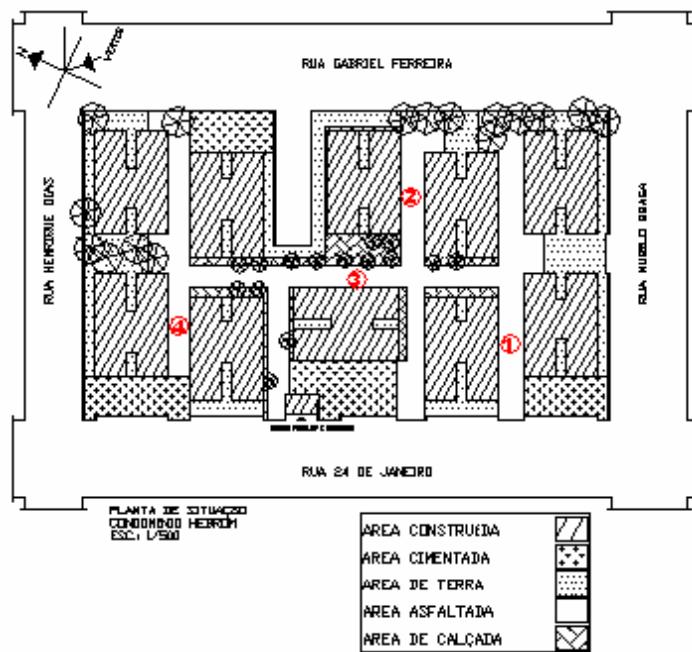


Figura 04 – Planta de situação do Condomínio Hebrom e pontos de medições

As características das áreas abertas dos dois condomínios estão sintetizadas na tabela 01 a seguir:

**Tabela 01 – Dados sobre as áreas do terreno, construída e revestimentos do solo**

REVESTIMENTO DO SOLO			SANTA MARTA		HEBROM	
ITEM	MATERIAL	ALBEDO	ÁREA	%	ÁREA	%
Área verde	Grama/árvores	15	17848,87	46,72	994,0	9,54
Ruas + estacion.	Asfalto	10	1710,93	4,48	1906,20	18,29
	Pedra	25	6104,58	15,98		
Calçadas	Cimentado	30			286,81	2,75
	Pedra portug.	25	3105,27	8,13		
Quadra	Cimentado	30	787,49	2,06	1065,49	10,22
Solo nú	Terra	20			1415,74	13,59
Área construída			8064,71	21,11	4718,18	45,29
Área terreno (m <sup>2</sup> )			38199,17		10416,98	
Altura/largura (H/W)				0,68		2,13

### c) O resultado das medições realizadas nas áreas externas

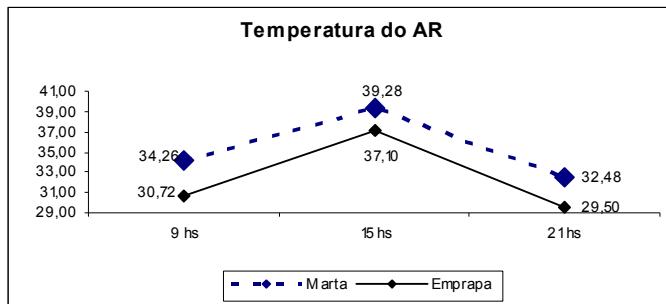
Em cada condomínio foram realizadas medições de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade dos ventos, utilizando-se um termo-higrômetro digital da marca Instrutherm, modelo HTR-157 e um anemômetro digital marca Instrutherm, modelo AD As medições foram feitas nos horários de 09:00, 15:00 e 21:00, de acordo com recomendação da OMM, a uma distância de 1,0 m do solo.

No Condomínio Hebrom as medições se realizaram nos dias 18, 21 e 22 de novembro e no Condomínio Santa Marta nos dias 04, 06 e 07 de novembro. Em cada local escolheu-se 04 e 06 pontos, respectivamente, de maneira a contemplar os diversos tipos de revestimentos do solo e outras características do conjunto (figura 03 e 04).

Considerando que existe uma correlação entre todas as variáveis climáticas analisadas, utilizou-se a análise de variância multivariada, para análise dos resultados coletados nos conjuntos e na estação meteorológica de referência. O resultado da análise mostrou que os dois conjuntos têm comportamentos distintos em relação à estação de referência, ou seja, quando comparadas em conjunto, as condições ambientais são distintas. O resultado é apresentado nos gráficos a seguir.

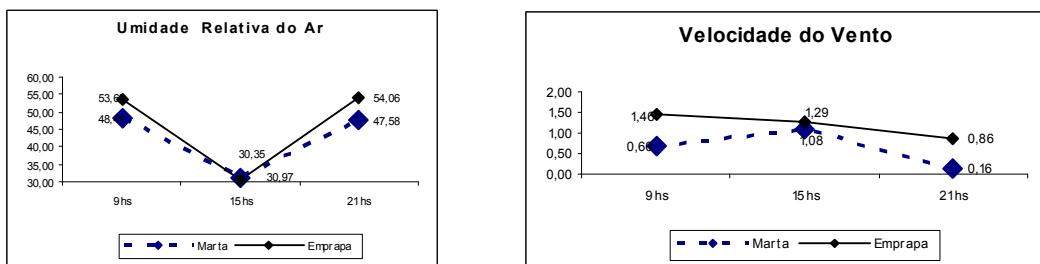
No Conjunto Santa Marta, as médias das variáveis, quando comparadas isoladamente, são significativamente diferentes no que diz respeito à temperatura do ar e velocidade dos ventos. A variável umidade relativa do ar não apresentou diferença significativa em relação à estação de referência.

O gráfico da temperatura do ar (figura 05) mostra que pela manhã e à noite a diferença entre as temperaturas encontradas é de cerca de 3°C, diminuindo para 2°C, aproximadamente, durante à tarde. O Condomínio Santa Marta apresenta baixa taxa de ocupação do solo, apenas 21,11% e grande área verde, 46,72%, composta de grama e árvores de médio e grande porte, que contribuem para o sombreamento do solo e manutenção da umidade relativa do ar mais alta.



**Figura 05 – Condomínio Santa Marta – gráfico da temperatura do ar**

De acordo com o gráfico (figura 06), a umidade relativa do ar, apesar de não apresentar diferença significativa, é mais baixa nos horários da manhã e à noite, coincidindo às 15:00 horas, quando foi registrado o valor mais baixo. A velocidade dos ventos no interior do condomínio é significativamente diferente, como pode ser visto no gráfico, apresentando valores mais baixos do que os da EMBRAPA, que se encontra numa região onde não há interferência de edificações. No interior do condomínio, a velocidade dos ventos é modificada pela presença das edificações, em função da orientação, criando zonas com baixa velocidade do ar ou mesmo de ar estagnado a sotavento dos obstáculos.

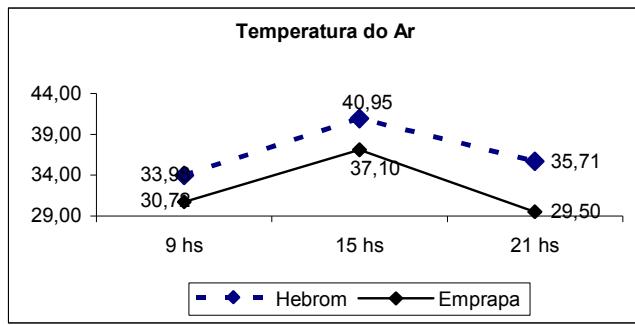


**Figura 06 – Condomínio Santa Marta – gráficos da umidade relativa e velocidade do vento**

No Conjunto Hebm, as médias das variáveis, quando comparadas isoladamente, são significativamente diferentes apenas no que diz respeito à temperatura do ar. As variáveis umidade relativa e velocidade dos ventos não apresentaram diferenças significativas em relação à estação de referência, como pode ser observado nos gráficos.

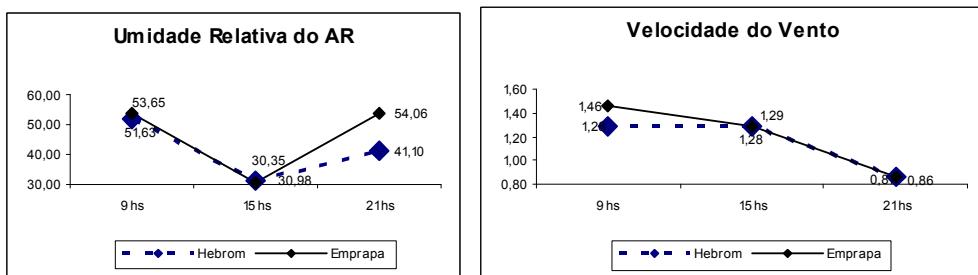
A temperatura do ar no Condomínio Hebm (figura 07) em todos os horários, se mostra mais elevada que a estação de referência. Essa diferença é menor no período da manhã ( $\Delta = 3,2^{\circ}\text{C}$ ) quando as superfícies de revestimento do solo começam a se aquecer e maior à noite ( $\Delta = 6,2^{\circ}\text{C}$ ), quando o calor acumulado pelos materiais durante o dia passa a emitir radiação térmica, em função de sua emissividade.

Neste conjunto, a taxa de ocupação do solo é alta, de 45, 29% e cerca de 31,29% das áreas são revestidas com asfalto ou cimentado, materiais com baixo albedo que absorvem bastante a radiação solar. A emissividade destes materiais é alta, acima de 90%.



**Figura 07 – Condomínio Hebrom – gráfico da temperatura do ar**

A umidade relativa do ar é praticamente igual pela manhã e à tarde, como se vê no gráfico (figura 08). À noite a umidade no conjunto é menor, em função da pequena porcentagem de áreas verdes, apenas 10%, de árvores. Não há áreas de grama, que ajudam a manter por mais tempo a umidade do ar mais alta.e a área de solo impermeabilizado é alta. A velocidade do vento no interior do conjunto não apresentou diferenças significativas, embora o mesmo se encontre dentro de área urbana. Tal fato pode ser explicado pela proximidade dos prédios ( $H/W = 2,13$ ), que canalizam os ventos e aumentam a sua velocidade.



**Figura 08 – Condomínio Hebrom – gráficos da umidade relativa e velocidade do vento**

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com o resultado das medições realizadas e com o tratamento estatístico dos dados, podemos afirmar que nos dois conjuntos habitacionais a temperatura do ar é diferente daquela registrada na estação meteorológica de referência, em função das modificações decorrentes nas áreas urbanas, pela presença das edificações e do revestimento das áreas abertas. Esta diferença se mostrou maior no período noturno e no conjunto que tem maior taxa de ocupação do solo e maior área de solo pavimentado, demonstrando assim a lógica da criação de ilhas de calor pelo excessivo revestimento das superfícies urbanas.

Nos dois conjuntos pesquisados a umidade relativa do ar não apresentou diferenças significativas em relação à da estação meteorológica. Às 15:00 a umidade relativa é a mais baixa e igual nos três locais. Durante a noite, a umidade é mais baixa no conjunto onde não existe revestimento de grama e a taxa de impermeabilização do solo é maior, comprovando mais uma vez que as superfícies mais permeáveis auxiliam na diminuição do calor urbano.

A pesquisa mostrou que existe uma relação entre a relação  $H/W$  e a velocidade dos ventos. Onde esta relação é maior e os espaços abertos são menores, o vento é canalizado e aumenta a sua velocidade,

diminuindo a diferença em relação à estação de referência. Entretanto, a canalização altera também a direção dos ventos e pode diminuir a ventilação que penetra nos ambiente internos das edificações.

O trabalho deve ser aprofundado, realizando-se medições também no período quente e úmido, para verificar o comportamento das variáveis ambientais e poder apresentar conclusões e diretrizes de projeto para a construção de conjuntos habitacionais na região.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTELO BRANCO, A. E. *O desenho urbano e sua relação com o microclima: um estudo comparativo entre duas áreas centrais em Teresina-PI*. 2001. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.
- COSTA, A., ARAÚJO, V. Thermal comfort assessment in open spaces: an instrument of urban management for the district of Petrópolis, in the coastal city of Natal, RN. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 20., 2003, Chile. *Anais...* Chile: PLEA, 2003. 1 CD-ROM.
- DUARTE, D.; MAITELLI, G. Clima urbano e planejamento em regiões tropicais continentais. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 5., 1999, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ANTAC, 1999. 1 CD-ROM.
- LYNCH, K.; HACK, G. *Site planning* . 3.ed. Cambridge: MIT, 1986.
- OKE, T. R. *Boundary layer climates*. Londres: Routledge, 1987.
- ROMERO, M. A. B. Desempenho das constantes morfológicas: Índices de adequação ambiental na periferia do Distrito Federal. In: PAVIANI, A. (Org.). *Brasília: gestão urbana*. Brasília: Editora UnB, 1999. p.
- ROMERO, M. A. B. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, 2001.
- SILVA, C. A. S.; CORBELLA, O. D. Conforto ambiental urbano: apropriação e análise de dados microclimáticos. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 2004. 1CD-ROM.
- SILVEIRA, A. L. R. C. *Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares em Teresina- PI*. 1999. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade de Brasília, Brasília, 1999.