



AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS HABITACIONAIS NA REGIÃO TROPICAL SUB-ÚMIDA DO BRASIL

Silveira, Ana Lucia R. C. da

Mestre em Arquitetura, professora da Universidade Federal do Piauí e do Instituto Camillo Filho, c_silveira@uol.com.br

RESUMO

O desempenho de uma edificação pode ser avaliado em função do comportamento do edifício quando submetido às condições normais de exposição. Esse trabalho trata da avaliação do desempenho de habitações destinadas à população de baixa e média renda. Foram analisados alguns sistemas construtivos e materiais utilizados na construção de edifícios habitacionais de até 04 pavimentos, com o objetivo de investigar quais as soluções mais adequadas ao clima da região tropical sub-úmida do Brasil. Entre esses, podemos citar o sistema estrutural com pilares e vigas de concreto e vedações em tijolos cerâmicos de 6 furos, a alvenaria estrutural com blocos de concreto ou blocos cerâmicos e a construção com sistema misto que utiliza pilares e vigas de concreto em conjunto com paredes estruturais. A metodologia para avaliação do desempenho térmico proposta pelo projeto de normalização COBRACON/ABNT (1998) estabelece critérios mínimos a serem atendidos pelas habitações de interesse social, a partir de um zoneamento bioclimático do Brasil. Os valores dos parâmetros propostos pelo projeto de norma para a região foram comparados com os valores calculados para cada tipo de edificação escolhido. Além desses parâmetros, outros, relacionados com o entorno e a implantação dos conjuntos habitacionais foram investigados.

ABSTRACT

The building performance can be evaluated by how it works when it is submitted to normal conditions of exposition. This work studies the performance of dwellings destined to people with low and medium profile of income, in the tropical sub-humid region of Brasil. The buildings analised used the strutral system of pillars and beans of concrete and walls of ceramis bricks, structured masonry with concrete or ceramic blocs or a mixed system using pillars and concrete beans together with strutral walls. The evaluation methodology of thermal performance proposed by the normalization project COBRACON/ABNT (1998) presents minimal standards to be fulfilled by social dwellings, based in a bioclimatic zonig of the country. The values and strategies proposed by the project were compared with the values calculeted and found in each type of buildings analised. Others variables concerned with the surroundings and the location of the apartment complexes were also investigated.

1. INTRODUÇÃO

A habitação continua sendo um bem de difícil acesso para boa parte da população brasileira que, sem outra alternativa, vive em condições de precariedade em termos de moradia. O déficit habitacional no Brasil é estimado em 6 milhões de unidades, o que demonstra a necessidade de uma política

habitacional que atenda principalmente às classes de baixa e média renda. De acordo com trabalho realizado por Cardoso & Ribeiro (2002) sobre a produção pública habitacional em 45 entre os maiores municípios brasileiros, o déficit habitacional dos municípios na região nordeste é de 14,8% do total dos domicílios e o déficit em relação à demanda por aluguel é de 6,8% (dados do IBGE/1991). A inadequação dos domicílios existentes, por falta de infra-estrutura, no nordeste chega a 71,4% dos domicílios, demonstrando a gravidade das carências habitacionais da região. Os governos estaduais e municipais, através das COHABs e outros programas, são os maiores financiadores de habitações de interesse social e, no âmbito nacional, a Caixa Econômica Federal é atualmente a maior financiadora, através de programas como o PAR (Programa de Arrendamento Residencial).

Contudo, a produção de edificações habitacionais destinadas à população de baixa e média renda, na maioria dos casos, procura apenas resolver o problema do déficit habitacional existente, sem considerar as questões relacionadas com a qualidade dos espaços construídos, com a qualidade de vida e com a satisfação dos usuários das unidades habitacionais. Este trabalho analisa o desempenho térmico de edifícios residenciais de até 04 pavimentos construídos na região sub-tropical úmida do Brasil, considerando as características climáticas específicas da região e as situações de desconforto presentes na grande maioria dessas habitações no Brasil. 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 e ENCAC 1997, 1999, 2001.

Os edifícios pesquisados estão localizados em Teresina, na região climática classificada de acordo com Köppen como megatérmica sub-úmida (Aw), com inverno seco e chuvas de verão, correspondendo ao clima tropical continental, por se localizar afastado da faixa litorânea. Essa região abrange parte do Brasil central e parte do nordeste. É marcada pelo forte contraste entre a estação seca, no inverno, e as precipitações concentradas no verão. As temperaturas médias anuais são maiores que 18°C e a amplitude térmica menor que 5°C. Essa região corresponde aproximadamente à região bioclimática 07 (com exceção da área relativa ao semi-árido do nordeste, classificada como Bsh por Köppen) do projeto de norma da COBRACON/ABNT (1998), que utilizaremos como metodologia de avaliação do desempenho das edificações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O edifício é o intermediário entre o meio externo e o ambiente interno, controlando as variáveis do meio ambiente e criando condições adequadas para a realização das atividades humanas nos espaços construídos. O principal objetivo do edifício ao ser projetado é proporcionar bem-estar aos usuários, o que pode ser traduzido em termos de conforto psico-fisiológico. Este engloba as condições ambientais no que se refere ao som, calor, frio, luz, tato e as reações individuais aos estímulos ambientais. Cabe ao projetista conhecer estas variáveis e propor soluções que melhor atendam às necessidades dos usuários, em termos ambientais, formais, estéticos e simbólicos. O desempenho de uma edificação pode ser avaliado em função do comportamento do edifício quando submetido às condições normais de exposição e se esse comportamento satisfaz às exigências dos usuários ou não.

O bioclimatismo é uma metodologia de projeto que leva em conta as relações do espaço construído com o meio ambiente e estabelece diretrizes para a adequação dos edifícios e dos espaços urbanos ao lugar, considerando as particularidades do clima, da topografia, da vegetação, dos ventos e do sol, entre outras. O desempenho térmico dos edifícios habitacionais é influenciado, portanto, pelas condições do entorno e da implantação do conjunto de edifícios além das características do próprio edifício e de seus elementos construtivos.

O entorno é a área adjacente ao local de implantação do edifício ou do conjunto deles e suas características são importantes por terem influência no microclima da região, em função de variáveis como a vegetação, a topografia, o tipo de solo, a presença de obstruções naturais ou artificiais, a massa das edificações existentes, o tamanho e a orientação das ruas.

As condições do entorno interferem no microclima por alterarem a absorção e reflexão da radiação solar, em função dos materiais de revestimento do solo e das edificações e por modificarem a velocidade e direção dos ventos locais, que são alterados devido à presença de obstáculos naturais ou artificiais.

O edifício controla as trocas entre o meio externo e o interno, e suas características determinam as condições ambientais dos espaços internos. Os materiais que constituem o edifício são determinantes das trocas térmicas entre o meio externo, em função das temperaturas externas e da radiação solar, e o meio interno, nos edifícios condicionados naturalmente. De acordo com Givoni (1998), três propriedades dos fechamentos controlam essas trocas: a resistência térmica das superfícies, a inércia térmica da construção e a absorção ou reflexão da radiação solar pelas superfícies externas da edificação.

Desta forma, torna-se necessário o conhecimento das características térmicas dos materiais empregados nos fechamentos opacos e transparentes utilizados na edificação, que são expressos através de coeficientes ou valores referentes à transmitância térmica, atraso térmico, fator de calor solar, coeficiente de absorção e reflexão da radiação solar, capacidade térmica específica, densidade de massa, condutividade térmica, emissividade dos elementos, entre outros.

Neste trabalho serão analisados os principais sistemas construtivos e materiais utilizados na construção de edifícios habitacionais, com o objetivo de investigar quais as soluções mais adequadas ao clima da região. Entre esses, podemos citar o sistema estrutural com pilares e vigas de concreto e vedações em tijolos cerâmicos de 6 furos, a alvenaria estrutural com blocos de concreto ou blocos cerâmicos e a construção com sistema misto que utiliza pilares e vigas de concreto em conjunto com paredes estruturais. A escolha de um sistema é determinada em função dos custos, mão-de-obra especializada, rapidez de execução, entre outros aspectos, mas dificilmente o conforto ambiental decorrente dos materiais empregados é levado em conta na escolha do sistema construtivo.

Sob o ponto de vista do desempenho térmico e do uso de energia, os edifícios de apartamentos podem ter vários tipos de soluções espaciais que têm diferentes características e propriedades, em função da possibilidade de uso da ventilação natural e da área da superfície do envelope da edificação exposta à radiação solar.

Givoni (1998, p.221) classifica os edifícios de apartamentos, em relação ao desempenho climático, em dois tipos básicos: (a) edifícios com longos corredores, servidos por escadas ou elevadores, que dão acesso às unidades habitacionais dos dois lados ou de um só lado do corredor e (b) edifícios com escadas ou elevadores que dão acesso a 2, 3 ou 4 unidades.

Os edifícios com corredor central e unidades dos dois lados são considerados “*não adequados sob o ponto de vista da ventilação natural, do conforto e do uso de energia solar, em qualquer tipo de clima quente e especialmente para população de baixa renda que não pode pagar pelo uso de climatização artificial*” (ibid., p.224). Os edifícios com corredor lateral permitem o uso constante da ventilação cruzada nas unidades, necessária nos climas quente e úmidos, apesar de não garantirem a privacidade acústica na maioria dos casos.

Além da orientação das fachadas aos ventos dominantes e da presença de obstruções externas, o potencial de ventilação natural dos ambientes internos é determinado pelo tamanho, disposição e da área útil para ventilação das aberturas. Os elementos externos ou internos de proteção das aberturas também influenciam a ventilação natural, o aporte da radiação solar e o potencial de iluminação natural dos ambientes construídos.

Baseado no conhecimento das características da arquitetura bioclimática e dos estudos realizados pelos autores já citados, este trabalho busca avaliar de maneira ampla o desempenho térmico de edifícios habitacionais de até 04 pavimentos localizados na região sub-úmida do Brasil.

3. METODOLOGIA

O projeto de norma da COBRACON/ABNT (1998) sobre o Desempenho Térmico de Edificações é um dos primeiros trabalhos que estabelecem diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, a partir do zoneamento bioclimático brasileiro e das exigências de conforto para cada região. “Visa o conforto, a salubridade, a conservação de energia e a obtenção de financiamentos junto à CEF”, de acordo com Pietrobon, Lamberts e Pereira (2001).

A metodologia para avaliação do desempenho térmico – aplicável na fase de projeto - proposta pelo projeto de normalização COBRACON/ABNT (1998) estabelece critérios mínimos a serem atendidos pelas habitações de interesse social, a partir de um zoneamento bioclimático do Brasil. A carta bioclimática de Givoni (1992) foi adaptada às condições brasileiras e o território foi dividido em 8 zonas bioclimáticas. Para cada uma foram estabelecidos os seguintes parâmetros e diretrizes bioclimáticas:

- a) tamanho das aberturas para ventilação;
- b) proteção das aberturas;
- c) vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- d) estratégias de condicionamento térmico passivo;

O projeto de norma também apresenta valores para a transmitância térmica, o atraso térmico e o fator de ganho solar das paredes e coberturas das edificações, considerando as exigências ambientais dos usuários e o menor consumo de energia. Os parâmetros estabelecidos podem ser utilizados de maneira fácil e expedita na avaliação de edificações ainda na fase de projeto como quando da obra já construída, para se verificar a sua adequação ao clima da região.

A região climática em estudo – tropical sub-úmida do Brasil – é aproximadamente a zona bioclimática 07 deste projeto de norma, que estabelece os seguintes parâmetros e diretrizes para a região:

- a) Aberturas para ventilação pequenas, entre 10 a 15% da área de piso;
- b) Aberturas sombreadas;
- c) Vedações externas: paredes pesadas, compostas de materiais com transmitância térmica $\leq 2,2$ W/m²K, atraso térmico $\geq 6,5$ horas e fator de calor solar $\leq 3,5$ % e coberturas pesadas, compostas de materiais com transmitância térmica $\leq 2,0$ W/m²K, atraso térmico $\geq 6,5$ horas e fator de calor solar $\leq 6,5$ % ;
- d) estratégias para condicionamento térmico passivo: resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva, nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa;

Também foram utilizados neste trabalho critérios de avaliação de habitações de interesse social apresentados por Romero e Ornstein (2003), de maneira a complementar a avaliação realizada, no que diz respeito ao número de horas de insolação recomendados para os diversos ambientes da habitação e os critérios de desempenho para a ventilação natural.

Além das diretrizes de projeto recomendadas pelo projeto de norma, que tratam basicamente de algumas características das edificações e dos elementos construtivos, outras características do entorno, do terreno e da edificação são também relevantes no desempenho térmico dos espaços construídos, de acordo com IPT (1986), IPT (1998), Givoni (1998), Olgyay (1998) e Bustos Romero (2001), por terem influencia no aporte das energias naturais como a ventilação e a radiação solar. Entre estas podemos citar algumas das mais importantes no caso de edifícios residenciais de até 04 pavimentos: (a) em relação ao entorno, a orientação e largura das ruas, altura das edificações vizinhas, a topografia, o revestimento do solo; (b) em relação à implantação, o tratamento das áreas livres, a presença de vegetação, o afastamento entre as edificações e a disposição dos prédios.

4. OS EDIFÍCIOS PESQUISADOS

Foram escolhidos como objeto de estudo 03 conjuntos habitacionais, dois construídos pela COHAB-PI, um da década de 1980 e outro de 1990, e um conjunto construído pela iniciativa privada mas financiado pelo PAR/CEF, em fase de conclusão. Na escolha, levou-se em consideração o período de construção, a implantação, os sistemas construtivos utilizados, o arranjo espacial, a orientação solar entre outras variáveis. Na tabela 01 foram apresentados alguns dados sobre os mesmos:

Tabela 01 – Dados sobre os conjuntos habitacionais

CONJUNTO HABITACIONAL	ANO CONCL.	QUANT. APTOS	ÁREA APTº (M²)	SISTEMA CONSTRUTIVO
1. João E. Falcão	1986	996	55,0	Estrutura de concreto armado e vedações de tijolos cerâmicos de 6 furos;
2. Verde	1997	416	50,59 e 64,60	Sistema misto de pilares e vigas de concreto e alvenaria estrutural;
3. Bilbao	2004	144	44,03	Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos;

Em relação à tipologia, o primeiro apresenta 04 apartamentos por andar, com escada central e 3 andares, sem pilotis. Os outros dois possuem 04 andares, um com 08 unidades por andar e o outro com 04 unidades, conforme as fotos e figuras 01, 02 e 03. O arranjo das unidades por andar e a orientação determinam o potencial de ventilação e iluminação dos apartamentos.



Foto 01 – Conj. João E. Falcão

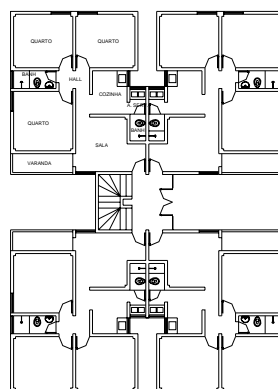


Figura 01 – Planta baixa aptº João E. F.

O Conjunto João E. F. utilizou uma planta compacta (figura 01) com apartamentos e aberturas voltados para quatro orientações opostas, que gerou apartamentos com insolações diferenciadas e tornou mais difícil a ventilação cruzada nas unidades.



Foto 02 – Conj. Verde

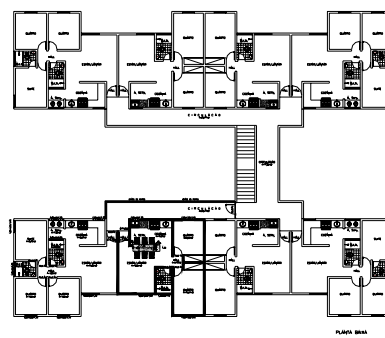


Figura 02 – Planta baixa aptº Verde

No caso do Conjunto Verde, a planta em “H”(figura 02) com os dois blocos mais afastados e as aberturas para duas orientações opostas possibilita uma melhor ventilação cruzada nos apartamentos e a insolação mais favorável das fachadas. Entretanto, os dois apartamentos centrais têm menos privacidade acústica e iluminação natural menor, em função das aberturas dos quartos e cozinhas voltadas para a circulação externa.



Foto 03 – Conj. Bilbao

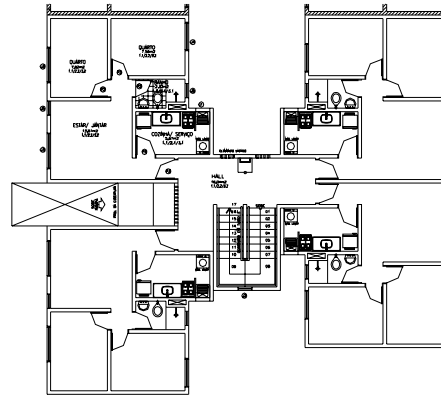


Figura 03 – Planta baixa aptº Bilbao

O Conjunto Bilbao também utilizou planta compacta, mas que possibilita ventilação cruzada nas unidades e posicionamento das fachadas em relação à orientação solar mais favorável. Em um dos apartamentos a iluminação natural e a ventilação da cozinha e banheiro ficaram bastante comprometida devido à obstrução gerada pelo próprio edifício.

4.1 Parâmetros propostos pelo projeto de norma

Em relação aos parâmetros propostos pelo projeto de norma do COBRACON/ABNT (1998), encontramos os seguintes resultados em relação aos edifícios pesquisados:

- a) Aberturas para ventilação: pequenas, de 10 a 15 % da área de piso;

De acordo com o estudo, no Conjunto João E. F., as áreas de aberturas das janelas dos quartos, sala e banheiro estão de acordo com o recomendado pelo projeto de norma, embora sejam menores que os valores indicados pelo código de edificações. As janelas dos quartos e salas são de duas folhas de abrir, de madeira tipo veneziana, que permitem a ventilação permanente dos ambientes. A cozinha tem a ventilação bastante comprometida, tanto pelo pequeno tamanho das aberturas, como pela localização das mesmas, voltadas para uma área interna.

O uso de janelas metálicas com quatro folhas de correr (2 fixas e 2 móveis) no Conjunto Verde diminuiu a área útil para ventilação das janelas. Com exceção dos banheiros, em todos os ambientes (quartos, salas e cozinhas) as aberturas são menores que as recomendadas pelo projeto de norma. No Conjunto Bilbao as janelas também são metálicas de correr e as áreas das aberturas, com exceção da cozinha, são menores que os valores recomendados.

A utilização de janelas metálicas também interfere no conforto térmico em função das altas temperaturas que as superfícies metálicas atingem, quando expostas à radiação solar, e que se transformam em superfícies que emitem radiações infravermelhas para os ambientes internos.

Comparando-se as áreas das aberturas do projeto de norma com as do código de edificações, este último exige valores maiores que os do projeto de norma, mas considera a área total da janela, independente da sua forma de abrir, o que compromete a ventilação dos ambientes, por não considerar a área útil para ventilação.

- b) Proteção das aberturas:

Foi realizado estudo da insolação das fachadas de acordo com o diagrama solar para Teresina e a análise de acordo com a insolação máxima (número de horas) recomendada por Romero e Ornstein (2003). As aberturas e fachadas não têm nenhuma proteção ou brises, ficando totalmente expostas à insolação (tabela 02). Foram consideradas apenas as principais fachadas. As fachadas voltadas para as áreas internas dos edifícios têm a insolação diminuída em função das obstruções geradas pelos próprios prédios. Em alguns casos a insolação dos ambientes fica totalmente comprometida, o que se

verifica nas cozinhas do Conj. João E. Falcão (figura 01), nos quartos dos apartamentos centrais do Conjunto Verde (figura 02) e nas cozinhas e banheiros do Conj. Bilbao (figura 03).

Tabela 02 – Insolação das fachadas no verão e insolação máxima recomendada

CONJUNTO	FACHADA	AMBIENTE	Nº HORAS INSOLAÇÃO	PERÍODO	INSOLAÇÃO MÁX. RECOMENDADA
João E. Falcão	Nordeste	Sala, banheiro e quarto	Verão - 5 h Inverno - 7 h	Manhã	Salas e quartos - 2 horas de insolação máxima; sol de preferência pela manhã, tanto no período quente como no período das chuvas; Cozinha - 2 horas de insolação máxima; sol pela manhã ou à tarde, de preferência depois das 15 horas; Banheiro - insolação máxima pela manhã - até 6 horas e à tarde - 2 horas;
	Sudeste	Quartos	Verão - 7 h Inverno - 4 h	Manhã	
	Noroeste	Quartos	Verão - 4 h Inverno - 7 h	Tarde	
	Sudoeste	Sala, banheiro e quarto	Verão - 7 h Inverno - 5 h	Tarde	
Verde	Oeste	Sala, quarto e banheiro	Verão - 5 h Inverno - 7h	Tarde	
	Leste	Sala, quarto e banheiro	Verão - 7 h Inverno - 5 h	Manhã	
	Noroeste	Sala, quarto e banheiro	Verão - 2 h Inverno - 10 h	Manhã/tarde	
	Sudoeste	Sala, quarto e banheiro	Verão - 10 h Inverno - 2 h	Manhã/tarde	
Bilbao	Noroeste	Sala e quarto	Verão - 4 h Inverno - 8 h	Tarde	
	Sudeste	Sala e quarto	Verão - 8 h Inverno - 4 h	Manhã	

De acordo com o estudo da insolação das fachadas, representado de maneira simplificada na tabela 02, todas as aberturas recebem insolação excessiva, considerando-se os valores recomendados para a latitude de Teresina. Em consequência, a carga térmica devido à radiação solar recebida pelas aberturas e vedações externas corrobora para o aquecimento dos ambientes internos, especialmente aqueles que recebem sol no período da tarde.

Nos três conjuntos analisados, o arranjo espacial em forma de “H” e a orientação solar adotada desfavorece bastante a insolação de pelo menos duas unidades por andar. Neste caso, a melhor orientação para Teresina seriam as fachadas principais voltadas para norte e sul. Estas orientações não foram utilizadas em nenhum caso.

c) Vedações externas:

De acordo com o projeto de norma, as paredes e coberturas devem ser pesadas. A tabela 03 mostra os valores dos parâmetros calculados para os edifícios pesquisados:

Tabela 03 – Valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar de paredes e coberturas

	PARÂMETRO	PROJETO NORMA	CONJ. JOÃO E. FALCÃO	CONJ. VERDE	CONJ. BILBAO
PAREDES	U (W/m²K)	≤ 2,20	2,48	2,48	1,95
	Atraso térmico (h)	≥ 6,5	3,3	3,3	5,2
	FCS (%)	≤ 3,5	2,97	2,97	2,34
COBERTURAS	U (W/m²K)	≤ 2,20	1,92	1,93	1,93
	Atraso térmico (h)	≥ 6,5	3,6	3,6	3,6
	FCS (%)	≤ 3,5	6,14	6,94	6,94

Os valores desses parâmetros recomendados pelo projeto de norma para a região visam diminuir a carga térmica transmitida para os ambientes internos bem como o retardo da onda de calor. Em relação à transmitância térmica das paredes, com exceção dos blocos cerâmicos empregados no Conjunto Bilbao, as outras vedações utilizadas estão em desacordo com o projeto de norma. Os fatores de calor solar, considerando-se que as paredes externas são brancas, estão dentro dos limites recomendados.

Em relação às coberturas, os valores de transmitância térmica estão de acordo com a norma, mas o fator de calor solar é bastante elevado, devido a cor das telhas empregadas, indicando os ganhos de calor pela cobertura que aquecerão principalmente as unidades dos últimos pavimentos.

d) Estratégias de condicionamento térmico passivo:

As estratégias bioclimáticas recomendadas para a região são o resfriamento evaporativo, a massa térmica para resfriamento e a ventilação seletiva.

O resfriamento evaporativo é recomendado no período mais quente e seco do ano e pode ser conseguido através da evaporação da água de fontes, espelhos d'água ou da vegetação. No caso de habitações de interesse social, a vegetação é o recurso mais apropriado para criar um microclima mais ameno no entorno das edificações. Entretanto, nos conjuntos analisados a vegetação não é significativa de maneira a melhorar as condições ambientais.

A massa térmica para resfriamento torna as temperaturas internas mais amenas, em função do atraso térmico e do amortecimento do fluxo de calor do meio externo para o interno. Pode ser obtida com o uso de paredes e coberturas pesadas. Entre os materiais estudados, os blocos cerâmicos são os mais recomendados para a região.

A ventilação seletiva é recomendada nos períodos em que a temperatura interna for maior que a externa. Nos períodos quando a temperatura externa for maior que a interna, as aberturas devem ser mantidas fechadas para evitar que o ar quente penetre nos interiores, embora na região as janelas sejam mantidas sempre abertas, por uma questão cultural. A ventilação cruzada nos ambientes é recomendada, por permitir que o fluxo de ar atravesse os ambientes retirando o ar quente e passando pelo corpo das pessoas para melhorar a sensação de conforto.

4.2 Outros parâmetros analisados

Além das diretrizes propostas pelo projeto de norma, analisamos algumas características relacionadas com o entorno e a implantação dos conjuntos habitacionais, que também contribuem para o desempenho térmico dos edifícios.

Os três conjuntos habitacionais pesquisados foram implantados na zona urbana da cidade, em vizinhança de densidade baixa, com predominância de casas térreas e topografia plana. A vegetação existente não é significativa, sendo resultado da arborização das ruas e de quintais. Desta forma não existe nas vizinhanças, em nenhum caso, a presença de massas de vegetação que criem um microclima diferenciado e nem a presença de grandes edificações ou outros tipos de obstruções naturais que alterem a ventilação natural ou interfiram na incidência da radiação solar nos edifícios.

O Conjunto João E. F., por ser o mais antigo, é aberto e integrado ao bairro. Os outros dois, por questões de segurança, são fechados com guarita única e isolados da vizinhança. Em função da forma de implantação dos conjuntos, podemos apontar algumas características que interferem bastante no desempenho das edificações, como a disposição dos blocos entre si e o tratamento das áreas externas.

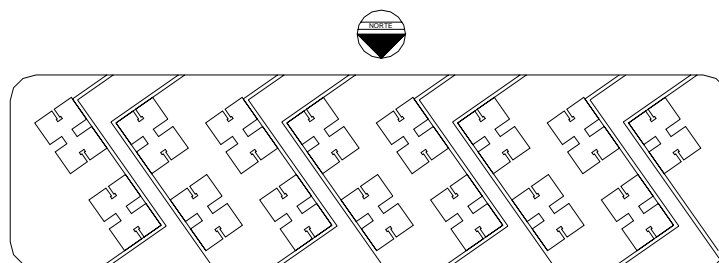


Figura 04 – Implantação Conj. João E. F – quadra tipo

Com exceção das principais vias de acesso, que foram pavimentadas, as demais áreas livres do Conjunto João E. F. não receberam nenhum tratamento, permanecendo o solo nu. Muitas áreas públicas foram apropriadas pelos moradores, sendo muradas ou utilizadas como garagens, acréscimos dos apartamentos, bares entre outros usos, que comprometem a ventilação e a iluminação dos

apartamentos. Algumas árvores foram plantadas por iniciativa dos moradores, sombreando o solo e melhorando as condições ambientais principalmente dos apartamentos térreos.

A disposição dos blocos afastados um dos outros e em posição defasada (figura 04) contribui para a melhoria da ventilação das unidades, apesar delas terem orientações opostas e de algumas unidades serem privilegiadas em relação às outras.

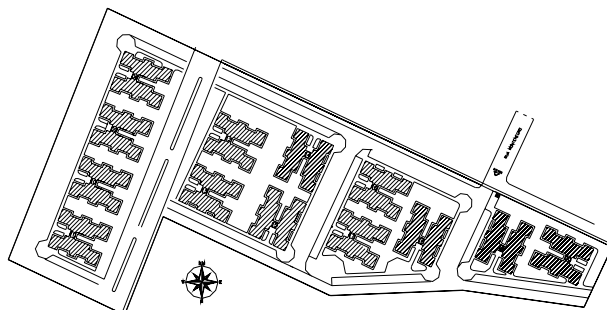


Figura 05 – Implantação Conj. Verde

O excesso de áreas pavimentadas e a presença de poucas árvores no Conjunto Verde cria no seu entorno um microclima com temperatura do ar mais elevada, em função da ausência de sombreamento do solo e pela absorção da radiação solar durante o dia pelas áreas pavimentadas e a radiação noturna de calor. A ausência de áreas gramadas também contribui para uma menor umidade relativa do ar, pois as águas das chuvas são rapidamente escoadas.

Os prédios de quatro pavimentos (figura 05) estão em alguns casos muito próximos (8,0m de distância), o que cria “sombras de vento”, devido ao efeito barreira, prejudicando a ventilação dos edifícios situados a sotavento.

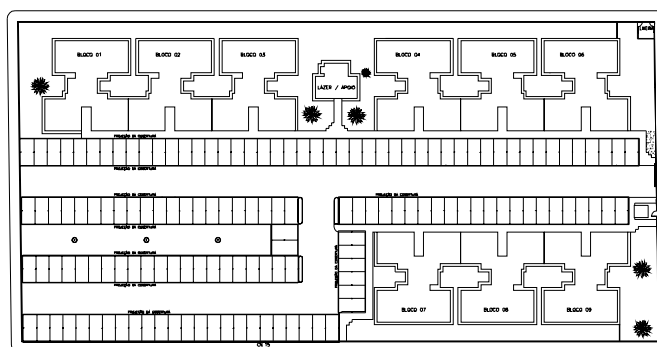


Figura 06 – Implantação Conj. Bilbao

A exigência de pelo menos uma vaga de carro para cada apartamento no Conjunto Bilbao fez com que as áreas livres fossem quase que totalmente pavimentadas, deixando poucas áreas de jardim e outras ainda cobertas com seixo. A previsão de árvores é mínima, como se pode ver no projeto (figura 06). Em consequência, o microclima no entorno terá temperatura do ar mais elevada e umidade relativa mais baixa. Apesar da boa distância entre as duas fileiras de edifícios – 19,0 m - os blocos são justapostos três a três, dificultando a ventilação dos ambientes voltados para as áreas internas. A distância dos edifícios do muro externo (3,50m), compromete a ventilação dos apartamentos térreos.

5. CONCLUSÕES

De acordo com a pesquisa realizada, verificou-se a inadequação dos conjuntos habitacionais pesquisados aos parâmetros propostos pelo projeto de norma, considerando-se a região climática onde

estão inseridos. De maneira geral, o tamanho das aberturas são menores que as recomendadas, as aberturas e fachadas não são protegidas da radiação solar, as paredes e coberturas não estão adequadas à região e as estratégias bioclimáticas não foram adotadas. O desempenho térmico destas edificações não está de acordo com as diretrizes construtivas recomendadas, o que leva a concluir que os usuários sofrem com o mau desempenho das edificações em termos de conforto ambiental.

Em relação aos outros parâmetros relacionados com o entorno e a implantação dos conjuntos, verificou-se que o excesso de áreas pavimentadas e a ausência de vegetação contribuem para criar um microclima desfavorável, piorando as condições ambientais tanto nas áreas externas como nos ambientes internos. A proximidade das edificações, em alguns casos, compromete a ventilação e iluminação natural dos ambientes internos.

Concluindo, a pesquisa mostrou a necessidade da utilização de estratégias bioclimáticas no projeto de edificações habitacionais na região em estudo, visando a melhoria das condições ambientais dos espaços construídos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSTOS ROMERO, M. A. *A arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Editora UnB, 2001.

CARDOSO, A.L., RIBEIRO, L.C.Q. Os municípios e as políticas habitacionais. In: ABIKO, A.K., ORNSTEIN, S.W. (Ed.). *Inserção urbana e avaliação pós-ocupação da habitação de interesse social*. São Paulo: FAUUSP, 2002 (Coletânea Habitare, v.1).

COMITE BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO E ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de norma de desempenho térmico de edificações. Parte 1,2,3,4 e 5. ABNT, 1998.

GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*, v.18, July/92, p.11-23, 1992

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Implantação de conjuntos habitacionais: recomendações para adequação climática e acústica*. São Paulo: IPT, 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social*. São Paulo: IPT, 1998.

OLGYAY, Victor. *Arquitectura y clima – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gilli, 1998.

PIETROBON, Cláudio E., LAMBERTS, Roberto, PEREIRA, Fernando O. R. Estratégias bioclimáticas para o projeto de edificações: conceituação e aplicação para Maringá, Paraná. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, 2001.

ROMERO, M., ORNSTEIN, S. Coord. *Avaliação Pós-Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social*. Porto Alegre: ANTAC, 2003