

A APLICABILIDADE DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA VENTILAÇÃO NO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Marta Adriana Bustos Romero; Valéria Moraes Balduino; Andiará, Campanhoni

Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e Urbanismo – LaSUS

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU – Universidade de Brasília - UNB

ICC Norte – Campus Universitário – 70910-090- Brasília – DF – Brasil

Tel.: 61 33072818

romero@unb.br

RESUMO

Este artigo apresenta análise das condições climático-ambientais, em uma fração urbana na cidade de Brasília, utilizando a simulação computacional. Compara-se também a influência da mudança da distribuição de edifícios sobre a ventilação natural, assim como o desempenho térmico do espaço na escala local. Destacamos a ventilação urbana pela sua importância para o conforto térmico em regiões com clima quente e úmido e para o clima tropical de altitude, além de ser indispensável para renovação do ar em qualquer clima. A simulação computacional permite a visualização qualitativa e quantitativa da ventilação, facilitando a comparação de resultados de diferentes propostas de ocupação do solo. As simulações foram executadas no simulador Microflo do software Integrated Environmental Solutions Limited – Virtual Environment (IES – VE) e no Ecotect versão 5.5. Concluiu-se que a melhor disposição e configuração climático-ambiental estaria dada por edifícios em ziguezague alongados no sentido do comprimento da quadra.

ABSTRACT

This article presents an analysis of the environmental and climatic conditions, in an urban central area in Brasília, using a computational simulation. The influence of the changes of the building distribution over the natural air flow and also the thermal behavior development of the space in the local scale are compared. The urban ventilation is elicited due to the importance to the thermal comfort in regions which have a humid and hot climate and for the hot and humid season of the altitude tropical climate besides being irreplaceable for the renovation of the air in any kind of climate. The computational simulation permits qualitative and quantitative visualization of the wind movement, making the understanding of the results of different land use easier. The simulations were made in the Microflo simulator of the Interated Environmental Solutions Limited software- Virtual Environment (IES – VE) and in Ecotect version 5.5. The best morphological environment and climatic design and configuration would be the prolonged zigzag buildings in the length position of the block.

1. INTRODUÇÃO

As alterações geradas pelo ambiente urbano no clima regional têm como fenômeno mais característico a formação de ilha de calor sobre as cidades, com 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 assim o balanço da radiação nas áreas urbanas.

A energia líquida resultante do balanço energético é transformada no ambiente urbano em função de vários fatores, como a forma da estrutura urbana (concêntrica, setorial ou multinuclear), a topografia (forma côncava, convexa ou plana), as atividades humanas geradoras de calor e o uso do solo. A densidade construída, a altura das edificações, os materiais de construção, as pavimentações, a cor das edificações, as massas líquidas, as áreas verdes, os espaços livres e as áreas construídas são decorrentes

dos padrões de uso e ocupação do solo. Todos estes fatores produzem efeitos térmicos, alteram a reflexão, absorção e o armazenamento de calor e produzem efeito de estufa na radiação solar terrestre.

Estas transformações importam em ganho de energia na estrutura urbana, na alteração da ventilação vertical e horizontal e na formação de ilhas de calor urbanas. Todas estas alterações no clima urbano são percebidas pela população em termos de conforto ambiental, tendo conseqüências individuais em termos de desempenho humano, e sociais, em termos de higiene pública.

No meio urbano, a ocupação do solo quanto a localização relativa, a orientação e as relações entre alturas, comprimentos e larguras dos edifícios, em relação com a direção dos ventos dominantes, desencadeiam distintas respostas do movimento do vento e na energia da estrutura urbana. Disso verifica-se a necessidade do estudo particular de cada tipo de ocupação do solo buscando a que melhor se adequa às necessidades climatológicas de cada região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

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, 2001:143), criando espaços que contribuam positivamente para o conforto ambiental das áreas externas e das áreas internas das edificações.

Considerando-se as áreas mais urbanizadas como o centro das cidades, ou áreas residenciais ou comerciais mais densas, pode-se prever que o fluxo de calor sensível e o armazenamento de calor pelas estruturas têm um papel maior que nas áreas suburbanas, e as perdas por evapotranspiração tendem a diminuir, pela ausência de áreas verdes.

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 em 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 antropogénica 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.

A ventilação é importante tanto para renovação do ar (salubridade do ambiente), quanto para conforto térmico em regiões com clima quente-úmido e na estação quente-úmida do clima tropical de altitude, facilitando a troca térmica entre as pessoas e seu entorno, acelerando a perda da umidade do corpo, através da convecção e evaporação.

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;

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

Brasília hoje encontra-se localizada no centro-oeste do Brasil, região do planalto central, a latitude de 16° sul e longitude 48° oeste. Conta ainda com uma altitude média de 1100m. Situa-se em sítio convexo aberto sofrendo toda influência dos ventos predominantes. Quanto à classificação climática, há um consenso entre os diversos autores que Brasília apresenta-se como um clima tropical de altitude caracterizando-se por grandes amplitudes diárias e duas estações definidas: quente-úmida (verão) e seca (inverno). Realizamos uma análise comparativa dos estudos existentes (Quadro1), de forma a se definir a partir de quais dados climáticos serão elaboradas as estratégias mais adequadas às solicitações do clima de Brasília, em face do desenvolvimento atual.

Quadro 1.- Caracterização do clima de Brasília

Temperatura média: 21,2° (1)

Períodos: Seco: Maio a Setembro (TM 19°C, variando 23°C a 30,4°C) e, Quente e úmido: Outubro a Abril (TM mais de 22°C) (3)

Mês mais quente e seco: Mais seco: agosto com 56% de UR em média. Mais quente: outubro (TM 23°) (3)

Mês mais frio: Julho (média: 19,1°C, mínima: 12,9°C, máxima: 25,3°C) (1), (4)

Regime Pluviométrico: 1552,1 mm anual (1)

Mês com maior índice de precipitação: Dezembro 248,6 mm (1)

Umidade anual: 67% (1), (5)

Umidade no verão: Dezembro: 79% Janeiro: 76%, Fevereiro: 77%. (1)

Umidade no inverno: Julho: 56%, Agosto: 49%, Setembro: 53% (1)

Ventos: Velocidade: Constantes e fracos com velocidade média 2m/s (2)

Ventos: Direção média anual: Leste. (2), (4)

Ventos Predominantes: Leste. (2), (4)

Ventos: Período chuvoso: Dezembro= noroeste Janeiro= nordeste e norte (3)

Ventos: Período seco: Leste e Sudeste (2)

Insolação média (horas e décimos): 2364,8 (1), (5)

Insolação no verão (horas e décimos): Dezembro: 138,1, Janeiro: 157,4, Fevereiro: 157,5 (1)

Insolação na seca (horas e décimos): Julho: 265,30 Agosto: 262,9, Setembro: 203,2 (1)

(1) INMET 1961-1990; (2) Ferreira, 1965; (3) Maciel, 2002; (4) Coincidência dos três; (5) Media dos três

O Setor Comercial Sul (SCS) localiza-se no Plano Piloto de Brasília, sendo a atual distribuição dos edifícios conforme indicando na Figura 1.

O Setor Comercial Sul (SCS) é um dos setores mais consolidados da cidade, visto que, grande parte de seus prédios foram projetados pelos arquitetos que elaboraram o plano. A parte baixa, aqui estudada, está localizado entre a W3 (a oeste), Eixo Rodoviário (a leste), Via S2 (a norte) e Via S3 (a sul), sendo composto por 6 quadras e 25 blocos.

O setor é composto pelas vias periféricas W3, Eixo Rodoviário, via S3 e S2 e as vias internas. As vias internas, devido à ocupação por carros estacionados, tornaram-se depósitos dos mesmos e estes disputam com os pedestres espaços para circular, sendo impossível a chegada de atendimentos de emergência como ambulâncias e corpo de bombeiro.

Grande parte do setor comercial sul se encontra ocupado por vagas regulares de estacionamentos, dispostas de maneira confusa e, mesmo os locais não especificados para esse fim, servem para tal. É comum encontrar carros sobre calçadas, em curvas, impossibilitando a passagem de outros veículos, nas faixas para pedestres, nas rampas para deficientes, etc. O pedestre disputa as calçadas com carros e

camelôs, além da falta de rampas e a existência de incontáveis degraus, as escadas são largas e sem corrimão, em geral são grandes barreiras.

Espaços internos entre os edifícios formam praças e vias para circulação de veículos. Para o estacionamento de automóveis, foram reservadas, além dos estacionamentos subterrâneos, áreas (arborizadas) externas ao núcleo de edificações, formando uma "cortina verde".

Segundo levantamento elaborado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação do GDF - SEDUH, em 2002, são considerados dados relevantes nas seis quadras e não sofreram alterações, o número de 65 Condomínios, o número de empresas igual a 2.736, as 3.300 salas comerciais, os 70 restaurantes, bares e lanchonetes e as 2000 vagas de estacionamento.

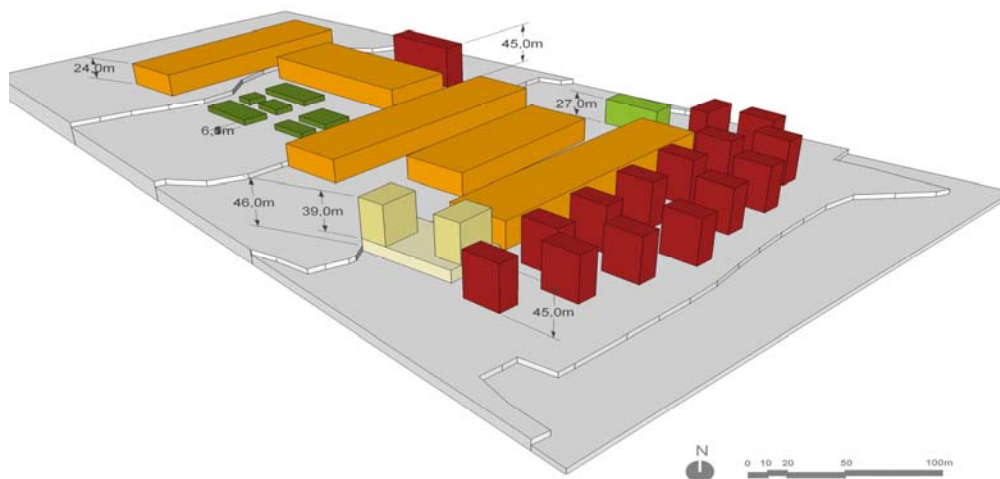


Figura 1. Planta do SCS com ocupação atual (dezembro de 2006).

4. O MÉTODO, AS ANÁLISES E OS REASULTADOS

Por meio do software ECOTECH versão 5.5, foi realizado um estudo da incidência solar nos edifícios, com enfoque principal nas condições extremas, os solstícios e equinócios, em três horários, às 9:00h, às 12:00h e às 15:00h. O uso dos edifícios ocorre predominantemente no horário comercial, entre 8h e 18h. Figura 2.

A simulação favorece a comparação de diferentes situações de ocupação do solo, verificando a interferência de uma ou mais edificações e umas sobre as outras, identificando os pontos mais vantajosos e desfavoráveis, possibilitando decidir qual a melhor ocupação do solo para uma área ainda não consolidada.

Existem diversos métodos de simulação do comportamento diferenciado dos escoamentos do vento, entre os quais destacamos, os modelos físicos aerodinâmicos, modelos analógicos hidráulicos e a modelagem matemática computadorizada incluindo aqui os softwares de Dinâmica de Fluidos Computacionais (CFDs – Computational Fluid Dynamics).

Os CFDs utilizam equações escalares de continuidade, movimento e energia acopladas a modelo de turbulência. Permite a visualização do escoamento de fluidos (gases e líquidos) e o comportamento das temperaturas, através de saídas gráficas, expressas em vetores de velocidade e direção do escoamento nas células. Este método, dependendo do programa, utiliza modelo 2D ou 3D de espaços a serem simulados.

Vale ressaltar que as simulações matemáticas computadorizadas são, ainda hoje, muito limitadas. Nos modelos (softwares), os resultados dependem das condições de “fronteira”, quer dizer, da possibilidade ou não de simular o entorno da área em estudo, do tamanho da “malha” utilizada pelo software para fazer o cálculo da simulação matemática, da dimensão da área modelada (comprimento, largura e altura), da viabilidade de simular a topografia da área em estudo, e da possibilidade de visualizar cortes nos modelos simulados.

Pela análise da insolação pode-se concluir o comportamento solar durante o ano, destacando-se as seguintes observações:

- as sombras emitidas pela manhã ocorrem no sentido sudeste-sudoeste.
- ao meio-dia praticamente não existem sombras, havendo pequenas projeções na orientação sul.
- à tarde as sombras são formadas à leste-sudeste.
- no inverno ocorrem as maiores parcelas de sombra, enquanto no verão estas são reduzidas.

Os edifícios mais longos possuem uma de suas fachadas principais voltadas à noroeste, recebendo grande parte da incidência do sol poente. Devem receber proteção contra esta insolação, já que a situação ideal seria que as menores superfícies estivessem voltadas para esta orientação. As áreas de convívio possuem sombreamento em pelo menos alguma parte do dia, porém é necessário o uso de estratégias de sombreamento adicionais no verão, já que este é o período de maior deficiência. Os edifícios mais longos apresentam as fachadas principais e, conseqüentemente, as maiores superfícies de insolação voltadas para sudeste-noroeste.

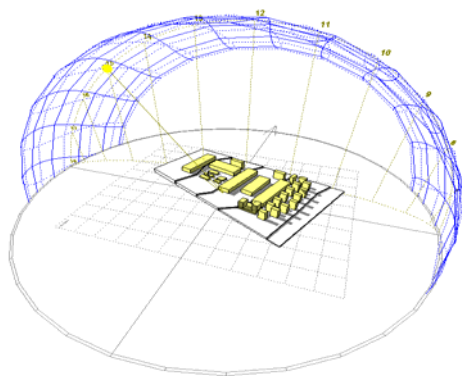


Fig. 2.- Equinócio de outono – 15h

As simulações demonstraram que a ventilação do SCS é prejudicada pela disposição de seus edifícios. Os ventos dominantes do leste são barrados logo que adentram a fração, gerando diversas regiões sem ventilação ou ainda com ventilação deficiente. Nas análises de insolação e radiação pode-se diagnosticar várias regiões prejudicadas pelo alto índice de insolação direta.

Em um paralelo entre as simulações de insolação, radiação e ventilação, verifica-se que muitas regiões que apresentam insolação direta poderiam ser beneficiadas pelo uso da ventilação como estratégia para amenizar os efeitos negativos.

Apesar de apenas 4 dentre os 29 edifícios existentes estarem nesta orientação e, representarem os maiores prédios do setor, possuindo as maiores superfícies em exposição, esta orientação não é a mais favorável para o posicionamento das maiores superfícies, o que prejudica o desempenho térmico destes edifícios. Nas regiões tropicais, em virtude da incidência direta da radiação solar nas primeiras horas do dia, as paredes voltadas para o leste e, nas últimas horas do dia, para oeste, estão sujeitas à cargas de calor radiante equivalente à carga que recebe a cobertura nestas mesmas horas. Para maior conforto no interior dos recintos, as superfícies mais longas deveriam ficar voltadas para o sul e norte. A superfície sul não receberia radiação solar direta e, devido a menor intensidade de radiação, a proteção das paredes voltadas para o norte se tornaria mais fácil do que aquelas voltadas para leste e oeste. A maioria dos edifícios do setor estão voltados para sudoeste-nordeste. Estes são pequenos, apresentando menores superfícies, porém no geral são mais altos que os demais.

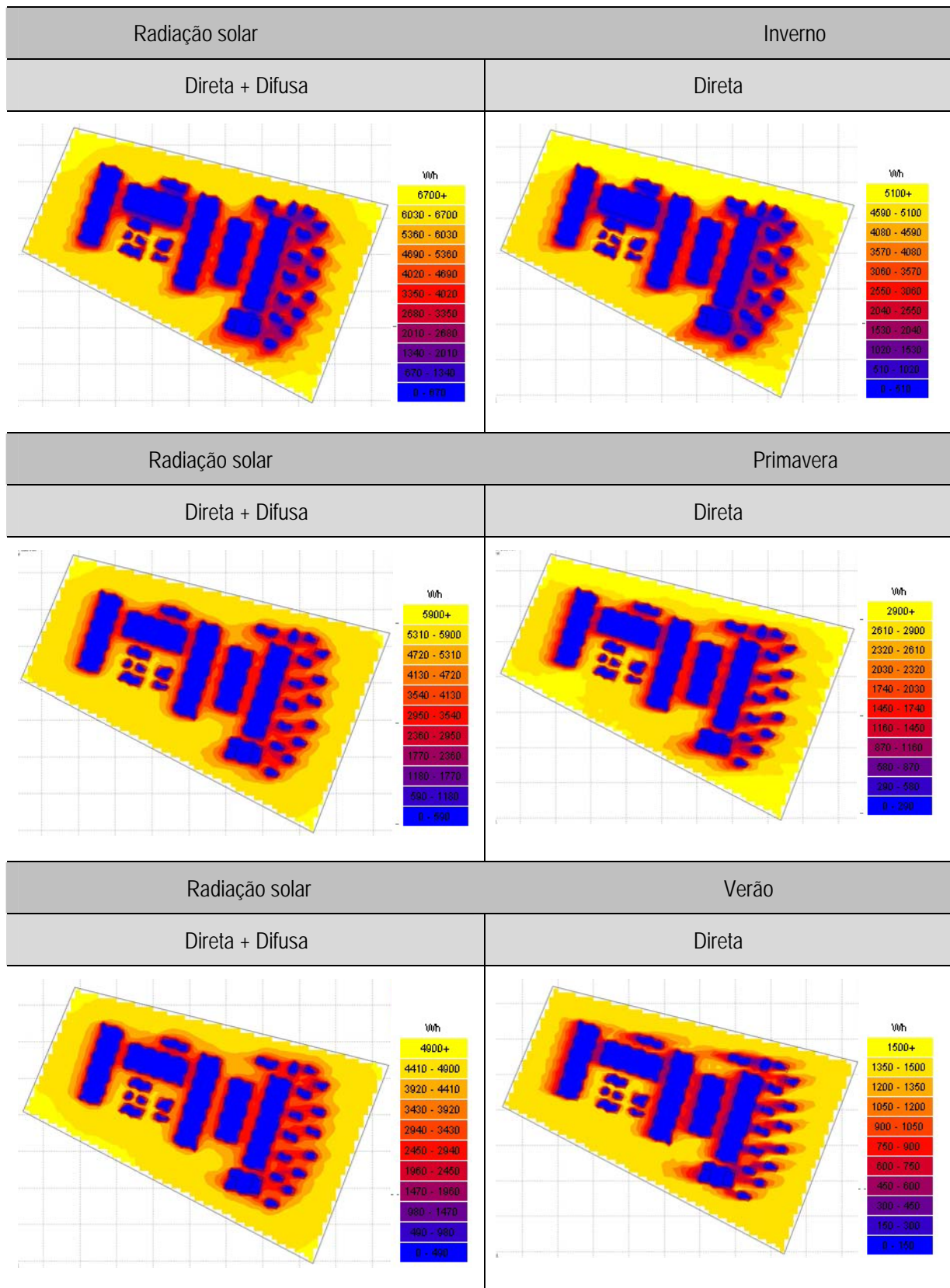


Fig. 3.- Simulações do SCS no Ecotect versão 5.5

Atualmente, existem no mercado diversos simuladores CFD's, sendo que para este trabalho optou-se pelo simulador MicroFlo do programa Integrated Environmental Solutions Limited - Virtual Environment (IES – VE). Este software roda em Windows, possui interface de fácil utilização mesmo para profissionais que não possuem estudos aprofundados sobre comportamento de fluidos, e trabalha com modelo 3D.

Segundo o MicroFlo User Guid (2005), o software IES-VE faz simulações numéricas do escoamento do vento e tem como objetivo ser uma ferramenta para aumentar o entendimento do comportamento do vento interno e externo ao edifício, em condições limitadas, podendo incluir os efeitos do clima, energia interna e sistemas HVAC. O MicroFlo envolve a solução matemática das equações de momento, energia, continuidade de massa, quantidade de turbulência e escala/massa de fração.

Em relação às condições de “fronteira”, o MicroFlo utiliza as condições de fluxo de entrada uniforme em toda a secção de entrada, e saídas livres através das fronteiras laterais e superiores. Uma vez definida a área de simulação, este software só considera os domínios vizinhos da área de estudo, caso um arquivo específico para isso seja importado para a página da simulação, caso contrário, a simulação ocorre por *default* sem contribuição de domínios vizinhos. Este software trabalha com escoamento livre, não apresentando variações de vento com as distâncias acima do solo como, por exemplo, na camada limite.

Visando analisar o desempenho ambiental urbano, com ênfase na ventilação, escolheu-se como área de estudo o Setor Comercial Sul – SCS do Plano Piloto de Brasília. Para isso, realizou-se estudo comparativo da influência da mudança da distribuição dos edifícios sobre a ventilação natural neste setor. Nas simulações comparativas considerou-se:

- edifícios com planta retangular, gerando volumes prismáticos sem detalhamento;
- topografia plana;
- velocidade do vento = 2,0m/s;
- direção de vento = leste;
- temperatura isotérmica;
- saída dos resultados com velocidade do vento entre 0,0m/s a 2,5m/s;
- visualização dos resultados em planta;
- velocidade de vento menor do que 1,0m/s baixa para proporcionar conforto térmico [adotando escala de ventos de Beaufort (1806) e Penwarden (1973), apud Villas Boas, 1983)].

Ao todo foram propostas três situações de ocupação para simulação:

- configuração 1: ocupação segundo levantamento *in loco* realizado em dezembro de 2006;
- configuração 2: ocupação com comprimento dos edifícios no sentido do comprimento da quadra;
- configuração 3: ocupação com disposição dos edifícios em ziguezague.

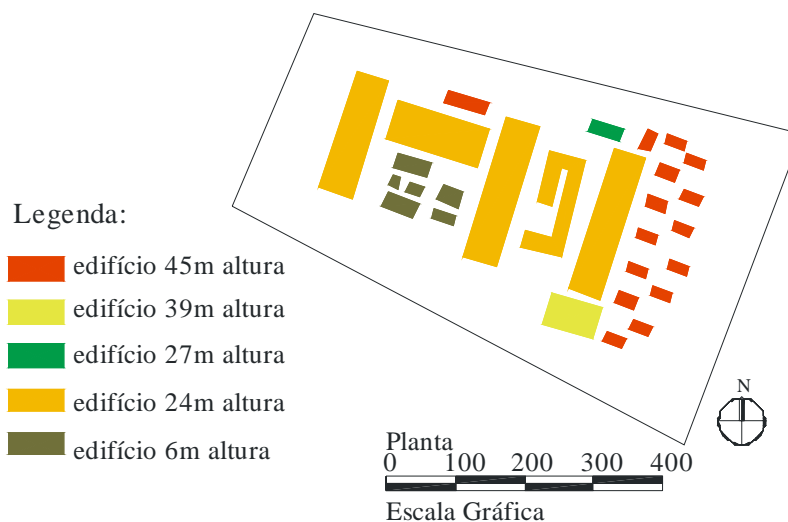


Fig. 4. Ocupação do SCS segundo levantamento *in loco* realizado em dezembro de 2006.

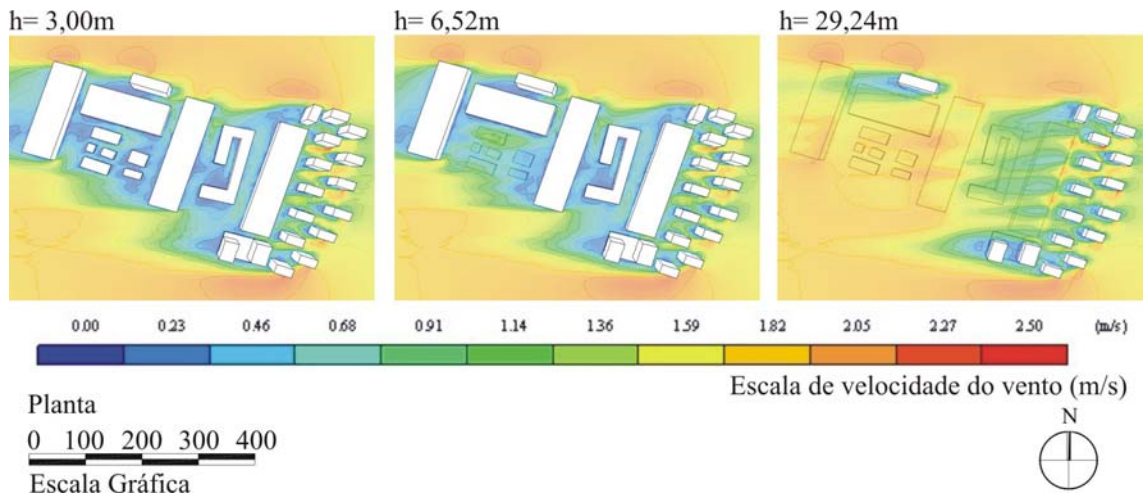


Fig. 5. Resultados em planta da Simulação da Configuração 1.

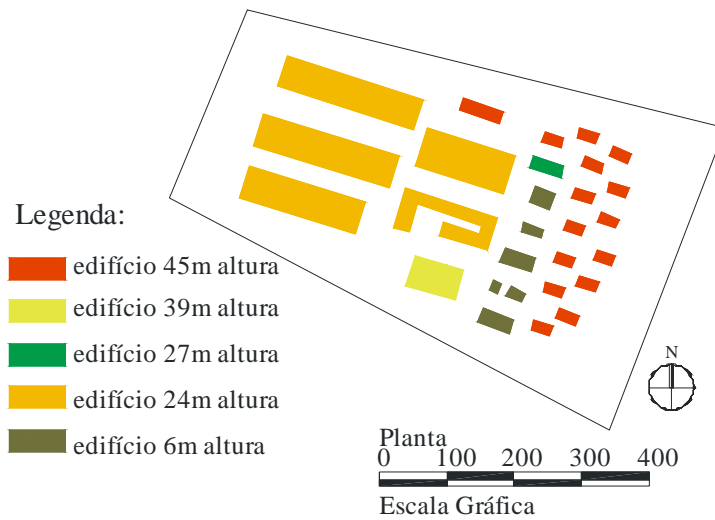


Fig. 6. Ocupação do SCS com comprimento dos edifícios no sentido do comprimento da quadra.

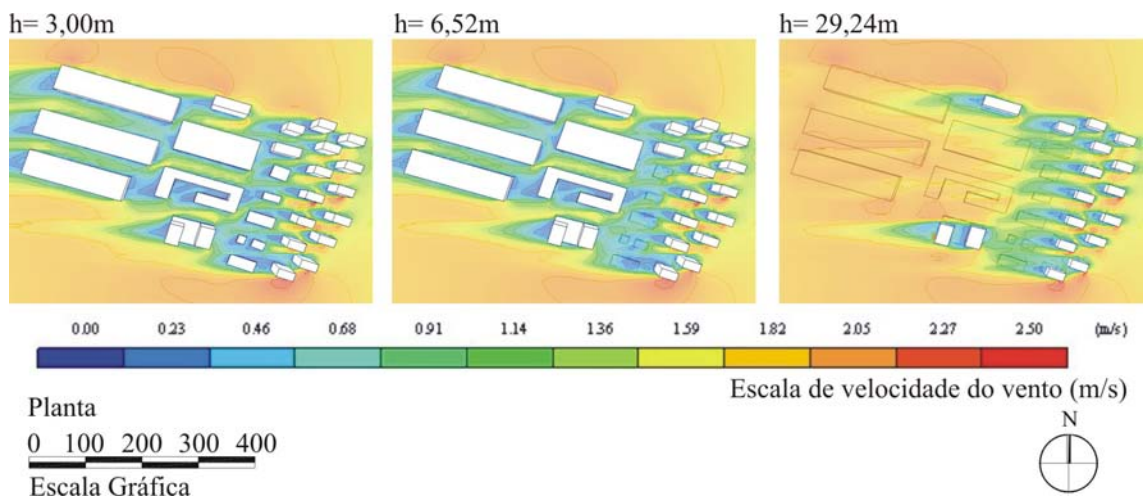


Fig. 7. Resultados em planta da Simulação da Configuração 2.

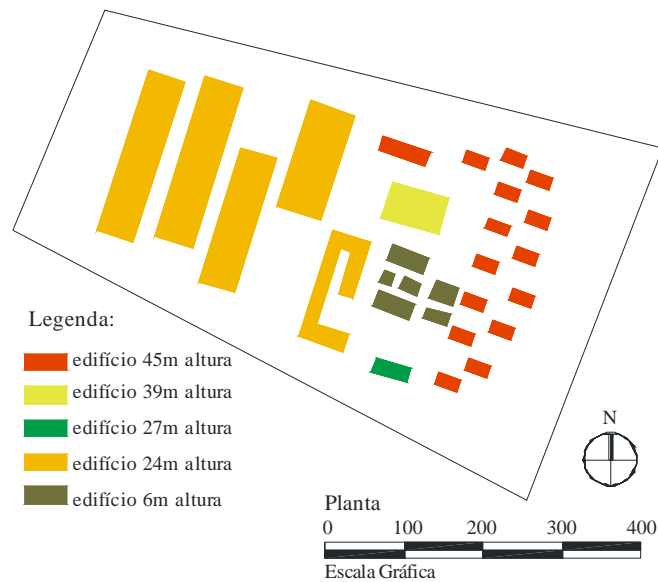


Fig. 8. Ocupação do SCS ocupação com disposição dos edifícios em ziguezague.

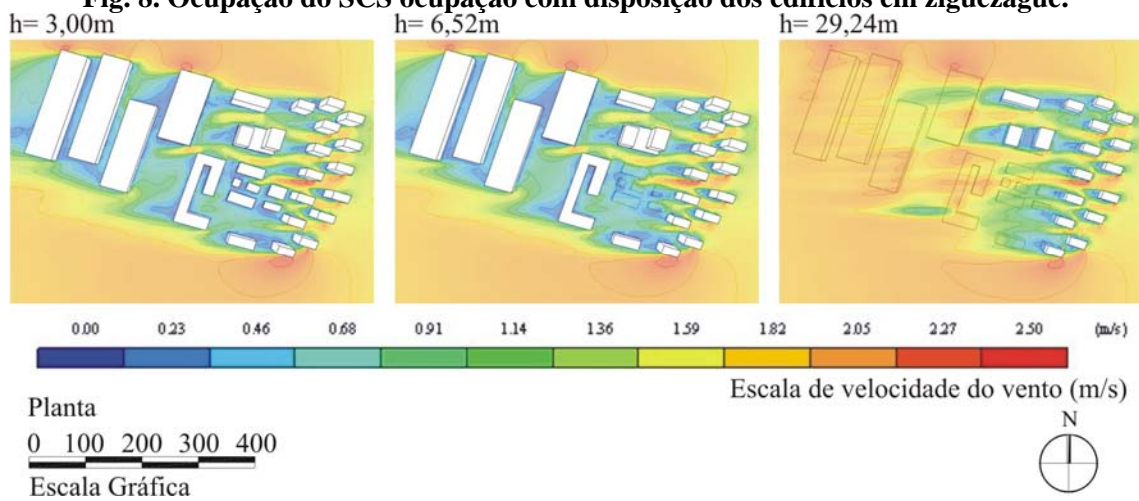


Fig. 9. Resultados em planta da Simulação da Configuração 3.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Configuração 1: ocupação segundo levantamento *in loco* realizado em dezembro de 2006

Observando a orientação dos edifícios em relação à direção do vento, constata-se a formação do Efeito Esteira a oeste de todos os edifícios. Na esteira destes edifícios a velocidade de vento indicada é menor do que 1,0m/s ocorrendo, portanto, déficit de velocidade do vento para conforto térmico, a chamada sombra de vento. Em relação aos edifícios com 45,00m de altura, devido à localização em duas fileiras paralelas e alternadas, o edifício a sotavento sofre pouca influência da sombra de vento do edifício a barlavento, sendo que em ambas as fileiras a velocidade do vento que incide sobre os edifícios é maior do que 1,0m/s, ou seja, é boa para conforto térmico.

Para os edifícios com altura de 24,00m e 6,00m, devido à localização, proximidade e angulação perpendicular em relação à direção do vento, o Efeito Esteira de um edifício influencia diretamente todos os edifícios a sotavento com velocidade menor do que 1,0m/s, ou seja, há déficit de velocidade do vento para conforto térmico entre edifícios.

Configuração 2: ocupação no sentido do comprimento da quadra

Todos os edifícios têm localização disposta em fileiras paralelas e alternada, e por causa disso o edifício a sotavento sofre pouca influência da sombra de vento do edifício a barlavento.

Devido à localização e angulação dos edifícios em relação à direção do vento, verifica-se a formação do Efeito Canal com velocidade do vento maior do que 1,0m/s, ou seja, é adequada para o conforto térmico. Em relação às fachadas transversais dos edifícios, devido à localização, proximidade e

angulação perpendicular em relação à direção do vento, o Efeito Esteira de um edifício faz com que os edifícios a sotavento recebam velocidade menor do que 1,0m/s (déficit de velocidade do vento para conforto térmico).

Configuração3: ocupação com disposição dos edifícios em ziguezague.

Constata-se a formação do Efeito Esteira a oeste de todos os edifícios. Em relação aos edifícios com 45,00m de altura, devido à localização em duas fileiras paralelas e alternadas, o edifício a sotavento sofre pouca influência da sombra de vento do edifício a barlavento, sendo que em ambas as fileiras a velocidade do vento que incide sobre os edifícios é maior do que 1,0m/s, ou seja, é boa para conforto térmico. A ocupação em ziguezague permite que para as primeiras fileiras de edifícios a velocidade do vento seja maior do que 1,0m/s, entretanto para as duas últimas fileiras a oeste, devido à localização, proximidade e angulação perpendicular em relação à direção do vento, a velocidade do vento que os edifícios a sotavento recebem é menor do que 1,0m/s por causa do Efeito Esteira, ou seja, há déficit de velocidade do vento para conforto térmico entre edifícios.

6.- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de estabelecer diretrizes de projeto visando a redução dos efeitos microclimáticos negativos e promover o uso dos espaços abertos, o estudo relacionou os elementos urbanos do setor (topografia e uso do solo) e do lugar (morfologia, edifícios, espaços abertos e vegetação) com os parâmetros climáticos simulados. O cruzamento dos dados climáticos com a caracterização ambiental e arquitetônica do sítio permite estabelecer diretrizes para a redução do impacto negativo da urbanização e o aproveitamento adequado de um espaço central.

Conclui-se que a simulação computacional é uma eficiente estratégia para avaliar como o vento escoar qualitativa e quantitativamente no espaço urbano, sendo possível verificar os distintos comportamentos do vento conforme o tipo de ocupação do uso do solo, permitindo visualizar as situações que possuem déficit de ventilação para conforto térmico, sem evitar a retenção da radiação de onda longa no espaço urbano.

A proposta que permitiu velocidade do vento maior do que 1,0m/s foi a configuração 3 onde os edifícios estão em ziguezague, (deslocados em relação aos outros), estes sofrem pouca interferência de sombra de vento em relação ao outro, posicionados na direção leste. A localização dos edifícios muito próximos produz zonas de aceleração do vento, mesmo quando um edifício fique frente a outro. Concluindo, a melhor disposição e configuração estaria dada por edifícios em ziguezague alongados no sentido norte (no comprimento da quadra), uma vez que poderia introduzir com maior eficácia, a ventilação a todo o setor central, que atualmente é barrada e desviada para cima pelos edifícios de 45 metros de altura localização no lado leste da direção predominante dos ventos do Planalto, uma vez que este setor pode ser caracterizado como opacos (não porosas) acumulando mais calor devido à propriedade térmica dos materiais, necessitando de maior ventilação para realizar trocas térmicas.

7.- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Londres: Routledge, 1987.

OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. WMO, Report n°81, 2004.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Editora UNB, Brasília. 2001.

ROMERO, M. A. B. Desempenho das constantes morfológicas: Índices de adequação ambiental na periferia do Distrito Federal. PAVIANI, A. (Org.). **Brasília: gestão urbana**. Brasília: Ed. UnB, 1999.

SOUZA, Valéria M. Baldoino de. **A Influência da Ocupação do Solo no Comportamento da Ventilação Natural e na Eficiência Energética em Edificações**, Dissertação de Mestrado. PPPGFAU, UNB. 2006.

VILLAS BOAS, Márcio. **Ventilação em arquitetura**. 65f. Monografia FAU/UNB, Brasília. 1983.