

## **O IMPACTO DA ALTERAÇÃO EM PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE A VENTILAÇÃO NATURAL EM CIDADE DE CLIMA TROPICAL ÚMIDO – O CASO DE FORTALEZA**

**Renan Cid Varela Leite (1); Anésia Barros Frota (2)**

(1) Arquiteto, Especialista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, renacid@bol.com.br

(2) Arquiteta, Doutora, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Departamento de Tecnologia, LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética arfrota@uol.com.br

### **RESUMO**

O presente trabalho pretende estudar a influência das alterações nos padrões de ocupação do solo sobre a ventilação natural, com estudo de caso em trecho compreendido por partes dos bairros do antigo distrito de Messejana, Cambeba e Parque Iracema, na cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará. O vento é elemento chave à qualidade do ar no ambiente urbano e conforto térmico em localidades de clima quente úmido, o caso de Fortaleza. Entretanto, este é o elemento do clima urbano mais modificado pelo processo de urbanização. A morfologia urbana é resultado de prescrições edilícias tais como gabarito, taxa de ocupação do lote e recuos, modificando a permeabilidade e intensidade do vento no espaço urbano, dificultando o aproveitamento de seu potencial para condicionamento passivo de edificações e, conseqüentemente, aumentando o consumo energético a partir do uso de condicionadores de ar. O estudo da alteração no escoamento de ventos sobre o tecido urbano aborda, especificamente, parte da capital cearense que experimenta um processo de expansão urbana nestes últimos anos, intensificando a sua ocupação e alterando os padrões de uso do solo. Para o desenvolvimento do estudo serão reproduzidos modelos de ocupação do solo tridimensionais virtuais resultantes da interação entre as diversas prescrições urbanísticas. Estes, por sua vez, serão simulados em *software* de Mecânica dos Fluidos. Desta forma, será possível visualizar a ventilação urbana na área de estudo.

Palavras-chave: Conforto Térmico Urbano, Ventilação Urbana, Simulação Computacional.

### **ABSTRACT**

This work intends to study the influence of changes in patterns of land occupation on the natural ventilation, with case study in parts of the ancient district of Messejana, the neighbourhood of Cambeba and Parque Iracema, in the city of Fortaleza, capital of Ceará's state. The wind is fundamental to the air quality in the urban environment and thermal comfort in locations of hot, humid climate, the case of Fortaleza. However, this is the most modified element of the urban climate through the urbanization process. Urban morphology is the result of urban standards such as buildings heights, lot occupancy and setbacks, modifying the wind's permeability and intensity in the urban space, making difficult to use its potential for passive cooling of buildings and consequently increasing the energy consumption by the use of air conditioning. The study of changes in the wind disposal over urban area covers, specifically, part of the city which is experiencing a process of urban expansion in recent years intensifying its occupation and changing the land use patterns. For the development of the study, virtual three-dimensional land occupancy templates will be reproduced as the result of the interaction between the various urban standards. These, in turn, will be simulated in computer software of fluid dynamic. This way, it will be possible to analyze the urban ventilation over the area of study.

Keywords: Urban Thermal Comfort, Urban Ventilation, Computer Simulations

### **1. INTRODUÇÃO**

Diversos trabalhos científicos apontam o crescimento urbano desordenado como responsável pela

alteração no comportamento de parâmetros climáticos locais e, conseqüentemente, das condições de conforto térmico nas cidades, mantendo, portanto, estreita ligação com a atividade de planejamento urbanístico (CHANDLER, 1976; OKE, 1987, 1988; BITAN, 1992; KATZSCHNER, 1997). Por outro lado, Romero (2001) salienta que dentre todos os elementos do clima, as condições de ventilação sofrem as maiores alterações durante o processo de urbanização. Paralelamente, o vento sobre o meio urbano é o elemento climático mais passível de controle e modificação pelo planejamento urbano.

Costa (2001) rememora, entretanto, que o aproveitamento da potencialidade natural do vento ainda não é um exercício aplicado ao planejamento urbano, inexistindo prescrições edilícias em planos diretores resultantes de um planejamento integrado entre o sistema de ventilação e as diversas organizações urbanas. O autor explica que as leis que regem a forma de ocupação e uso do solo urbano apresentam instrumentos que hipoteticamente se baseariam em princípios de conforto ambiental. A exigência de recuos fundamenta-se na necessidade de ventilação e iluminação natural imprescindíveis à salubridade e conforto dos usuários das edificações. Todavia, na prática de órgãos públicos, à determinação ou mesmo alteração de tais índices não são desenvolvidos e/ou incorporados estudos científicos para observação de seus efeitos, o que gera, na maioria das vezes, leis que não correspondem à realidade climática local.

No Brasil, o desenvolvimento de trabalhos e o conhecimento das questões relacionadas ao vento e ao planejamento urbano podem ser considerados relativamente recentes. As conseqüências de tal deficiência no embasamento científico quando das tomadas de decisões por parte das gestões públicas tem efeitos diretos sobre as cidades e sua população.

Recursos relativamente altos são investidos para viabilizar a realização de planos de ordenação urbanística das principais cidades brasileiras sem, no entanto, se verificar os efeitos daquilo que é traçado sobre o meio ambiente e o clima. Por outro lado, o estudo acerca do desenvolvimento urbano com preocupação bioclimática exploraria racionalmente os recursos climáticos e viabilizaria a economia de energia pela arquitetura (SOUZA, 2006).

Aspecto importante também para qualidade ambiental urbana, o aumento da velocidade de circulação de ventos na escala da cidade diminui a tendência da temperatura nela verificada ser maior do que em seus arredores (GIVONI, 1998 apud DUARTE, 2000).

De acordo com Duarte & Serra (2003), atualmente se investiga a compatibilização entre verticalização, alta densidade ocupacional e manutenção da ventilação no ambiente urbano, criando, em alguns casos, microclimas urbanos que nunca existiram nas condições naturais. Mesmo diante dos avanços na compreensão dos fenômenos climáticos urbanos, a principal questão é converter esses dados em critérios de ocupação, em índices urbanísticos, aplicando tais variáveis ao processo de planejamento urbano.

A cidade de Fortaleza passa, atualmente, pelo processo de revisão de seu plano diretor de desenvolvimento urbano. No entanto, ressalta-se a ausência de uma avaliação mais precisa dos impactos das normas e prescrições edilícias sobre o comportamento de elementos climáticos em áreas em processo de consolidação, sobretudo nas porções leste e sudeste da cidade, áreas para onde esta se expande.

A região sudeste da cidade, por sua vez, experimenta uma expansão urbana intimamente vinculada ao mercado imobiliário, onerando sobremaneira o solo a partir de políticas voltadas ao turismo, fomentadas pelo governo estadual (FUCK JÚNIOR, 2002). Nesta, verifica-se um adensamento populacional e verticalização pronunciados nos últimos anos, carecendo, portanto, de estudos mais aprofundados acerca dos impactos das transformações ali verificadas relativamente ao interior da malha urbana, com ênfase na relação entre as mudanças nos padrões de ocupação do solo e o regime de ventos.

A verticalização aliada à diminuição da porosidade e aumento da rugosidade da forma citadina produz impactos, positivos ou negativos, nas condições ambientais urbanas, conforto ambiental e consumo energético de edificações a partir da possibilidade de diminuição ou incremento da velocidade do ar, como atestado em diversos estudos (SILVA, 1999; COSTA, 2001; PRATA, 2005; SOUZA, 2006). A área escolhida como objeto de estudo, por sua vez, constitui área de entrada dos ventos dominantes na capital cearense, tornando imprescindível compreender a influência das alterações nos padrões de ocupação do solo verificadas na região sobre o fluxo de vento sobre outras áreas da cidade.

## **2. OBJETIVO**

Analisar, através da visualização de cenários de ocupação do solo submetidos à ambiente de mecânica dos fluidos computacional, a influência dos padrões de ocupação do solo e do adensamento populacional sobre a ventilação natural em trecho da área sudeste do tecido urbano de cidade litorânea de clima tropical úmido, o caso de Fortaleza.

### 3. METODOLOGIA

O estudo tomará como base levantamentos aerofotogramétricos, lei de uso e ocupação do solo e mapas de zoneamento urbano propostos em planos diretores. Fará uso de instrumentos meteorológicos para obtenção das variáveis climáticas (temperatura e umidade do ar, radiação, pressão barométrica, direção e velocidade do vento) além de informações de estações meteorológicas presentes na cidade de Fortaleza - Estação da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), a estação do Aeroporto Internacional Pinto Martins.

As informações climatológicas acerca da velocidade, direção e frequência dos ventos serão comparadas aos dados medidos *in loco* a fim de alimentar a simulação computacional do comportamento do vento no meio urbano (*input*), a ser realizada pelo *software* ANSYS-ICEM/CFX. Este aplicativo já foi adquirido em licença de uso educacional pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT), tendo sido utilizado em diversos trabalhos realizados.

Serão montados cenários de ocupação a partir das diversas prescrições urbanísticas, tais como altura e densidade do conjunto de edificações, bem como recuos e taxas de ocupação dos lotes, lembrados ou não. Estes, por sua vez, servirão de base à análise do comportamento dos ventos sobre a área objeto de estudo.

Nesta pesquisa, o objetivo das simulações consiste em analisar e descrever como as mudanças em altura e densidade das construções, conseqüências geradas a partir de cada cenário de ocupação do solo, produzem alterações no comportamento do vento sobre o malha da cidade, acarretando mudanças nas condições de ventilação urbana.

De acordo com Toledo & Pereira (2004) as simulações computacionais da aplicação de diversas prescrições urbanísticas sobre a área de estudo constituem ferramentas que permitem visualizar qualitativa e quantitativamente o comportamento do vento, valiosas, portanto, para o entendimento do comportamento da ventilação natural.

Tendo como principais resultados da interação entre prescrições urbanísticas tais como gabarito das edificações, taxa de ocupação e recuos, a formação de sombras de vento e diminuição ou incremento da velocidade de deslocamento do ar possibilitarão estudar quais propostas de ordenação para o sítio analisado concorrerão de forma positiva ou negativa sobre o escoamento do ar no entorno imediato.

### 4. RESULTADOS PARCIAIS

A evolução urbana dos bairros do antigo distrito de Messejana, Cambéa e Parque Iracema, onde se localiza o trecho objeto de estudo, foi pesquisada visando subsidiar a análise ocorrida nas mudanças nos padrões de ocupação do solo da área sudeste da capital cearense, fruto da especulação imobiliária ali incidente (Figura 1). Faz-se necessário, ainda, o estudo do mapeamento da atual expansão da cidade, apontando a situação projetada em possíveis cenários de ocupação para a área delimitada, segundo o expresso em legislação – Plano Diretor e Leis de Uso e Ocupação do Solo.

A abordagem restringe-se a uma parte específica da área delimitada como forma de analisar em tempo hábil o escoamento do vento nesta parcela do tecido urbano, uma vez que a simulação em programas computacionais do comportamento do ar em deslocamento compreende um elemento complexo e dinâmico, o que demanda tempo para determinação dos resultados.

Os dados já medidos *in loco* durante os meses de janeiro e fevereiro de 2009 foram adquiridos com o uso de estação meteorológica HOBO Weather Station (Modelo H21-001) do Laboratório de Conforto Ambiental e Energias Renováveis do CEFET-CE (Figura 2). Estes foram organizados segundo a frequência de direção e médias de velocidade.



Figura 1 – Destaque da área de estudo e visualização de sua situação na dinâmica urbana de Fortaleza.  
Fonte: Adaptado de PDDU-FOR (2007).



Figura 2 – Estação meteorológica HOBO Weather Station H21-001 acoplada a poste de 10 metros de altura área de estudo.  
Fonte: Arquivo de dados da pesquisa.

Os dados de direção do vento medidos no local durante o período apontam à orientação leste e sudeste como primeira e segunda predominâncias (39% e 25% do total de valores registrados), respectivamente. Tais medições coincidem com as informações levantadas pela estação localizada junto ao Aeroporto Pinto Martins para o mesmo período. A série de dados mais completa coletada pela estação do aeroporto, ao longo dos dez últimos anos, será, então, utilizada como base ao estudo para determinação das direções aplicadas ao *software* de mecânica dos fluidos.

Como principais resultados do estudo, a interação entre prescrições urbanísticas e a formação de sombras de vento, diminuição ou incremento da velocidade de deslocamento do ar, aspectos apontados pelo *software*, possibilitarão estudar quais propostas de ordenação e arranjo de edificações para o sítio analisado concorrerão de forma positiva ou negativa sobre o escoamento da ventilação no entorno imediato.

A partir dos estudos sobre esta área da cidade de Fortaleza e a sistematização da metodologia a ser aplicada à pesquisa, pretende-se alcançar uma ferramenta passível de incorporação e aplicação à legislação urbanística na análise do impacto de novas edificações sobre a ventilação em meio urbano como objetivo geral do trabalho.

## 5. REFERÊNCIAS

- BITAN, Arieh. **The high climatic quality city of the future**. Atmospheric Environment, n. 26B, 1992.
- CHANDLER, T. J. **Urban Climatology and its Relevance to Urban Design**. Geneva, WMO. Technical Note 149, 1976.
- COSTA, Fernando. J. de M. **Ventilação e prescrições urbanísticas – Uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. Natal. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e urbanismo, UFRN, 2001.
- DUARTE, Denise. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. São Paulo, 2000. (Tese) – FAUUSP.
- DUARTE, Denise. H. S., SERRA, Geraldo. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador**. Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr./jun. 2003.
- FORTALEZA. Prefeitura Municipal de Fortaleza. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – discussões anteriores ao congresso de aprovação**. Fortaleza: PDDU, 2007.
- FUCK JÚNIOR, Sérgio. C. F. **Expansão urbana e segregação espacial no sudeste do município de Fortaleza**. (Dissertação). Departamento de Geografia. Centro de Ciências e Tecnologia, UECE, 2002.
- KATZSCHNER, Lutz. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture**. Anais do IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador, 1997.
- OKE, Timothy R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. London: Methuen, 1987.
- OKE, Timothy R. **The urban energy balance**. Progress in Physical Geography, n. 12, 1988.
- PRATA, A. R. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. (Tese) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- ROMERO, Marta. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2001.
- SILVA, F. A. G. **O vento como ferramenta de desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil**. (Tese). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- SOUZA, Valéria. M. B. de. **A influência da ocupação do solo no comportamento da ventilação natural e na eficiência energética em edificações. Estudo de caso em Goiânia – Clima tropical de altitude**. (Dissertação) Departamento de Pós-Graduação da FAU-UnB, Brasília 2006.
- TOLEDO, Alexandre M.; PEREIRA, Fernando. O. R. **Métodos e técnicas de visualização para a avaliação da ventilação natural pela ação do vento em edifícios**. NUTAU – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2004.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FUNCAP e CNPq por meio do projeto/convênio PPP - n° 9792/06 e Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental – CEFETCE, pelos recursos financeiros aplicados à realização da pesquisa.