

A INFLUÊNCIA DAS PRESCRIÇÕES URBANÍSTICAS NA VENTILAÇÃO URBANA: O CASO DA ORLA DA PRAIA DO MEIO EM NATAL/RN.

Ricardo Souza Marques (1); Virginia Maria Dantas de Araújo (2)

(1) Mestre em Arquitetura e Urbanismo, ricardosouzamarques@gmail.com

(2) Doutora e Professora do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. UFRN, virginia@ufrnet.br

RESUMO

Este trabalho analisa um estudo da ventilação natural e sua relação com as prescrições urbanísticas x tipologia edilícia numa fração urbana da Orla da Praia do Meio em Natal/RN, abordando qual (is) mais se adapta(m) a fração urbana delimitada. Tem como objetivo, analisar os efeitos das normas e das tipologias edilícias sobre a ventilação natural. A fração urbana foi escolhida por ser uma das “áreas de entrada” dos ventos em Natal/RN. A pesquisa parte da hipótese de que a redução da porosidade da malha urbana (diminuição dos recuos) e o aumento do gabarito (altura das edificações), elevam o nível do gradiente de ventilação, reduzindo conseqüentemente a velocidade dos ventos na camada mais baixa das edificações. A abordagem foi desenvolvida com a produção de modelos computacionais tridimensionais, produzindo os modos de ocupação permitidos na fração urbana da área de estudo, que foram submetidos posteriormente à análise computacional em software de Mecânica de Fluidos. Após simulação, realizou-se avaliação estatística, para validação das hipóteses. Concluiu-se que a diminuição da porosidade em conseqüência da redução dos índices que definem os afastamentos mínimos (recuos) entre o edifício e o limite do lote (e conseqüentemente entre os edifícios), e o aumento do gabarito das edificações (altura da edificação) reduziram a velocidade dos ventos, o que possibilita a formação de ilhas de calor.

Palavras-chave: ventilação urbana, uso do solo, simulação computacional, prescrições urbanísticas.

ABSTRACT

This report analyzes a study on the natural ventilation of an urban fraction of the “Praia do Meio” beachfront, situated in the city of Natal - state of Rio Grande do Norte, and its relation to urban legislation as opposed to the building types in the aforementioned area, with the objective of investigating which uses (building types) best adapt to the area in question. The main objective is to assess the effects of the present legislation (town planning norms) and building types on the natural ventilation of this region. This urban area was selected as the object of this study due to its position as a “gateway” to the natural ventilation of the city of Natal. The study is derived from the hypothesis that reductions in the porosity of the urban mesh (a reduction in recession), coupled with an increase in form (building height), raises the level of the ventilation gradient, thus reducing the wind speed at the lowest layer of the buildings. This work was developed by the production of tridimensional computer-generated models simulating the modes of occupation allowed in the urban fraction within the area under study. These models were subsequently analyzed using the CFD (Computational Fluid Dynamics) code. Following simulation, a statistical evaluation was carried out for validation of the hypothesis. It was concluded that the diminished urban porosity resulting from the reduction of the parameters that define the minimum spacing requirements (recession) between buildings and the boundaries of urban tracts (and consequently among the buildings), as well as an increase in the building form (height of buildings), reduced the speed of the wind, giving rise to the formation of “heat islands”. As such, the results of the present research will be used as a subsidy for subsequent discussions about urban legislation that is part of the city master plan for the area under study.

Keywords: urban ventilation, land use, computer simulation, urban requirements.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente escuta-se com certa frequência dos moradores e dos que nos visitam, que Natal está mais quente, mais “abafado” e com menos brisas. Atualmente, com as ações dinâmicas do homem ao meio urbano, vem-se causando alterações e transformações no meio natural, ambiental e nas variáveis climáticas, dentre as quais destacamos a ventilação.

Uma das ações dinâmicas do homem são as construções de grandes estruturas edilícias, muitas vezes sem a preocupação de uma ocupação ordenada e galgada em conceitos e princípios necessários para uma melhor ação do planejamento urbano. Essa “despreocupação” na ocupação vem causando em Natal/RN o surgimento de ilhas de calor (padrões de linhas isotermas para áreas mais quentes), (VIDAL, 1991), sintomático do aumento da rugosidade e da diminuição da porosidade da superfície da terra, da redução na difusão do calor no meio urbano, dos baixos índices de evaporação, da poluição do ar e do calor gerado pelas atividades humanas. O excesso de construções, a falta de áreas verdes e a poluição vêm acentuando as variações de temperaturas nas grandes metrópoles (LOMBARDO in SERRONI, 2003).

Atualmente, existe uma crescente expansão populacional em Natal, e áreas cada vez mais valorizadas imobiliariamente são verticalizadas. Essa crescente expansão populacional vem também provocando um maior adensamento da cidade e conseqüentemente aumento das atividades antropogênicas que por sua vez aumentam a produção de energia calorífica em grandes centros urbanos.

O Plano Diretor de Natal regulamenta, através de prescrições urbanísticas, a forma de ocupação e uso do solo na nossa Cidade, visando através das exigências de recuos e gabaritos, manter índices mínimos de salubridade, fundamentando-se em princípios de conforto ambiental que visam à ventilação e a iluminação (RIO GRANDE DO NORTE, 1994). Mas assim como o homem, a cidade é mutável, e os edifícios com suas características de ocupação podem prejudicar (entre tantas variáveis climáticas) a ventilação.

Sendo o objeto de estudo do presente trabalho a ventilação, este analisa o comportamento da ventilação urbana em função das prescrições urbanísticas versus a tipologia edilícia numa fração urbana da Orla da Praia do Meio em Natal/RN (figura 1), abordando qual (is) uso(s) mais se adapta(m) a área em estudo delimitada. Tem como objetivo analisar os efeitos das normas e das tipologias edilícias sobre a ventilação natural, pretendendo-se traçar diretrizes gerais que sirvam de subsidio para discussões, elaborações e reformulações do Plano Diretor de Natal e de locais de clima semelhante. Trabalho anterior similar foi aplicado a outro bairro na mesma Cidade (COSTA, 2001).

Natal, capital do Rio Grande do Norte, com sua localização no Nordeste do Brasil e latitude 5°45’Sul e longitude 35°12’Oeste, caracteriza-se por seu clima quente-úmido, e pequenas variações de temperatura (baixa amplitude térmica) e altos níveis de umidade do ar.

A fração urbana foi escolhida por ser uma das “áreas de entrada” dos ventos em Natal/RN, pois o Parque das Dunas exerce uma influência como barreira natural para a ventilação, ocasionando uma sombra de vento em regiões de cotas inferiores a sotavento além de um re-direcionamento dos ventos alísios que vêm do mar.

A pesquisa parte da hipótese de que a redução da porosidade da malha urbana (diminuição dos recuos) e o aumento do gabarito (altura das edificações), elevam o nível do gradiente de ventilação, reduzindo conseqüentemente a velocidade dos ventos na camada mais baixa das edificações.

Para o desenvolvimento do estudo realizou-se pesquisa bibliográfica e documental acerca do tema ventilação e do Plano Diretor de Natal; pesquisa de campo para caracterização tipo-morfológica da área; digitalização dos dados obtidos, para a construção das maquetes volumétricas para a realização das simulações computacionais, analisadas em modelo computacionais CFD (*Computer Fluid Dynamics*). Após a tabulação dos dados numéricos, gerados pela simulação, realizou-se sua análise estatística, tendo como resposta a velocidade dos ventos.

2. OBJETIVO

Este artigo (resumo da dissertação de mestrado) tem como objetivo analisar os efeitos das normas e das tipologias edilícias sobre a ventilação natural, pretendendo-se traçar diretrizes gerais que sirvam de

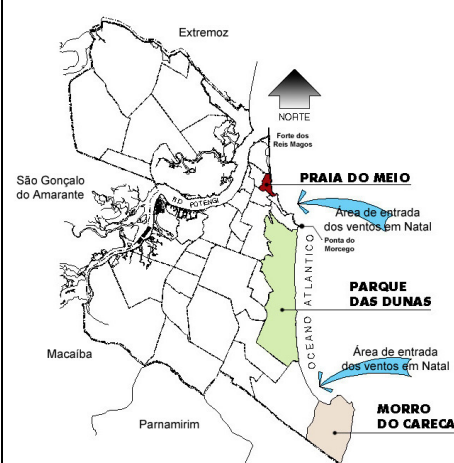


Figura 1: Mapa de Natal, com ênfase na área de estudo.

subsídio para discussões, elaborações e reformulações do Plano Diretor de Natal e de locais de clima semelhante.

3. MÉTODO

No desenvolvimento do presente trabalho, seis etapas foram realizadas: A primeira etapa compreendeu um estudo para um referencial teórico, no intuito de complementar e atualizar os conhecimentos científicos. Como forma de obtenção dessas informações, foram consultados arquivos de órgão municipais/estaduais (SEMURB – Secretaria Especial do Meio Ambiente e Urbanismo; CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, entre outros órgãos).

A segunda etapa caracterizou-se pela análise morfológica da área, através do levantamento físico da fração em estudo. De posse do mapa base digitalizado pela CAERN da fração, caracterizou-se o universo de pesquisa através de visitas ao local. De posse deste material delimitou-se a área de estudo.

Numa terceira etapa, digitalizou-se os dados obtidos para a construção das maquetes volumétricas para a realização das simulações computacionais, levando em consideração a situação atual e uma possível situação de verticalização na área de estudo, obedecendo às diretrizes urbanísticas específicas das ZET's na Lei nº 3.639/87 (RIO GRANDE DO NORTE, 1987). Nesta etapa foram definidos critérios a serem utilizados, como por exemplo, dimensões mínimas dos lotes com base nos usos (e a necessidades de lembrá-los quando necessário), além dos recuos adicionais, sintomático do gabarito da edificação e a permanência de prédios já consolidados como instituições governamentais. Após essas definições adotou-se quatro modelos a serem analisados que serão detalhados mais adiante. Esses modelos obedeceram à prescrição urbanística vigente na Cidade do Natal/RN, que protege toda a área em questão, com base em um ponto imaginário que se origina na Avenida Getúlio Vargas (via arterial com a cota mais alta=49,50m, no bairro de Petrópolis) e deve ter uma linha visual que não deve ser interrompida até esta mesma linha visual tangenciar a Orla (figura 2).

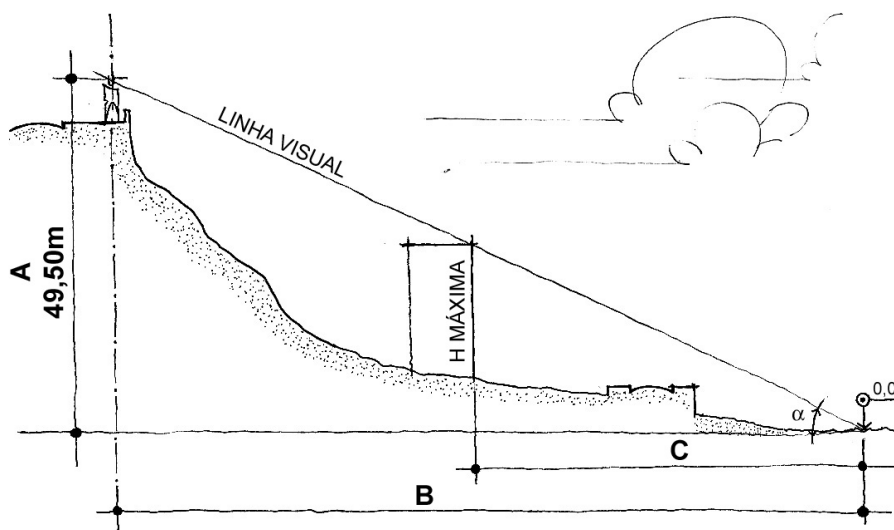


Figura 2: Infográfico da diretriz sobre as linhas visuais do Plano Diretor de Natal.

A quarta etapa foi caracterizada pela simulação computacional, analisada em modelo computacional CFD. Utilizou-se o software PHOENICS 3.2 (*Parabolic, Hyperbolic Or Elliptic Numerical Integration Code Series*), desenvolvido para a análise de problemas em duas e três dimensões, envolvendo transferência de calor e/ou mecânica dos fluidos, resolvidos pelo método dos elementos finitos (LUDWIG, 2004). Para a realização destes processamentos, os modelos adotados foram simulados inicialmente com escoamento laminar (sem modelo turbulência), que após obtenção dos resultados foram re-processados, desta vez num modelo de turbulência.

Já na quinta etapa, realizou-se a tabulação dos dados numéricos, originários da simulação, e sua análise estatística. Foi idealizado um modelo estatístico para representar a variabilidade dos dados. Esse modelo foi indicado pela CONSULEST (Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN). Para estimar os parâmetros e estatísticas dos modelos, utilizou-se o software STATÍSTICA. As respostas obtidas dizem respeito à média da velocidade dos ventos na malha a barlavento e sotavento da área em estudo. Os pontos nesta malha foram oriundos de um refinamento do *grid* realizado pelo próprio software PHOENICS. Esses pontos selecionados foram em número de vinte e oito posições no plano bi-dimensional, compreendendo quatro no eixo “X” e sete no eixo “Y”. (figura 3). Além desses pontos no eixo X e Y, foram

analisados também trinta e cinco pontos no eixo “Z”, que diz respeito à altura média das aberturas das edificações. De acordo com as diretrizes urbanísticas que limitam o gabarito máximo da fração urbana estudada em 49,50m, essa quantidade de pontos adotados no plano Z abraça toda a altura máxima dos modelos analisados.

Por fim, na sexta etapa, realizou-se a análise e discussão dos resultados obtidos através do tratamento estatístico, resultando assim na conclusão do trabalho.

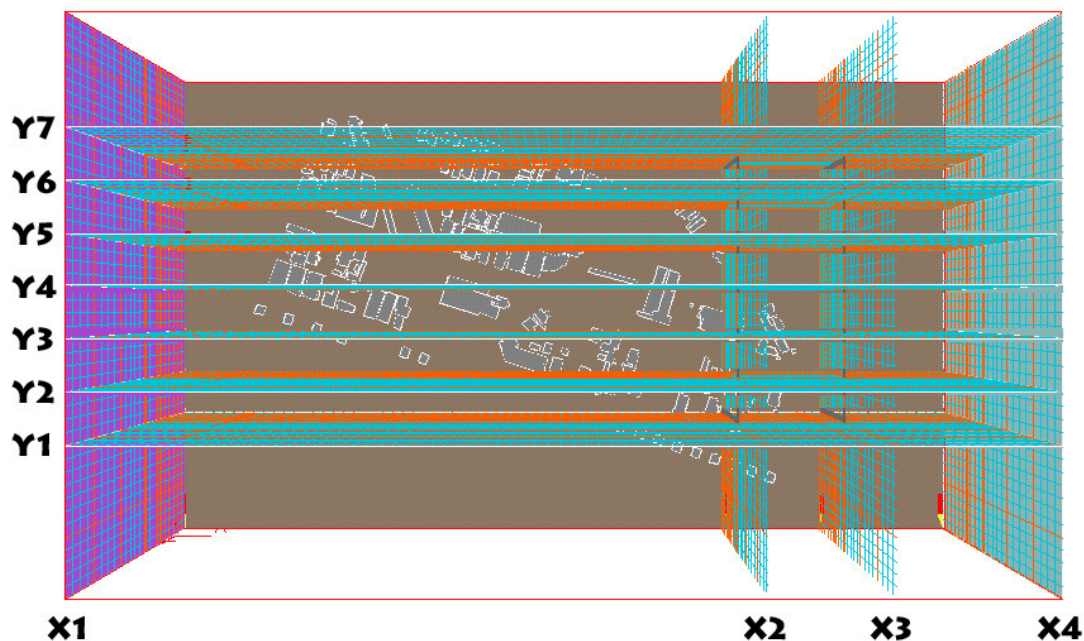


Figura 3: Localização dos planos analisados representados no modelo 01.

4. SIMULAÇÕES NUMÉRICAS COMPUTACIONAIS

Para simular as ocupações, foram calculados os potenciais construtivos de cada terreno em termos de número de unidades habitacionais, número de pavimentos, recuos mínimos exigidos e, taxas de ocupação máxima, chegando-se, dessa forma, a um volume que representaria uma edificação em cada terreno.

4.1. Modelos de ocupação

Modelo 01 - Compreende a situação atual, onde se percebe uma ocupação não muito densa e a presença de algumas áreas passíveis de verticalização. Nesta situação a altura máxima da camada edificante alcança 28,25m (Figura 4).



Figura 4. Perspectiva isométrica do modelo 01 com observador a Leste.

Modelo 02 - Caracterizado pelo Uso RM3 (residencial multifamiliar) sem pilotis; nesta provável ocupação a camada edificante alcança um gabarito de 42,00m. Apesar da altura, sua ocupação é menor que nos modelos 04 e 05 (Figura 5).

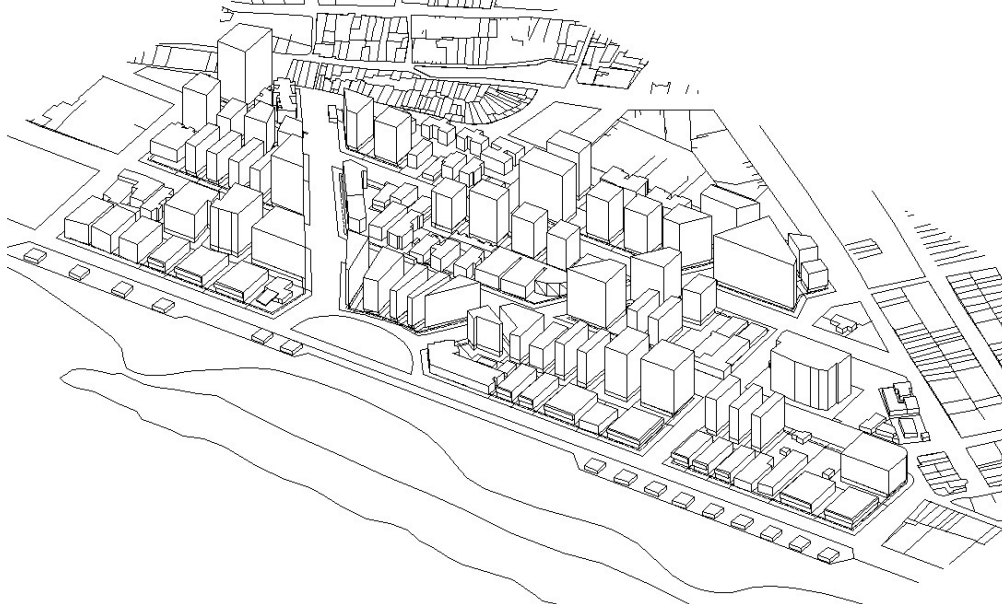


Figura 5. Perspectiva isométrica do modelo 02 com observador a Leste.

Modelo 03 - Seu uso também é o de RM3 (residencial multifamiliar), diferenciando-se do modelo anterior pela presença de pilotis (Figura 6).

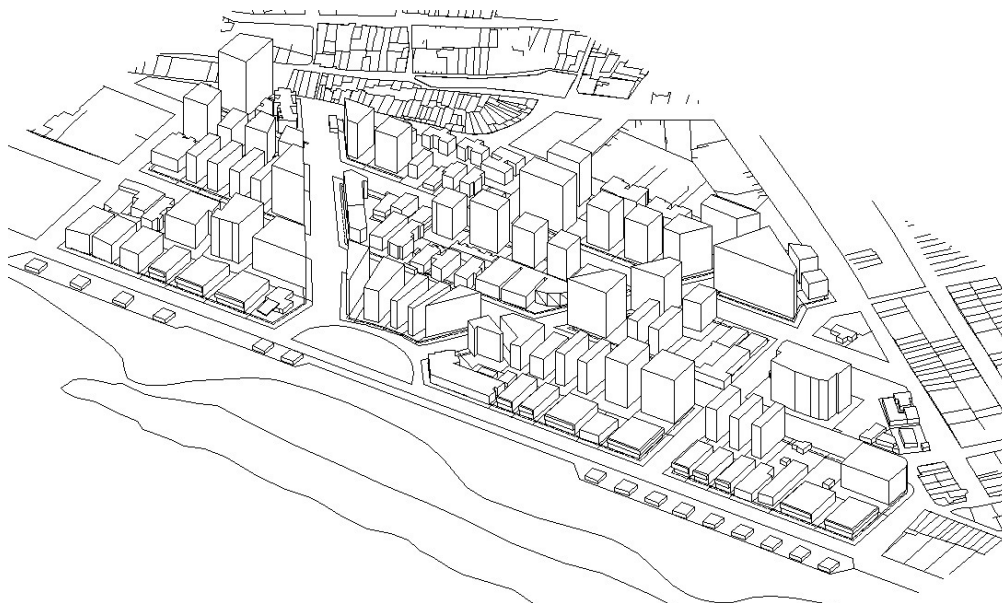


Figura 6. Perspectiva isométrica do modelo 03 com observador a Leste.

Modelo 04 - Seu uso é o S2 (serviços) sem pavimento vazado. O gabarito é menor (29,40m), mas sua ocupação é bastante maior, tornando a malha mais densa e menos porosa (Figura 7).



Figura 7. Perspectiva isométrica do modelo 04 com observador a Leste.

Modelo 05 - Sendo o mesmo uso (S2), com pavimento vazado e com a mesma ocupação do anterior, seu gabarito alcança 32,40m (Figura 8).



Figura 8. Perspectiva isométrica do modelo 05 com observador a Leste.

4.2. Resultados das simulações

Para a análise dos dados obtidos com as simulações computacionais, utilizou-se o *modelo de planejamento de experimento do tipo fatorial*, tendo como objetivo identificar a estrutura de efeito do fator, no caso específico, o Plano Diretor de Natal, sobre o comportamento da variação da velocidade dos ventos, observando-se os seguintes fatores: F_1 – Modelo de ocupação; F_2 – Plano de observação em “X”; F_3 – Plano de observação em “Y”; F_4 – Altura de observação.

O modelo estatístico idealizado para representar a variabilidade dos dados foi indicado pela CONSULEST – Consultoria de Estatística do Departamento de Estatística da UFRN. Para estimar os parâmetros e estatísticas do modelo foi utilizado o *software* STATÍSTICA.

As respostas obtidas representam as médias das velocidades simuladas nas seis posições, sendo considerados todos os fatores acima descritos, isolados ou conjuntamente.

O tratamento estatístico dos dados está traduzido em forma de gráficos e tabelas, que foram analisados detalhadamente para o estudo do comportamento da ventilação e comparados entre os modelos.

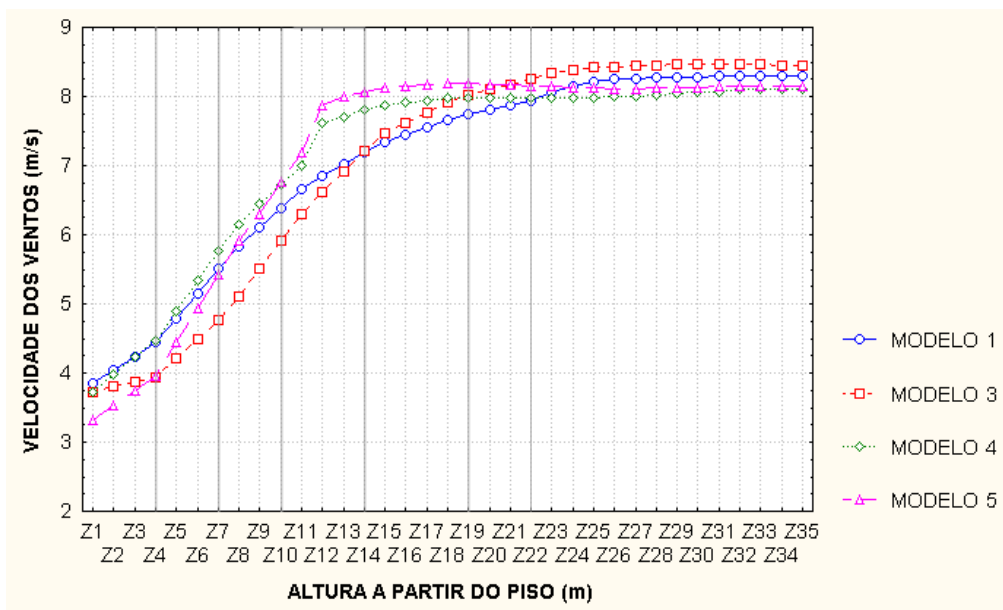
5. INCERTEZAS EXPERIMENTAIS

Uma análise completa das condições de conforto térmico deve levar em consideração todas as variáveis climáticas – ventilação, radiação, temperatura e umidade do ar, além das condições morfológicas do sítio. O propósito deste trabalho restringiu-se a análise das condições de ventilação urbana, decorrente das relações com o espaço edificado.

É importante lembrar que a utilização de modelos em CFD ainda impõe certas limitações, pois os resultados são raramente 100% realistas. Essas limitações devem-se principalmente aos seguintes fatores: 1) por razões de redução no tempo de processamento, são normalmente utilizados números reduzidos de interações e de elementos de volumes; 2) os dados de entrada (geometria dos elementos e propriedades dos fluidos) são normalmente aproximados; 3) as condições iniciais e de contorno representam a situação real sem riqueza de detalhes; 4) o escoamento pode envolver fenômenos (turbulência ou escoamento multifásico) que ainda não são completamente conhecidos nem perfeitamente representados pelas teorias científicas. Mesmo assim, os modelos CFD são largamente utilizados, pois apresentam vantagens sobre as técnicas tradicionais tais como: a) as simulações com modelos CFD são economicamente mais viáveis e mais rapidamente produzidas; b) evitam erros de extrapolação de escalas; c) podem oferecer informações mais detalhadas do que as obtidas através de medidas; d) permite experimentação de variações de projetos com maior facilidade (CHAM, 1999).

6. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Ao realizarmos o efeito de interação do modelo (F_1) e da altura (F_4) sobre a velocidade dos ventos (resposta), obteve-se como resposta de que existe efeito de interação do modelo (F_1) e da altura (F_4) sobre a velocidade dos ventos (Figura 9).



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12
1,40	4,20	7,00	9,80	12,60	15,40	18,20	21,00	23,80	26,60	29,40	32,20
Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20	Z21	Z22	Z23	Z24
35,00	37,80	40,60	43,40	46,20	49,00	51,80	54,60	57,40	60,20	63,00	65,80
Z25	Z26	Z27	Z28	Z29	Z30	Z31	Z32	Z33	Z34	Z35	
68,60	71,40	74,20	77,00	79,80	82,60	85,40	88,20	91,00	93,80	96,60	

Figura 9: Gráfico do efeito de interação do modelo e da altura sobre a velocidade dos ventos.

Ao analisarmos o gráfico da figura 9 (no que cerne a questão do gradiente de velocidade da ventilação), o comportamento dos quatro modelos estudados não apresentou surpresa.

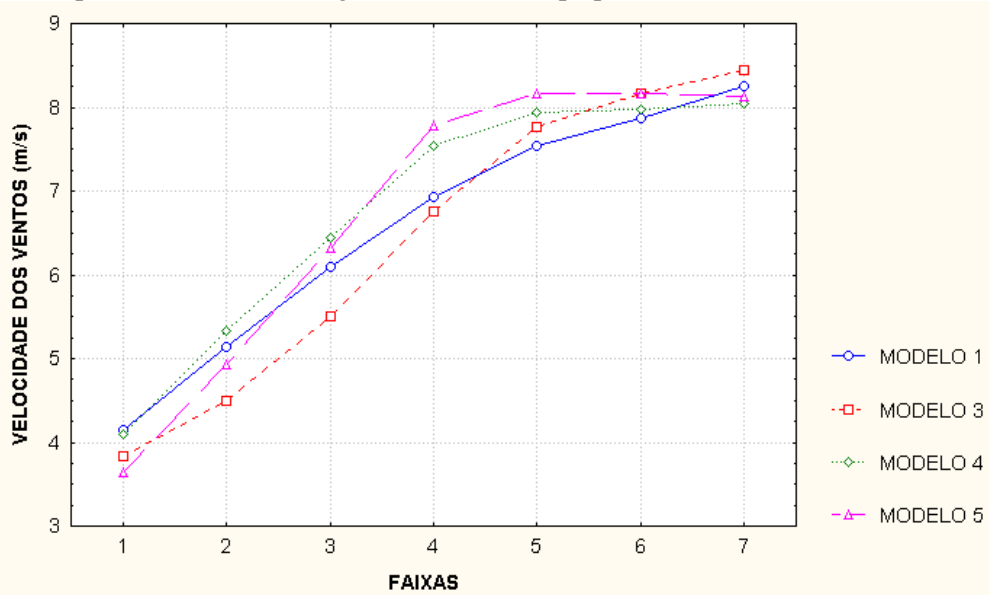
Ratificando que existe o efeito de interação do modelo e da altura sobre a velocidade dos ventos, este gráfico nos indica que os modelos que apresentaram maiores valores na camada intra-urbana imediata foram os modelos 01, 03 e 04, e como era de se esperar, os modelos 01 e 03 foram os que demonstraram melhores resultados. Esse fato deve-se a ocupação do modelo 01 ser a mais porosa (apresenta menos edificações) e a do modelo 03 ser de 50% no térreo, versus uma ocupação de 80% nos modelos 04 e 05, devido ao uso destinado de serviço (S2).

Analisando a curva, percebe-se que até aproximadamente 9,80m (Z4), o modelo 05 foi o que apresentou menores resultados, fator que pode ser explicado pela presença do pavimento vazado no terceiro piso, que “formam” dois blocos; sendo o primeiro mais próximo ao solo atingido pelo efeito do ponto de estagnação nessas primeiras alturas, porém, logo após sua velocidade se assemelham aos demais modelos.

Após a essa altura de 9,80m do solo, o modelo 03 apresentou menores velocidades do vento, fator sintomático à sua torre, que com 42,00m de altura se apresenta mais alta em relação aos outros três modelos estudados; (28,25m para o modelo 01; 29,40m para o modelo 04 e 32,40m para o modelo 05). Visto que para ambos os modelos (03, 04 e 05), a ocupação da torre é de 50% a partir do terceiro pavimento, as dimensões do terreno foi um fator diferenciado, pois 50% num terreno de 450,00m² (modelo 03) e esse mesmo valor de 50% num terreno de 360,00m² (modelos 04 e 05) fazem com que, em devidas proporções, a do modelo 03 torne a possuir uma maior “densidade”, fazendo que a face barlavento tenha uma maior dimensão linear.

Neste gráfico é possível definir intervalos (faixas) em que a velocidade dos ventos apresenta comportamentos distintos, o que resultou na criação de sete faixas, sendo elas a 1,40m; 9,80m; 18,20m; 26,60m; 32,20m; 46,20m e 65,80m. Ao isolarmos as faixas (gráfico da figura 10) percebe-se que o modelo 05 é o que apresenta menor média da velocidade do vento próximo à camada intra-urbana, já o modelo 01 apresenta melhores resultados, devido a ser o modelo que possui menor adensamento, o que significa dizer que há uma maior porosidade. O modelo 03, apesar de apresentar resultados semelhantes ao modelo 01 na camada intra-urbana analisada (faixa 1= 1,40m), no seu desenvolvimento não se apresenta acima dos demais, fator explicado pela alta ocupação a partir da altura de 4,20m e devido a sua considerável verticalização de 42,00m em relação aos demais modelos.

Percebe-se também na figura 10 que o modelo 04 foi o que apresentou maior média em relação à velocidade até a faixa 3, ou seja, até 26,60m (Z10). Este valor tem sua maior importância ao aferirmos a cota de gabarito Z11 que coincide exatamente a altura do gabarito máximo deste modelo: 29,40m. Nesta altura a sua média das velocidades dos ventos foi a menor, devido ao fluxo do ar ser desviado por sobre o obstáculo. A separação dá-se próximo à borda de fuga, e a esteira é de pequenas dimensões (BLESSMANN, 1990).



FAIXAS	1	2	3	4	5	6	7
ALTURAS (m)	1,40	9,80	18,20	26,60	32,20	46,20	65,80

Figura 10: Gráfico do efeito de interação do modelo e das faixas sobre a velocidade dos ventos.

7. CONCLUSÕES

Concluiu-se que a diminuição da porosidade em consequência da redução dos índices que definem os afastamentos mínimos (recuos) entre o edifício e o limite do lote (e conseqüentemente entre os edifícios), e o aumento do gabarito das edificações (altura da edificação) reduzem a velocidade dos ventos, dando origem à formação de ilhas de calor.

Portanto, após analisar os efeitos das prescrições urbanísticas e das tipologias edilícias sobre a ventilação natural, propõem-se diretrizes gerais que sirvam de subsídio para discussões, elaborações e reformulações do Plano Diretor de Natal e de locais que se assemelhem ao nosso clima quente-úmido:

- Diminuir (ou estabelecer em no máximo) a taxa de ocupação em 50%, independente da área do terreno, que seria estabelecida em no mínimo 450m².
- A torre ter ocupação inferior a 50%, no caso de edificações superiores a cinco pavimentos,
- Incentivar o uso de pavimentos intermediário vazados.
- Recuar a linha imaginária que limita a visual que toca a Orla, para propiciar uma diminuição do gabarito.
- Aumentar o distanciamento dos recuos mínimos e adicionais, em relação aos valores atuais
- Estimular a ocupação horizontalizada com poucos edifícios em altura como forma de aumentar a velocidade dos ventos no nível do solo.

Outros trabalhos estão sendo desenvolvidos na mesma área desta pesquisa por alunos do PPGAU/UFRN. Os resultados desta pesquisa apontam para a necessidade de integração dos resultados de todos esses trabalhos, que têm como objetivo contribuir com as discussões das alterações do Plano Diretor.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLESSMANN, Joaquim. **Ação do vento em edifícios**. 2. ed. Porto Alegre: EDUFRGS, 1990. (Série engenharia estruturas; 7).
- CHAM. **User Manual version 3.2**. CHAM of London, 1999.
- COSTA, Fernando J. de Medeiros. **Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. Natal: UFRN, 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.
- LUDWIG J. C. PHOENICS 3.6.0 Hard-copy documentation. **PHOENICS-VR reference guide**. London: CHAM, 2004
- RIO GRANDE DO NORTE. Câmara Municipal de Natal. Lei nº 3175/84, de 29 de fevereiro de 1984. Dispõe sobre o Plano Diretor de Organização Físico-Territorial do Município de Natal e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Natal, a.84, n.5.767, 29 fev. 1984. Suplemento, p. 55.
- RIO GRANDE DO NORTE. Câmara Municipal de Natal. Lei complementar nº 07, de 05 de agosto de 1994. Dispõe sobre o Plano Diretor de Natal e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Natal, a.61, n.8.350, 07 set. 1994. Caderno Especial, p. 02-10.
- RIO GRANDE DO NORTE. Câmara Municipal de Natal. Lei complementar nº 022, de 18 de agosto de 1999. Dispõe sobre a revisão da Lei complementar nº 07, de 05/08/94, de conformidade com o previsto nos seus artigos nº 14 e 67 e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Natal, a. 66, n. 9.571, p. 26-28, 19 ago. 1999.
- RIO GRANDE DO NORTE. Câmara Municipal de Natal. Lei nº 3.639, de 10 de dezembro de 1987. Dispõe sobre os usos e prescrições urbanísticas da Zona Especial ZET-3, criada pela lei 3.175/84 de 26 de janeiro de 1984 e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado**, Natal, a. 87, n. 6.705, p. 02-08, 17 dez. 1987.
- SERRONI, Marcelo. Deserto artificial. **Isto é**, São Paulo, n.1728, p.98-99, 2002. (Entrevista à Magda Lombardo).
- SPALDING, D. B. PHOENICS 3.6.0 Hard-copy documentation. **PHOENICS Overview**. London: CHAM, 2004
- VIDAL, Roseane Dias Medeiros. **Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) UnB, Brasília: [s.n.], 1991.