

O MICROCLIMA EM CONJUNTOS HABITACIONAIS NA REGIÃO TROPICAL SUB-ÚMIDA DO BRASIL

(1) Silveira, Ana Lucia R. C. da (2) Romero, Marta A. B.

(1) Universidade Federal do Piauí e Instituto Camillo Filho, Centro de Tecnologia, Campus Ininga, 86-3216-8809, c_silveira@uol.com.br (2) Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, romero@unb,Br

RESUMO

As modificações do espaço natural decorrentes da urbanização dão origem ao clima urbano. Essas transformações importam ganho de energia na estrutura urbana, que acarreta a diminuição da umidade, o aumento das precipitações locais, a alteração da ventilação vertical e horizontal e a formação de ilhas de calor urbanas. Dentro da camada de cobertura urbana, vários micro-climas são gerados em função da estrutura urbana, da cobertura do solo, das edificações e do metabolismo urbano. Este trabalho trata do micro-clima dentro de conjuntos habitacionais compostos de edifícios com quatro pavimentos na região tropical sub-úmida do Brasil. Foram analisados três condomínios, localizados dentro da mesma zona urbana em Teresina-PI, e feitas medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, em 6 pontos em cada condomínio, durante 3 dias consecutivos, nos horários de 09:00, 15:00 e 21:00 horas, no período quente e úmido. Quando comparados com os dados da estação meteorológica de referência, os resultados mostraram que as temperaturas em média são mais elevadas e a umidade relativa do ar mais baixa. Os condomínios geram pequenas ilhas de calor na cidade, com diferenças de mais de 3°C e os espaços abertos nos condomínios são bastante desconfortáveis.

ABSTRACT

The modification of natural space as an effect of urbanization causes the urban climate. These transformations result in a gain of energy in urban structure, but bring a decrease in humidity, an increase in local precipitation, a change in the vertical and horizontal ventilations and cause islands of urban heat. Inside the urban canopy layer several microclimates are created in function of the urban structure, the soil cover, the buildings and the urban metabolism. This work studies the internal microclimate of housing states composed of buildings with four floors in the tropical region of Brazil. The research analyzes three condominiums in the same urban zone of Teresina, PI. In six points of each condominium, the air temperature, the air relative humidity, the velocity and direction of the winds are measured at nine am., three pm. and nine pm., during three consecutive days, in the hot and humid period of the year. When compared with the meteorological station data for the same days, the results showed that the temperatures in average are higher and the relative humidity of the air is lower. In general, the condominiums created little islands of heat in the city, showing differences of more than 3°C, that makes their open spaces very uncomfortable.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo irreversível em todo o planeta. Aproximadamente metade da população do planeta vive em áreas urbanas e existem cerca de 19 cidades, 15 em países subdesenvolvidos, com mais de 10 milhões de habitantes. No Brasil, cerca de 75% da população vive em áreas urbanas. De acordo com Rogers (2001), as cidades consomem três quartos de toda a energia do mundo e causam três quartos da poluição global. As construções, por sua vez, consomem cerca de 50% de todos os recursos naturais, o que as tornam a atividade menos sustentável do mundo. Este quadro é o resultado da forma como as cidades vêm se desenvolvendo e da maneira pela qual o ambiente natural é transformado, a fim de abrigar as atividades humanas. Somente com o planejamento sustentável das cidades essa situação pode ser revertida e as cidades podem se tornar espaços saudáveis, social e economicamente viáveis.

Esse trabalho investiga o microclima gerado no interior dos conjuntos habitacionais destinados à população de baixa e média renda e o conforto térmico de suas áreas externas, considerando as situações de desconforto térmico presentes na grande maioria desses empreendimentos no Brasil. As condições climáticas existentes no interior dos conjuntos habitacionais possibilitam a utilização das áreas externas no interior dos mesmos e influenciam diretamente as condições de conforto no interior das edificações. Na maioria dos exemplos estudados, é marcante a avaliação negativa dos conjuntos habitacionais, no que se refere às condições ambientais dos seus espaços externos e internos. Este fato pode ser constatado na maioria dos trabalhos sobre o conforto ambiental em habitações populares, apresentados em congressos e encontros como o NUTAU (1998, 2000, 2002, 2004), ENCAC (2001, 2003, 2005), PLEA (2003) e ENTAC (2003, 2005).

A região climática a ser analisada nessa pesquisa é classificada, de acordo com Köppen, como megatérmico sub-úmido (Aw), com inverno seco e chuvas de verão, correspondendo ao clima tropical continental, por se localizar afastada da faixa litorânea. É marcada pelo forte contraste entre a estação seca, no inverno, e as precipitações concentradas no verão. Essa região corresponde aproximadamente à região bioclimática 07, de acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro proposto pela NBR15220 (2005).

Teresina situa-se a 05°05' de latitude sul e 42°48' de longitude oeste. O clima da região se caracteriza por ter duas estações bem distintas. 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.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O clima pode ser definido como o conjunto de condições meteorológicas características do estado médio da atmosfera em determinada região da Terra. Enquanto o tempo é o estado médio da atmosfera em determinado momento, o clima se refere às características da atmosfera observadas por um longo período. De acordo com Ayoade (2001), o clima “é a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos”.

Para Monteiro & Mendonça (2003: 19), o clima urbano é “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. O clima urbano, apesar de local, está intimamente relacionado com o clima regional, numa escala mais ampla. Mas também pode ser subdividido em escalas menores, até chegar aos microclimas, como a cidade se divide em setores, bairros, ruas e casas.

No estudo do clima urbano, as características morfológicas das áreas urbanas definem a dimensão das escalas, por terem influência na atmosfera. De acordo com Oke (2004) as principais características são:

- a) A estrutura urbana: dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, largura das ruas e espaçamentos;
- b) A cobertura do solo: área construída, pavimentada, arborizada, solo nu, água;
- c) O tecido urbano: materiais naturais e artificiais;
- d) O metabolismo urbano: as atividades, a produção de calor, de água e de poluentes;

As alterações geradas pelo ambiente urbano no clima regional têm como fenômeno mais característico a formação de ilha de calor sobre as cidades, que se caracteriza pelo aumento da temperatura do ar, devido à morfologia urbana, às propriedades térmicas dos materiais de revestimento do solo e dos edifícios e à ausência de áreas verdes, alterando o balanço da radiação nas áreas urbanas.

De acordo com Oke (1987:290), comparando-se as temperaturas do ar entre uma zona urbana e a zona rural adjacente, a principal característica é o reduzido resfriamento na área urbana no início da noite, ao tempo que, na zona rural, a temperatura do ar diminui rapidamente após o por do sol. As diferenças de temperatura do ar são maiores durante a noite, e atingem o valor máximo entre 3 a 5 horas depois do por do sol. Durante o dia, as temperaturas rapidamente se igualam. A ilha de calor é mais intensa à noite, em situações de ventos fracos e céu descoberto, quando as diferenças entre os microclimas são mais evidenciadas.

Entre os parâmetros de maior importância para o controle da ilha de calor e do consumo de energia nas áreas urbanas, podemos citar o albedo das superfícies, as áreas verdes, a geometria das ruas e a produção antropogênica de calor.

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 conseqüências à qualidade de vida urbana e à sustentabilidade ambiental.

Dentro da camada de cobertura urbana, o cânion urbano é a unidade padrão para o estudo do microclima. Os cânions são formados por três superfícies (paredes e piso) e três lados abertos. O microclima nos cânions é determinado pelas características radiativas, térmicas e de umidade dos materiais construtivos, pela geometria do cânion (relação altura e largura) e pela orientação solar e em relação aos ventos. O estudo das temperaturas do ar e das superfícies e da circulação do ar dentro dos cânions urbanos, através da análise do balanço térmico, visa otimizar o consumo de energia das edificações, o conforto térmico dos pedestres e a dispersão dos poluentes.

3. O MÉTODO APLICADO

Este trabalho parte de parâmetros bioclimáticos que influenciam o desempenho térmico dos espaços abertos dos condomínios. De acordo com Givoni (1998), Olgyay (1998), Romero (2001), Gonçalves et al (2002) e Pinho, Pedro e Coelho (2003), Oke (2004), e Grimmond (2006), podemos estabelecer os parâmetros bioclimáticos a serem pesquisados nesse trabalho, dada sua importância no desempenho dos espaços urbanos.

Esses parâmetros são de dois tipos: (1) os climáticos, que indicam o tipo de clima da região e o microclima urbano, representados pelos elementos climáticos, como a temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos e (2) os parâmetros do ambiente construído, que expressam as características do espaço urbano em questão e agregam os principais parâmetros que interferem no desempenho ambiental dos espaços, considerando suas relações com o aporte das energias naturais, como a radiação solar e os ventos.

A análise do espaço construído se faz em duas escalas: a intermediária, onde as características do bairro são analisadas e a local onde são estudados os parâmetros do condomínio como um todo, dos espaços abertos e dos edifícios.

Foram escolhidos três condomínios habitacionais com edifícios de quatro pavimentos, em função de variáveis consideradas parâmetros para avaliação do desempenho térmico das áreas externas. Os condomínios escolhidos se encontram numa mesma região da cidade, com certa homogeneidade construtiva, de uso e de ocupação do solo.

Os condomínios habitacionais pesquisados foram escolhidos a partir da análise da cidade e de visitas a diversos bairros. A definição final se deu em função das variáveis citadas anteriormente. Utilizou-se como referência os dados da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) na EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias).

Foram realizadas medições dos elementos climáticos, nas áreas externas de conjuntos habitacionais previamente escolhidos, em função da morfologia e dos materiais de revestimento do solo que influenciam o microclima do entorno das edificações. Em cada condomínio, foram selecionados seis pontos onde, por um período de 03 dias consecutivos em uma mesma semana, simultaneamente nos três locais, nos horários de 09:00, 15:00 e 21:00 horas (de acordo com recomendação da OMM), foram realizadas as medições da temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos. As medidas foram tomadas a uma altura média de 1,2m do solo, utilizando-se aparelhos termo-higrômetros da marca Instruterm, modelo HRT -157.

Os dados foram comparados com os valores medidos nos mesmos horários na estação meteorológica do INMET em Teresina, situada em área da EMBRAPA, com baixa densidade populacional e pouca área construída. Esse procedimento visa estabelecer relações entre as variáveis: a forma dos espaços urbanos (altura dos edifícios e largura dos espaços), a orientação solar e os ventos, os revestimentos do solo, e vegetação e o micro-clima determinado por esses fatores.

4.OS CONDOMÍNIOS ANALISADOS

Os três condomínios analisados nessa pesquisa situam-se na zona norte de Teresina, região que se caracteriza pela baixa densidade e pelos usos predominantemente residencial (com casas unifamiliares e edifícios de até 4 pavimentos), comercial e onde se localiza o aeroporto da cidade (Figura 01). A taxa de ocupação média é de 37%, a área permeável em torno de 46%, relativamente plana (declividade média de 2%), e altitude média de 75m. A distância máxima entre os condomínios é de 1,5 km.

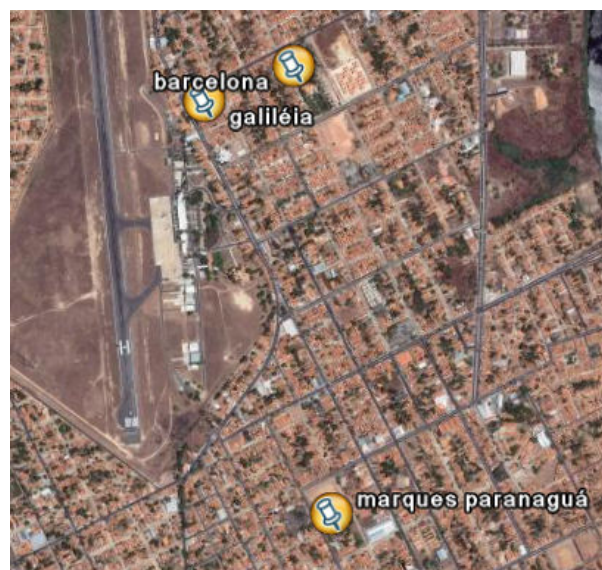


Figura 01 – Localização dos condomínios

Esses três condomínios foram construídos pela iniciativa privada, nas décadas de 1990 e 2000, destinados à classe média. Todos possuem quatro apartamentos por andar, com escada central e quatro pavimentos. A área dos apartamentos varia entre 70 a 50 m². Em relação ao arranjo dos prédios no terreno, em dois condomínios os prédios estão dispostos em torno de área central pavimentada, com calçamento de pedra que serve de estacionamento enquanto o outro possui arranjo mais compacto e pilotis, com o estacionamento no piso térreo (Fig. 02, 03 e 04)

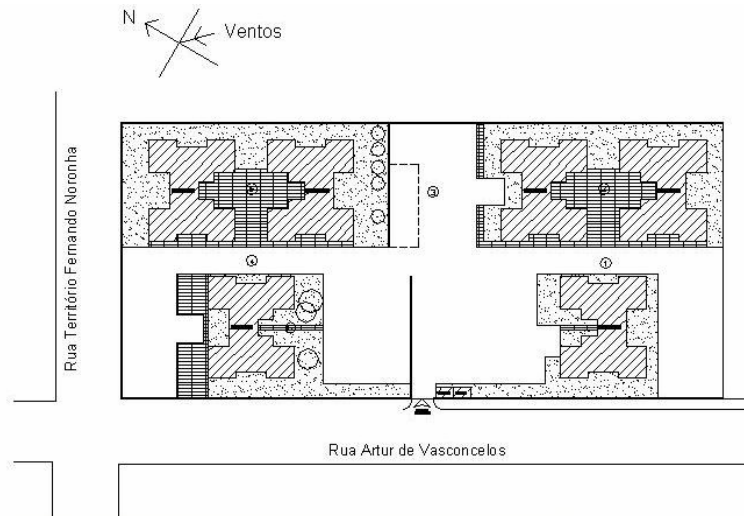


Figura 02 – Planta de situação do Condomínio Barcelona

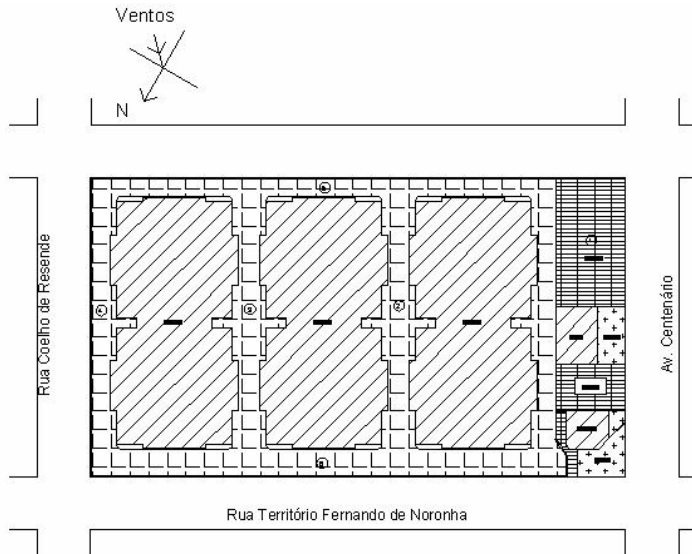


Figura 03 – Planta de situação do Condomínio Galiléia

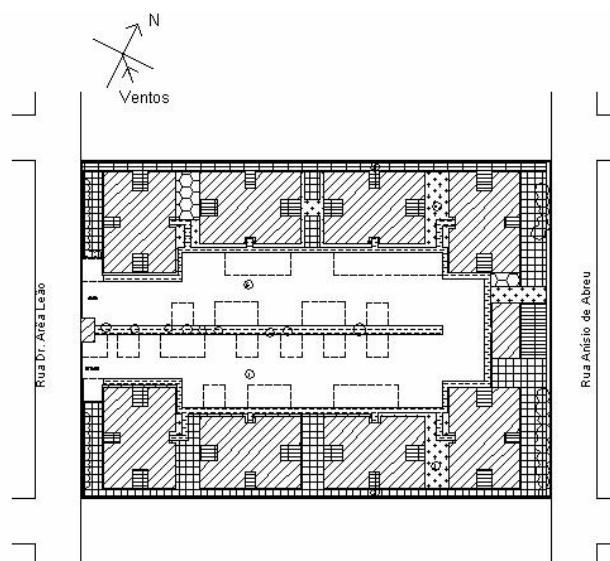


Figura 04 – Planta de situação do Condomínio Marquês de Paranaguá

Na micro-escala dos condomínios, foram estudados parâmetros relacionados com o conjunto como um todo (taxa de ocupação, área permeável, área de sombreamento), com os espaços abertos (geometria do cânion, materiais de revestimento do solo, albedo, orientação solar e ventos) e com os edifícios (altura, orientação, material das fachadas e pilotis). Os principais parâmetros construtivos dos condomínios estão sintetizados na tabela 01:

Condomínio / Parâmetro	Barcelona	Galiléia	Marques de Paranaguá
Taxa de ocupação (%)	23,70	57,80	33,60
Área permeável (%)	24,35 (solo nu)	2,19 (grama)	6,46 (grama)
Área de sombreamento (%) – árvores e abrigo para carros	2,36	-	12,87
Área pavimentada (%)	51,95	40,0	59,93
H/W	2,07 / 2,25	2,7	0,35 / 2,16
Área impermeável total (%)	75,65	97,81	93,54
Pilotis	Não	Sim	Não

Tabela 01 – Principais parâmetros construtivos dos condomínios

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados coletados de temperatura e umidade relativa do ar em todos os pontos de cada condomínio foram comparados com os registrados na estação meteorológica da EMBRAPA nos mesmos horários e tratados estatisticamente, utilizando-se o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Science*). Os dados foram analisados separadamente por horário.

Pela manhã, às 09:00 horas, todos os condomínios apresentam temperatura do ar maior que a registrada na estação de EMBRAPA, com diferenças de até 3,73°C. O condomínio Galiléia é o que apresenta a menor diferença (1,81/C). Em relação à umidade relativa do ar, todos apresentam valores menores que o da estação meteorológica, com diferenças de até 23,06%, no condomínio Barcelona.

À tarde (15:00 horas), todos os locais também têm a temperatura do ar superior à da estação de referência, mas as diferenças são menores. A umidade relativa do ar é menor no Barcelona e Galiléia. No Marquês de Paranaguá a diferença não é significativa.

No horário das 21:00 horas, todos os condomínios apresentam temperaturas do ar mais elevadas, com diferenças superiores a 3°C. A umidade relativa do ar nos três locais é bastante inferior à da estação de referência.

A tabela 02 apresenta os resultados por horário e por condomínio, considerando a diferença entre os valores medidos e os registrados na estação meteorológica de referência. Considerando-se o clima de Teresina e as temperaturas elevadas registradas diariamente na cidade, durante todo o ano, é desejável que as áreas externas do condomínio apresentem temperatura do ar e umidade relativa do ar o mais próximo possível das registradas na estação de referência. As diferenças a mais de temperatura significam que as áreas são muito quentes e as diferenças de umidade relativa, revelam que o ar é muito seco.

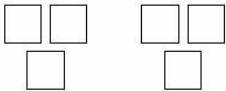
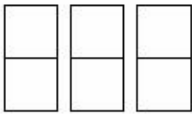
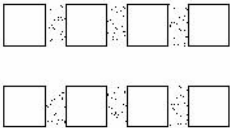
Horário	Elemento climático	Cond. Barcelona	Cond. Galiléia	Cond. Marquês
				
09:00	Temperatura do ar (°C)	+3,73	+1,81	+3,60
	Umidade relativa do ar (%)	-23,06	-13,10	-6,87
15:00	Temperatura do ar (°C)	+2,18	+1,4	+2,14
	Umidade relativa do ar (%)	-17,38	-10,79	-
21:00	Temperatura do ar (°C)	+3,04	+3,03	+3,38
	Umidade relativa do ar (%)	-26,66	-21,85	-11,27

Tabela 02 – Comparação entre os valores registrados nos condomínios e os da estação meteorológica

O resultado do tratamento estatístico dos dados foi comparado com os parâmetros dos condomínios citados anteriormente, para cada horário, destacando-se os seguintes pontos mais relevantes:

Em relação à temperatura do ar, pela manhã, o condomínio Galiléia apresenta a menor temperatura, em função da grande relação H/W = 2,7, que sombreia o solo nas primeiras horas do dia. Nos outros dois condomínios, com arranjo espacial dos edifícios em torno da área de estacionamento, revestida com calçamento de pedra exposta à radiação solar, a temperatura do ar se eleva rapidamente. O pequeno percentual de grama e árvores nestes condomínios também contribui para esse resultado.

À tarde, a diferença entre a temperatura do ar nos condomínios e a da EMBRAPA é a menor, e não há diferença significativa entre os condomínios.

À noite, a temperatura do ar mais elevada em todos os condomínios evidencia a formação de ilha de calor, tanto onde os espaços abertos estão bastante expostos à radiação solar quanto onde a relação H/W é alta. No primeiro caso, os materiais de revestimento do solo absorvem bastante a radiação solar, devido ao baixo albedo, e emitem radiação térmica durante a noite. No outro caso, o valor H/W igual a 2,7 dificulta as perdas de calor noturnas, por irradiação de ondas longas para o céu.

Em relação à umidade relativa do ar, o Condomínio Barcelona apresenta valores significativamente inferiores aos da EMBRAPA, nos três horários, apesar de apresentar a maior área permeável (24,35% de solo nu). A escassa presença de vegetação e a grande área pavimentada (calçamento de pedra e cimentado) exposta à radiação solar o dia todo torna este local o mais seco de todos. O Condomínio Galiléia também é

bastante seco, em função de sua área quase que totalmente impermeabilizada (97,81%) e da ausência de vegetação.

6. CONCLUSÕES

De acordo com esta pesquisa, pode-se afirmar que os três condomínios apresentam ilhas de calor, com temperaturas do ar superiores e umidades relativas do ar inferiores às da estação meteorológica de referência. As áreas abertas, impermeabilizadas e expostas à radiação solar, e a ausência de vegetação (grama e árvores) são determinantes para a ocorrência desse fato. A relação H/W elevada cria espaços quase claustrofóbicos que, embora contribua para que as temperaturas do ar sejam menores durante o dia, dificulta as perdas de calor durante a noite.

A utilização das áreas externas dos condomínios é bastante comprometida em função das altas temperaturas, baixa umidade relativa e grande exposição à radiação solar. Essas condições climáticas também interferem no desempenho dos espaços internos dos apartamentos, pois geram um micro-clima no próprio condomínio.

Outros elementos climáticos, como a velocidade e direção dos ventos, também devem ser analisados, para um estudo mais aprofundado dos espaços abertos dos condomínios. O trabalho deve se estender a outras épocas do ano, para permitir uma análise mais completa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Encontro da ANTAC. [S.I.] : ANTAC, 1988-2004. (Congresso bi-anual)
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e Encontro Latino-americano de Conforto no ambiente Construído. [S.I.]: ANTAC, 1990-2005. (Congresso bi-anual)
- AYOADE, J.O. *Introdução à climatologia dos trópicos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- GONÇALVES, H. et al. Ambiente construído, clima urbano e qualidade térmica dos edifícios em Lisboa-Portugal. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO NUTAU, 2002, São Paulo. *Anais...* São Paulo: NUTAU, 2002. 1 CD-ROM.
- GRIMMOND, S. State of ar observational techniques and use of data in urban modeling.
- MONTEIRO, C. A. F., MENDONÇA, F. *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.
- NUCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO. Seminário Internacional NUTAU. São Paulo: 1998-2004. (Seminário bi-anual)
- OKE, T. R. *Boundary layer climates*. Londres: Routledge, 1987.
- OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. WMO, Report nº81, 2004.
- OLGYAY, V. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1998.
- PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE. International Conference on Passive and Low Energy Architecture. [S.I.]: University of Cambridge, 1981-2005. (Congresso annual)
- PINHO, A.; PEDRO, J. B.; COELHO, A. B. The influence of the built environment in microclimatic variations. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2003, Chile. *Anais...* Chile: PLEA, 2003. 1 CD-ROM.
- ROGERS, R., GUMUCHDJIAN, P. *Ciudades para um pequeno planeta*. Barcelona: Gilli, 2000.

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.

ROMERO, M. A. B. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, 2001.