



AValiação CLIMÁTICA DE ARRANJOS CONSTRUTIVOS URBANOS: UM ESTUDO DE CASO EM CONJUNTO HABITACIONAL VERTICAL DE MACEIÓ-AL

Simone C. Torres (1), Christhina Cândido (2), Gianna Melo Barbirato (3), Isabela Passos (4)

(1) Bolsista FAPEAL, Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado - E-mail: stc@ctec.ufal.br

(2) Bolsista CAPES, Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado - E-mail: christhina@ctec.ufal.br

(3) Profª Adjunta do Depto. de Arquitetura e Urbanismo/CTEC/UFAL - E-mail: gmb@ctec.ufal.br;

(4) Bolsista FAPEAL, curso de Arquitetura e Urbanismo E-mail: isabela_passos@hotmail.com

(1)(2)(3)(4) Universidade Federal de Alagoas, Depto. de Arquitetura e Urbanismo/CTEC, Campus A C Simões, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL, CEP 57072-970, Fones: 214 1283

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência de arranjos construtivos urbanos na qualidade climática das edificações, em especial as condições de ventilação natural, estudando os atributos de desenho urbano e configuração espacial de um conjunto habitacional vertical. Foram realizadas avaliações qualitativa e quantitativa do conjunto estudado, em que foram analisados aspectos relativos aos atributos bioclimatizantes da forma urbana, além de simulações teóricas que permitiram conhecer o nível de aproveitamento dos ventos a partir da análise da disposição do arranjo construtivo e da configuração das edificações existentes no conjunto. Os resultados evidenciaram que a tipologia do arranjo construtivo avaliado não apresentou resultados satisfatórios em relação à adequação climática local, manifestando um insatisfatório aproveitamento dos ventos predominantes. Foi verificada, portanto, a influência da configuração do arranjo construtivo na qualidade climática interna das unidades residenciais. Desta forma, espera-se que as informações apresentadas na respectiva análise possam auxiliar o planejamento de futuros conjuntos verticais em cidades de clima quente e úmido, como Maceió-AL.

ABSTRACT

This paper presents an investigation about the urban constructive arrangement influence in the climatic quality of buildings, specially the natural ventilation conditions, studying the urban design attributes and space configuration of vertical low-cost buildings. Qualitative and quantitative evaluations were realized, analyzing the urban form attributes, and theoretical simulations that identified the wind profile of the constructive arrange and the buildings configuration. The results showed that the constructive arrange disposition did not present satisfactory results in relation to the local climatic adaptation, without winds utilization to improve the thermal comfort. The influence of urban design at the climatic conditions and the indoor and outdoor thermal comfort in the studied buildings was certificated. By this way, it is expected that these information could help future low-cost buildings projects in hot-humidity climate cities as Maceió-AL.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de consumo energético na obtenção de um conforto ambiental apropriado não se deve apenas a um problema decorrente das condições climáticas, mas, muitas vezes, ao desconforto gerado por uma organização espacial urbana não compatível com o meio. Assim, a necessidade de se dar importância à concepção de espaços habitados com a utilização de recursos naturais de climatização é imposta hoje pelas necessidades econômicas que apóiam a conservação de energia nas edificações, e à relevância do tema face ao seu potencial de impacto tecnológico, social e ambiental.

Porém, a pouca importância dada às especificidades climáticas durante a etapa de projeto e a utilização de procedimentos construtivos com base em critérios apenas econômicos utilizados em todo o país, não atendem aos padrões ambientais determinados pela diversidade climática de onde são implantados (DUMKE, 2002). Neste sentido, o não atendimento às especificidades climáticas tem gerado o aumento no consumo de energia elétrica, decorrente da intensificação da utilização de dispositivos para a climatização artificial de ambientes internos.

Segundo Mascaró (2001), a legislação técnica vigente de apoio ao planejamento urbano – planos diretores, códigos de obra e normas – mantém seus enfoques tradicionais, não incorporando aspectos atualmente reconhecidos como essenciais, referentes às solicitações energéticas e ambientais. Desta forma, a maioria dos instrumentos de legislação urbana acaba não assegurando as condições mínimas de salubridade e conforto, pois se restringem a aspectos relativos apenas à densidade máxima permitida, índice de aproveitamento do solo, taxa máxima de ocupação, afastamentos mínimos das divisas e alturas máximas.

É importante incorporar princípios de desenho urbano orientados pela concepção arquitetural do bioclimatismo que correspondem ao próprio ambiente construído atuando como mecanismo de controle das variáveis do meio, através de sua envoltura (paredes, pisos e coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombra, solo) e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para o melhor controle do vento e do sol (ROMERO, 2001). No caso de edificações destinadas à população de baixa renda, a utilização de estratégias bioclimáticas para condicionamento térmico é de fundamental importância na medida em que o emprego de meios artificiais de climatização torna-se economicamente inviável.

Em Maceió-AL, nota-se um aumento na produção de unidades verticais de programas habitacionais objetivando atender as necessidades da população de baixa renda. Estas tipologias arquitetônicas têm sido adotadas devido ao rápido crescimento da cidade nos últimos anos, gerando a necessidade de adensamentos que permitam a instalação de um maior número de famílias em uma menor unidade de área.

Sabendo que a forma urbana interfere significativamente nas condições climáticas locais, através da modificação no comportamento das variáveis ambientais, a ampliação de estudos e pesquisas sobre os principais aspectos envolvidos na dinâmica espacial urbana é de extrema importância para a compreensão da qualidade climática resultante. Estes estudos, portanto, poderão auxiliar no processo de planejamento local, contribuindo para o equilíbrio ambiental urbano.

Diante desses aspectos, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência de arranjos construtivos urbanos na qualidade climática das edificações, em especial as condições de ventilação natural, estudando os atributos de desenho urbano e configuração espacial de um conjunto habitacional vertical implementado pelo Programa de Arrendamento Residencial-PAR em Maceió, AL.

2. PERFIL CLIMÁTICO DE MACEIÓ-AL

Maceió está situada entre a latitude 9°40'sul e longitude 35°44 oeste, no litoral do nordeste brasileiro. O clima é caracterizado como quente e úmido devido à baixa latitude em que se encontra, com incidência de radiação solar intensa, apresentando pequenas variações térmicas diárias, sazonais e anuais de temperatura. Possui alta umidade do ar pela proximidade do oceano e lagoas e constância de nível

térmico, com temperatura média anual de 25,5°C. São considerados dias tipicamente quentes nos meses de novembro a fevereiro e tipicamente frios de junho a agosto.

A cidade possui seus ventos mais frequentes provenientes do quadrante leste (SE e NE), sendo os do NE predominantes nos meses mais quentes e os do SE mais constantes o ano inteiro. Quanto à velocidade dos ventos, o valor médio mensal é de 2,8m/s, com valores absolutos mais intensos de 10m/s na direção NE.

Dentre as principais solicitações térmicas para a região, em relação ao clima quente e úmido, recomenda-se o máximo de sombreamento para os espaços externos e a otimização da ventilação natural dos arranjos construtivos. Além disso, deve-se utilizar o mínimo de capacidade térmica para os materiais usados nas edificações e arredores.

3. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho foi baseada na análise do arranjo construtivo pertencente ao Programa de Arrendamento Residencial – PAR em Maceió, AL. A pesquisa foi desenvolvida de acordo com os seguintes procedimentos metodológicos:

- Mapeamento dos conjuntos habitacionais verticais pertencentes ao programa PAR, observando-se as características tipológicas e construtivas dos arranjos construtivos implementados.

- Seleção do conjunto habitacional vertical de tipologia e arranjo construtivo urbano diferenciado em relação aos tipos mais difundidos na cidade. O principal critério de seleção deste conjunto habitacional vertical foi a identificação de uma configuração diferenciada correspondente a distribuição das edificações no terreno em torno de pátios centrais e aproveitamento dos ventos predominantes.

- Avaliação qualitativa do arranjo construtivo urbano selecionado:

- Caracterização e análise dos aspectos relativos à forma urbana abordados por Oliveira (1988), como porosidade, densidade, permeabilidade do solo, propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes, rugosidade e orientação das edificações, conformação espacial, vegetação existente.

- Confecção da ficha bioclimática do conjunto habitacional analisado, onde foram especificados seus componentes espaciais: entorno, base e superfície fronteira, segundo metodologia proposta em Romero (2001). A base (espaço sobre o qual se assenta o arranjo construtivo urbano) inclui a caracterização da pavimentação, vegetação, presença de água, mobiliário urbano e propriedades físicas dos materiais utilizados. A superfície fronteira (espaço que forma o limite ou margem de espaço arquitetônico) compreenderá a tipologia edificadora. O entorno compreende informações sobre o espaço urbano mais imediato ao arranjo construtivo, apresentando os elementos ambientais do sol, atividades próximas, além das características sobre a condução do ar entre edificações;

- Avaliação Quantitativa do arranjo construtivo urbano selecionado:

- Realização de simulações através do software PHOENICS 3.5 para auxiliar a avaliação das condições de ventilação natural resultante, a partir da estimativa de distribuição dos ventos predominantes entre as edificações do conjunto habitacional selecionado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Seleção dos Conjuntos Habitacionais Verticais

O conjunto habitacional estudado está localizado na parte alta da cidade, no planalto sedimentar, denominado de tabuleiro, onde a altitude atinge 83 m em relação ao nível do mar (figura 1). O bairro é caracterizado pela presença de edificações predominante térreas. Este fato favorece o aproveitamento da ventilação natural no arranjo construtivo, devido à ausência de barreiras em relação aos ventos

predominantes. Pode-se afirmar, assim, que este arranjo encontra-se em área privilegiada. A presente pesquisa pretende avaliar o nível de aproveitamento dos ventos a partir da análise do arranjo construtivo e da configuração das edificações existentes neste conjunto habitacional vertical.

Foi selecionado para a análise o conjunto residencial Galápagos, localizado às margens da Av. Durval de Góes Monteiro, principal avenida de acesso a cidade, no bairro Santa Lúcia. A principal característica deste arranjo construtivo é evidenciada pelo tipo de configuração das edificações que compõem este conjunto. Estas estão dispostas ortogonalmente formando três áreas externas com configuração de pátio. Outro aspecto diferenciado deste arranjo é o tipo de disposição das edificações em relação ao aproveitamento dos ventos predominantes, encontrando-se totalmente alinhados em relação aos ventos predominantes.

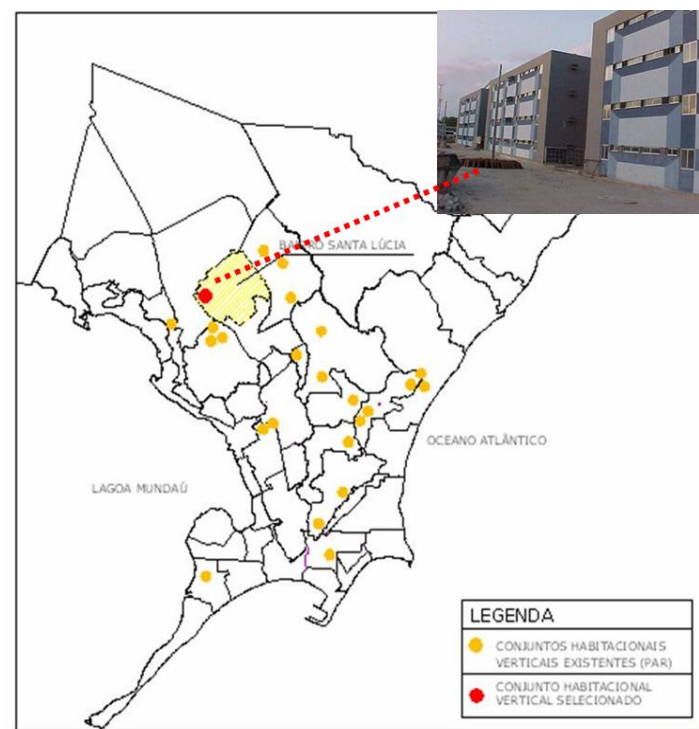


Figura 1: Localização dos conjuntos habitacionais verticais implementados pelo programa PAR em Maceió-AL (o ponto em vermelho corresponde ao conjunto selecionado, Residencial Galápagos, bairro Santa Lúcia).

4.2. Avaliação Qualitativa do Arranjo Construtivo

4.2.1 Ficha Bioclimática do Conjunto Habitacional Vertical Selecionado

Através da figura 2, são apresentadas as principais informações referentes às características do conjunto Residencial Galápagos, onde estão especificados os componentes espaciais, entorno, base e superfície fronteira a partir da ficha bioclimática.

FICHA BIOCLIMÁTICA: CONJUNTO RESIDENCIAL GALÁPAGOS

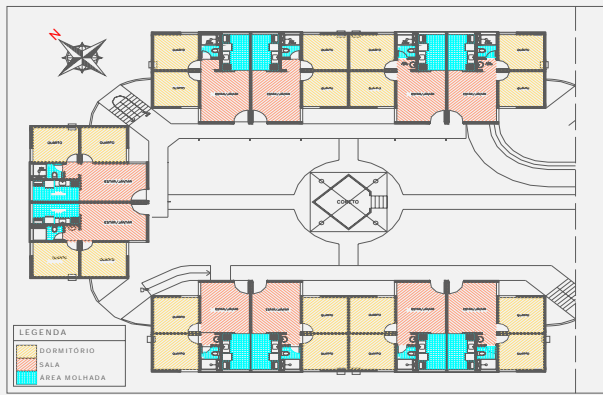
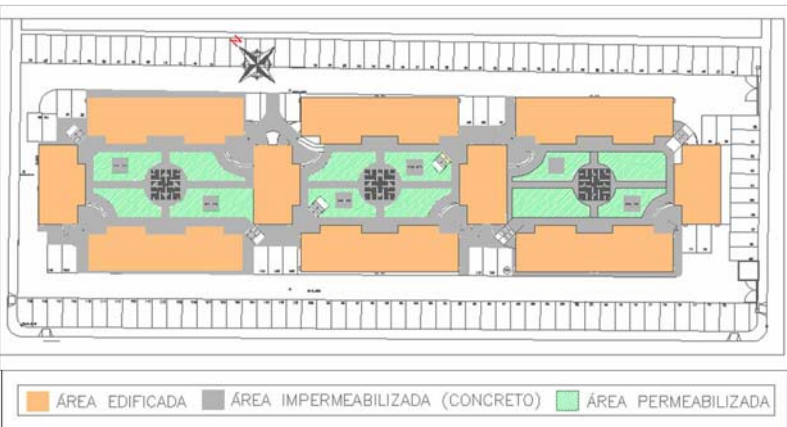

ENTORNO	<p>Sol: o arranjo construtivo é composto por 10 edifícios, sendo a configuração caracterizada pela existência de espaços externos definidos por pátios. Estes espaços permanecem sombreados na maior parte de sua extensão ao longo do dia. Já as edificações localizadas a sudoeste permanecem expostas ao sol durante a tarde.</p> <p>Condução dos ventos: a configuração espacial das edificações que compõem o entorno é favorável à penetração dos ventos predominantes de nordeste e sudeste, pois são construções térreas e com recuos significativos, dispostas em ruas de largura considerável.</p> <p>Atividades desenvolvidas nas proximidades: o conjunto habitacional está localizado em bairro predominantemente residencial, à margem de uma das principais avenidas da cidade, onde estão localizados alguns estabelecimentos de comércio e serviço</p>	 <p>Sensação de cor: cores frias e escuras dominam o conjunto, Radiação: radiação difusa e direta é intensa, devido a ausência de elementos de proteção Continuidade de massa: conjunto urbano coeso e uniforme na altura. As edificações apresentam quatro pavimentos. Materiais e revestimentos externos: apresentam baixa reflexividade e alta emissividade.</p>	Residencial Galápagos
A BASE	<p>Área da base: 5560 m²</p> <p>Pavimentos: os pátios possuem passeios para pedestres de concreto e o acesso aos estacionamentos é pavimentado com paralelepípedo. As demais áreas são caracterizadas pela presença de solo argilo-arenoso</p> <p>Vegetação: não há presença de vegetação arbórea nos espaços externos. Nos pátios, na área permeável, encontra-se o plantio de gramíneas.</p> <p>Água: não há presença de fontes</p> <p>Mobiliário Urbano: presença de playground nas áreas delimitadas pelos pátios. Coretos na área central de cada pátio.</p>	<p>PLANTA DE IMPLEMENTAÇÃO (sem escala)</p> 	
A FRONTEIRA	<p>Continuidade da Superfície: sensação de continuidade apesar dos mínimos recuos entre as edificações.</p> <p>Tipologia Arquitetônica: edificações populares, edifícios desprovidos de varanda e elementos de proteção solar</p> <p>Número de Lados: 4 lados construídos</p> <p>Altura: edifícios de aproximadamente 14 metros</p> <p>Altitude: 85 metros em relação ao nível do mar.</p>	<p>ESQUEMA DE SOMBREAMENTO</p> 	

Figura 2: Ficha Bioclimática do conjunto habitacional vertical selecionado para a análise climática.

4.2.2. Caracterização e Análise dos Aspectos Relativos à Forma Urbana

A caracterização e análise dos aspectos relativos à forma urbana adotada no arranjo construtivo selecionado foram fundamentadas a partir dos critérios destacados por Oliveira (1988). As principais informações serão apresentadas a seguir:

- Conformação espacial:

As edificações que compõem o conjunto habitacional estudado estão dispostas ortogonalmente formando três áreas externas com configuração de pátio. Os edifícios estão totalmente alinhados em relação aos ventos predominantes. No caso estudado, os edifícios localizados à sudoeste estão em posição desprivilegiada em relação aos ventos predominantes de nordeste. Já os que estão situados no centro do arranjo construtivo, estão também, pouco favorecidos em relação aos ventos predominantes de sudeste.

- Rugosidade:

Os edifícios que compõem o conjunto habitacional selecionado possuem a mesma altura. Todos apresentam quatro pavimentos, com quatro apartamentos por andar. A altura total das edificações corresponde a aproximadamente 14 metros. O espaçamento os edifícios alcança valores mínimo de 12,76m entre os situados a nordeste e sudoeste, e valores máximos de 27,58m em relação aos que se encontram no centro do arranjo construtivo. A proximidade das edificações permite o sombreamento da estrutura edificada, mas pode prejudicar o fluxo dos ventos, através da formação de um “novo chão”. (BITTENCOURT,1993).

- Porosidade

Esta característica está relacionada com a maior ou menor permeabilidade de uma estrutura urbana à passagem dos ventos, sendo expressa através da relação entre espaços abertos e espaços confinados. No caso do arranjo construtivo avaliado, não há presença de pilotis e as aberturas existentes nos edifícios apresentam dimensões mínimas. Desta forma, o índice de porosidade torna-se baixo (aproximadamente 10%). Tanto a rugosidade como a porosidade do arranjo construtivo influenciam diretamente no movimento de massas de ar. Esta interferência ocorre através de três princípios: inércia, diferença de pressão e fricção, podendo modificar, também, as demais variáveis climáticas (temperatura do ar e umidade relativa).

- Densidade de construção:

Romero (2001), afirma que uma área onde a proporção da distância entre edificações e altura das mesmas (W/H) for próxima de 1, denomina-se de área de densidade média. Verificou-se, portanto, que o arranjo construtivo avaliado apresenta densidade média de aproximadamente 0,91 (proporção W/H). Este fato indica que a maior parte da radiação solar refletida incide nos edifícios, sendo absorvida a radiação próxima ao nível do solo.

- Orientação:

O arranjo construtivo é delimitado por edificações situadas a nordeste e a sudoeste. Em relação ao regime dos ventos, nota-se a formação de barreiras que impedem as trocas de calor por convecção. Em relação ao caminho aparente do sol, verifica-se a excessiva exposição das fachadas orientadas a sudoeste, principalmente no período de solstício de verão. O ganho excessivo de calor a partir da intensa exposição de radiação solar contribui para o aumento da carga térmica nestes edifícios, a medida que a porosidade e rugosidade no arranjo construtivo não se manifestam são favoráveis à dispersão da energia térmica produzida.

- Permeabilidade do solo:

O conjunto residencial Galápagos apresenta 40% de área caracterizada por solo permeável. Não existe nenhuma espécie de vegetação arbustiva na área destinada aos pátios, apenas vegetação rasteira. O plantio de espécies arbóreas nestes espaços e nas demais áreas externas do conjunto poderia contribuir para a formação de microclimas favoráveis ao conforto térmico, amenizando os efeitos causados pela alta impermeabilização.

- Propriedades termodinâmicas dos materiais:

Observando as cores adotadas nos revestimentos externos, torna-se clara a pouca relevância em relação às características climáticas locais, na execução do projeto do conjunto habitacional estudado. A utilização de tintas correspondentes a cores frias e escuras como o cinza e o azul escuro, adotados nas fachadas, contribui para maior absorção de calor nas edificações. Estes revestimentos são caracterizados pela baixa reflexividade (aproximadamente 25%) e alta emissividade (aproximadamente 95%).

4.3 Resultados da Simulação Teórica da Ventilação Natural

A partir da avaliação qualitativa, pôde-se verificar que a configuração e o tipo de disposição das edificações que compõem o conjunto habitacional selecionado não favorecem o aproveitamento da ventilação passiva entre os edifícios, prejudicando a dissipação da carga térmica acumulada.

Sabendo que o aproveitamento máximo da ventilação natural é uma das principais estratégias bioclimáticas para regiões de clima quente e úmido, a simulação teórica computacional do comportamento dos ventos, constitui-se uma importante ferramenta de auxílio à avaliação de arranjos construtivos urbanos.

Desta forma, através da simulação teórica como o programa PHOENICS 3.5 foi possível quantificar e descrever com mais detalhe os efeitos produzidos no fluxo dos ventos, a partir do tipo de arranjo construtivo adotado no conjunto habitacional estudado.

4.3.1 Incidência do vento nordeste

Para a incidência do vento nordeste, pode-se observar a significativa redução da velocidade do vento causada pelo bloqueio deste pelos edifícios localizados a barlavento. Os resultados apresentados em planta baixa (figura 3) representam o perfil do vento com o plano de análise fixado a 1,5m do solo. Percebe-se que a velocidade do vento foi significativamente reduzida nas proximidades dos apartamentos localizados no térreo dos edifícios a sotavento, correspondendo a apenas 10% do total incidente-

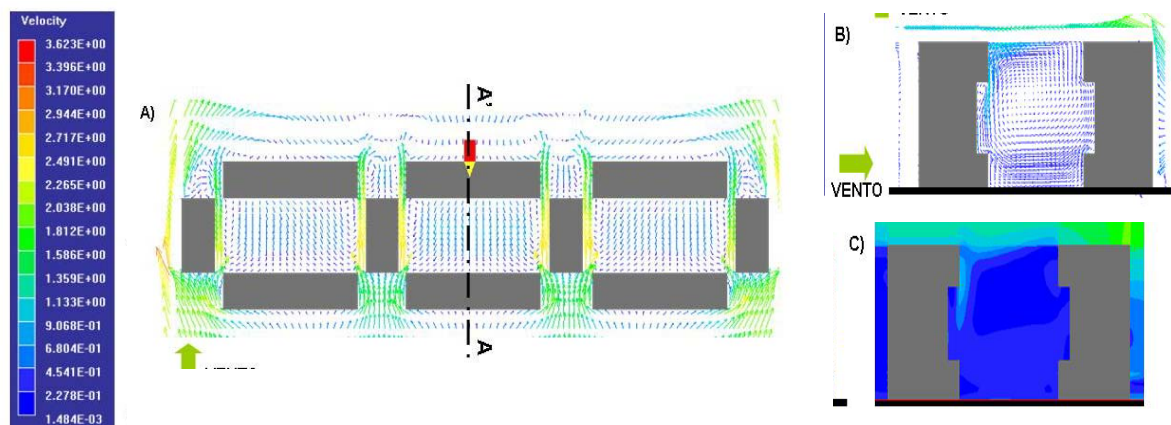


Figura 3 – a) Distribuição do fluxo de ar no arranjo construtivo (ventos nordeste).

b) - Corte A-A' formação da zona de recirculação do ar no pátio, visualização de vetores, c)- Corte A-A' visualização dos campos de velocidade.

Observando-se a representação da distribuição do fluxo do vento, em corte, torna-se clara a formação da zona de sombra de vento (esteira) na área posterior aos edifícios a barlavento, a zona de recirculação de ar na área dos pátios. Este fato ocorre devido à modificação do fluxo do vento, de incidência nordeste, que ao chocar-se com os edifícios situados também a nordeste, tende a manter a trajetória anterior depois de ter

sido desviado, formando o que podemos denominar de “segundo chão” (área não alcançada pelo vento), figura (figura 3, item a).

O arranjo construtivo adotado teve grande influência na distribuição do fluxo de ar nos dormitórios das unidades habitacionais. No pavimento térreo, na unidade localizada a barlavento, no dormitório 1, nota-se a formação de uma zona de estagnação do ar em aproximadamente 2/3 do ambiente. Nessa localização, a velocidade do vento foi de 0,23m/s, correspondendo a menos de 10% da velocidade externa disponível de 3m/s. Na porção beneficiada pelo fluxo proveniente da abertura da janela, o valor da velocidade do vento eleva-se para 1,13m/s. Tal fato aponta para a má localização da abertura do ambiente, que poderia proporcionar uma melhor distribuição do fluxo de ar, ao ser posicionada de forma a direcionar o fluxo de ar para a maior parte do ambiente. A figura 4 mostra que no dormitório situado a barlavento, os valores da velocidade do vento não ultrapassaram o valor de 0,23m/s. Constata-se uma insuficiente insuflamento de ar para este ambiente, que depende da abertura da porta como captador de vento. Nota-se que a disposição dos ambientes na unidade não favorece a captação do vento para o interior do dormitório, impossibilitando o insuflamento de ar pela porta e, conseqüentemente, contribuindo para uma velocidade do vento insuficiente para o conforto dos usuários.

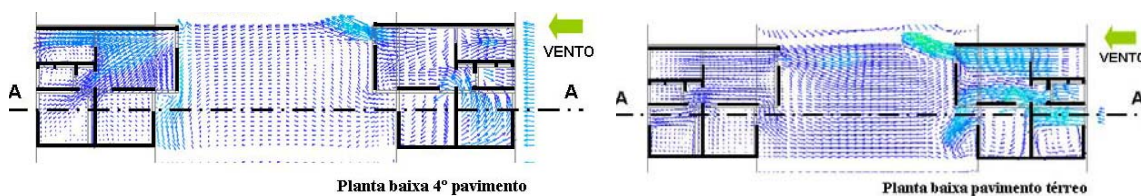


Figura 4 – Planta baixa e 4º pavimento e pavimento térreo (ventos nordeste). Visualização do comportamento do vento por meio de vetores de velocidade.

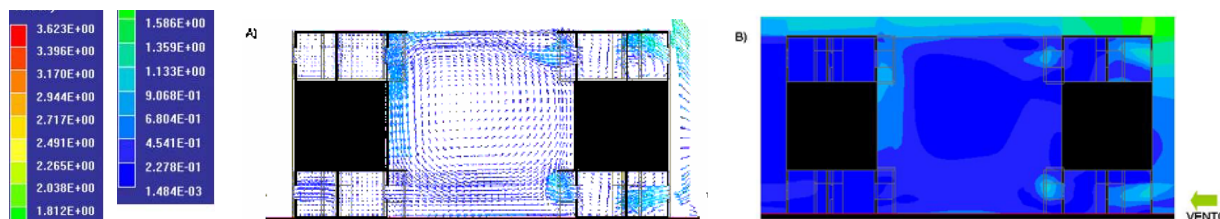


Figura 5 – Corte AA’ das unidades habitacionais (ventos sudeste): a) Visualização do comportamento do vento por meio de vetores, b) Distribuição dos campos de velocidade do vento.

No 4º pavimento, para o dormitório do edifício situado a barlavento, a velocidade do vento média foi de 0,23m/s (figura 4). Consta-se nesse ambiente, além da formação de vórtices, um intenso redirecionamento do fluxo de ar para a porção superior do ambiente. Nota-se que o desvio ocorrido no exterior do edifício redireciona o fluxo de ar, insuflando-o de forma diferenciada ao que ocorre no térreo. Neste mesmo pavimento, para o dormitório 2, a velocidade do vento foi de 0,23m/s. Na unidade localizada a sotavento (figura 5), a intensa formação de vórtices e o baixo insuflamento de ar foi constatado tanto no pavimento térreo quanto no pavimento superior. Nessa unidade, a média da velocidade do vento não ultrapassou os 0,22m/s nos dormitórios 1 e 2, figura 4. O afastamento entre os edifícios não foi insuficiente para proporcionar o redirecionamento do fluxo de ar, contribuindo para a formação de uma zona de estagnação do ar. Tal arranjo dificulta o insuflamento do fluxo de ar para as unidades a sotavento, podendo comprometer o conforto ambiental nesses ambientes.

É importante salientar que nas simulações as aberturas foram consideradas com o vão completamente livre, entretanto, na edificação a esquadria adotada em todos os ambientes é o tipo de correr. Nessas

condições os valores da velocidade do vento podem ser ainda mais reduzidos, pois, nessa tipologia de esquadria, a área de abertura é diminuída pela metade, não favorecendo o insuflamento de ar. Outro fato é que, tratando-se de duas folhas do tipo de correr com fechamentos em vidro e caixilhos em alumínio, as esquadrias não permitem o insuflamento de ar quando for necessário o seu fechamento, em dias de chuva, por exemplo. Nesse caso a adoção de elementos complementares poderia contribuir para o insuflamento de ar nos ambientes tais como bandeiras ventiladas e peitoris ventilados.

4.3.2 Incidência do vento sudeste

Para a incidência do vento sudeste, a formação de vórtices também se apresentou constante, assim como no modelo com vento nordeste. Ao analisar o comportamento do vento no interior dos pátios (figura 6), contata-se o bloqueio exercido pelos edifícios localizados a barlavento. Nessa configuração, embora o afastamento adotado no sentido sudeste-noroeste, seja maior que no sentido nordeste-sudoeste, não foi suficiente para permitir a penetração dos ventos no interior dos pátios, figura 5a. A implantação adotada não favorece a permeabilidade dos ventos pelo arranjo e pelo gabarito dos edifícios.

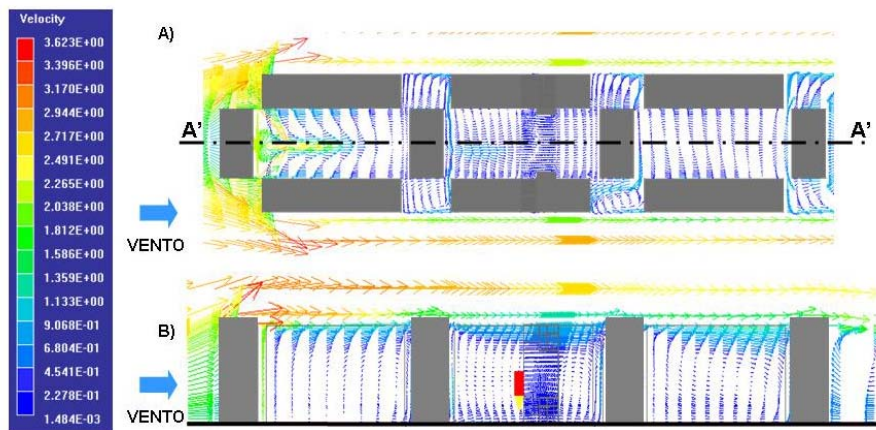


Figura 6 - Distribuição do fluxo de ar no arranjo construtivo para os ventos sudeste: a) Planta baixa do arranjo arquitetônico adotado, b) Corte AA'.

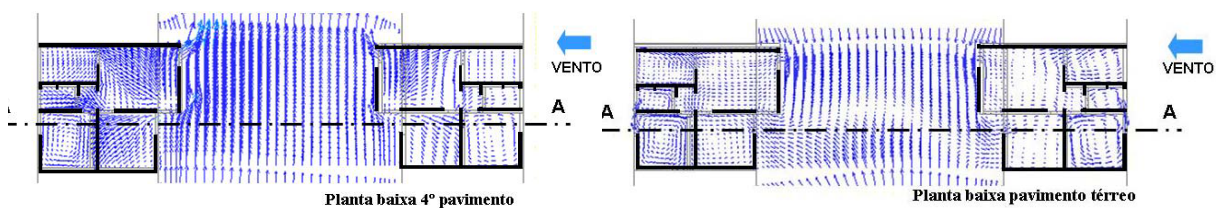


Figura 7 – Planta baixa pavimento térreo e 4º pavimento das unidades habitacionais (ventos sudeste).

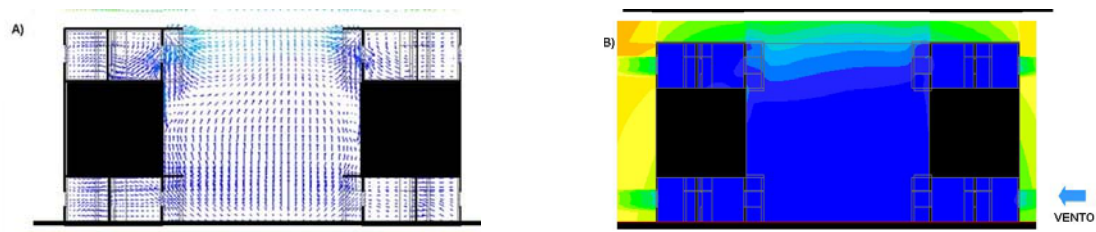


Figura 8 – Corte AA' das unidades habitacionais (ventos sudeste): a) Visualização do comportamento do vento por meio de vetores; b) Distribuição dos campos de velocidade do vento.

Nas unidades habitacionais do pavimento térreo, a média da velocidade do vento foi de 0,23m/s nos dormitórios. Para a incidência dos ventos de sudeste, as aberturas das unidades permanecem paralelas ao fluxo do vento, não permitindo o seu direcionamento para o interior dos ambientes. Considerando-se que a velocidade do vento externo adotada foi de 3,00m/s, a velocidade do vento obtida no interior do edifício foi inferior a 10% desta (figura 7). No 4º pavimento, no edifício situado a barlavento, nas duas unidades habitacionais, nota-se um redirecionamento do fluxo de ar nas aberturas dos dormitórios (figura 8). Entretanto, esse insuflamento não apresentou força suficiente para percorrer os ambientes. A velocidade do vento continua abaixo daquela sugerida pelos estudos de Bittencourt (1993) para conforto que é de 0,60m/s. Nesse caso, a utilização de dispositivos redirecionadores do fluxo de ar poderia contribuir para a captação do vento para o interior das unidades. Para a fachada sudoeste, por exemplo, a proteção solar necessária para tal orientação poderia ser associada à captação dos ventos.

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados da avaliação qualitativa constatou-se que a tipologia do arranjo construtivo avaliado não apresenta atributos para adequação climática local. Em relação aos aspectos da forma urbana analisados, pode-se afirmar que o conjunto estudado apresenta desempenho insatisfatório, principalmente no que se refere à sua conformação espacial e a orientação das edificações.

Quanto às condições potenciais de ventilação natural do conjunto, embora as edificações estejam expostas aos ventos dominantes da região, o arranjo arquitetônico adotado contribuiu para a redução significativa dos valores da velocidade do vento. Os resultados indicam que a localização de edifícios de mesma altura, posicionados no alinhamento dos ventos predominantes, não favoreceu o aproveitamento satisfatório da ventilação natural. Este fato é agravado principalmente pela baixa porosidade dos edifícios e pelo afastamento adotado entre os mesmos. Outro fator de importância que não mereceu adequada atenção no projeto relaciona-se a localização das aberturas, pois estas pouco contribuíram para a melhoria do insuflamento de ar no interior dos ambientes.

Nesse sentido torna-se importante a intensificação de pesquisas a respeito da adequação de arranjos construtivos urbanos às condições climáticas locais, a fim de promover o desenvolvimento de espaços arquitetônicos capazes proporcionar maior conforto aos usuários com menor dispêndio de energia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, L. S. (1993) *Ventilation as a Cooling Resource for Warm Humid Climates: An Investigation on the Influence of Geometric Aspects of Perforated Block Walls to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings*. Londres, 314 p. PhD Thesis for the Environment and Energy Studies Programme, Architectural Association Graduate School.

DUMKE, E.M.S. (2002) *Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social*. Dissertação de Mestrado, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, 230p.

MASCARÓ, J.L. (2001) Cidade: energia, arborização urbana e impacto ambiental. In: *Ciência e ambiente* 22, UFSC, Santa Maria, p.59-72.

OLIVEIRA, P. A (1988) *Cidade Apropriada ao Clima: a forma urbana como instrumento do clima urbano*. Brasília: Universidade de Brasília.

ROMERO, M.A.B. (2001) *Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*. Brasília-DF, Editora Universidade de Brasília, 226 p.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à FAPEAL e a CAPES, pelas bolsas de mestrado concedidas, e à ELETROBRÁS pelo apoio financeiro na compra de equipamentos de medição e software.