

## ESCOAMENTOS DE VENTOS E PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO EM JOÃO PESSOA / PB

**Paulo Sérgio Araújo Peregrino; Francisco de A. Gonçalves da Silva**

(1) Professor do CEFET-PB, Av. 1º de Maio nº 720 Jaguaribe – João Pessoa PB, (83) 208-3054,  
e-mail: [pauloperegrino@yahoo.com.br](mailto:pauloperegrino@yahoo.com.br)

(2) Professor do PPGEU-UFPB, e-mail: [ffagos@yahoo.com.br](mailto:ffagos@yahoo.com.br)

### RESUMO

Este trabalho, parte de uma pesquisa já concluída, avalia a inter-relação existente entre os escoamentos de ventos e os padrões de ocupação do solo urbano estudados: o padrão de ocupação atual de parte dos bairros do Cabo Branco e Tambaú / João Pessoa – PB, e outro proposto, simulando a ocupação da área com edificações com padrões de gabarito em altura e afastamentos diferenciados daqueles exigidos pela legislação atual. Os modelos foram avaliados com base em ensaios efetuados em túnel aerodinâmico, fazendo uso para tanto da técnica de figuras de erosão de areia (JANEIRO BORGES e SARAIVA, 1980), e metodologia desenvolvida por Silva (1999), concluindo-se que o padrão de ocupação proposto, quando comparado ao de ocupação atual da área, apresenta resultados bastante satisfatórios no tocante à distribuição dos escoamentos dos ventos em seu interior. Ratificando que o padrão hoje induzido pela legislação vigente poderá causar danos irreversíveis à orla da cidade de João Pessoa num futuro próximo; ao passo que aponta também para a necessidade de revisão da referida legislação.

### ABSTRACT

This current paper is a part of an already concluded research and evaluates the relationship between the wind outflow and the standards of urban soil inhabitation. The dwelling standards of part of Cabo Branco and Tambaú neighborhoods in João Pessoa, Paraíba were compared with another one that simulated the dwelling of the area with buildings with standards determined by height and distance templates different of those required by current legislation. The models were evaluated based on essays made in aerodynamic tunnel that used sand erosion technique (JANEIRO BORGES and SARAIVA, 1980) and a specific methodology developed by Silva (1999). The study concluded that the proposed dwelling standards were very good in relation to the distribution of its wind outflow, when compared to the current one in use. This study shows that the standards nowadays in use and required by the current legislation could lead to irrecoverable damages to João Pessoa's shore in a short future and demands for reevaluation of such legislation.

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de bases científicas no planejamento da ocupação do solo urbano é um instrumento capaz de contribuir, entre outros, para a racionalização do uso da energia elétrica, minimização do surgimento de fenômenos como o das ilhas de calor, poluição do ar e alguns efeitos mecânicos indesejáveis do vento, pressupondo que a análise de dados concretos referentes aos principais fatores envolvidos na possível modificação do clima urbano permitiria a implementação de ações de cunho corretivo em ocupações já iniciadas e/ou preventivo, quando de ocupação de novas áreas urbanas. A

busca de tal embasamento científico parece indubitavelmente a melhor maneira de participar de forma mais responsável e consciente no processo complexo do desenvolvimento do habitat urbano.

No Brasil e, sobretudo na região Nordeste ainda é muito limitado o número de pesquisas relativas à ventilação intra-urbana. Poucos são os pesquisadores que se aventuram nesta área especificamente e pouco também é o interesse demonstrado pelas administrações públicas no tocante à relevância destes estudos para o planejamento do crescimento das cidades.

Obviamente sem desconsiderar a importância de outras disciplinas, que devem se inter-relacionar e complementar umas às outras no processo complexo de planejamento urbano, este trabalho foca o seu interesse no comportamento dos escoamentos dos ventos frente aos adensamentos urbanos.

Entendendo que a concentração de edificações na malha urbana não pode prescindir de respaldo científico, visto que esta é capaz de alterar as características microclimáticas, através de modificações de elementos do clima local, sobretudo o vento, a temperatura e a umidade relativa do ar, afetando diretamente as condições de conforto, segurança e salubridade do ambiente ocupado pelo homem no desempenho das suas atividades, quer seja no espaço urbano quer no interior dos edifícios, e ainda que estas alterações são advindas entre outras, das modificações de albedo e da alta taxa de impermeabilização do solo, ocasionando discrepâncias nos índices de evapo-transpiração, e causando ainda acréscimos ou decréscimos significativos nas velocidades dos ventos principalmente às cotas mais baixas, torna-se evidente a necessidade de estudos que enveredem por esta área, no intuito de contribuir para a elaboração de uma legislação eficaz e dinâmica, que evolua de forma condizente com as expectativas da cidade e do cidadão.

## 2. ESTUDOS ANTECEDENTES

Os estudos sobre as questões ligadas ao vento e a sua relação direta com o planejamento de estruturas urbanas no Brasil podem ser considerados relativamente recentes, embora as conseqüências da carência deste embasamento científico quando das tomadas de decisões por parte das administrações públicas se façam sentir de forma direta sobre as cidades e sua população. A abordagem da importância e da interferência de elementos naturais e/ou construídos sobre a possível modificação do microclima nos espaços exteriores urbanos ou ainda como artifícios para o auxílio ao controle climático, fizeram-se presentes, entre outros, nos trabalhos de pesquisadores brasileiros como Monteiro (1976), Lombardo (1985) e Silva (1999).

Especificamente, a respeito da variável climática vento, Silva (1999), devido à complexidade dos fenômenos meteorológicos relativos aos escoamentos atmosféricos, julga que embora não se devendo abrir mão dos valores médios determinados pelas Normas Técnicas para o cálculo de ventilação, faz-se necessário um estudo local pormenorizado, que associados aos conhecimentos mais abrangentes concorrerem para minimizar a adoção de parâmetros demasiadamente genéricos ou excessivamente específicos.

As preocupações por parte dos poderes públicos via de regra são dirigidas não às causas, mas sim aos efeitos do desequilíbrio promovido pelas ações humanas de forma desordenada ou quase sempre mal planejada sobre o ambiente natural. Sobre este aspecto, Monteiro (1975), reitera a importância da compreensão da forma como se relacionam clima e sociedade, enfatizando que o comportamento atmosférico em conjunto com outras esferas e processos da natureza organizam espaços climáticos no sentido das escalas superiores para as inferiores, enquanto o homem e suas ações o fazem na direção oposta. Desta maneira, segundo Monteiro (1976), forma-se um clima próprio, denominado então *clima urbano*, resultante de alterações significativas nos balanços hídrico e energético da cidade, provenientes, por sua vez, do conjunto de fatores que ocorrem de forma simultânea no meio urbano.

Pesquisadores como Chandler (1976) e Landsberg (1981), abordaram em seus estudos uma grande diversidade de fatores e fenômenos capazes de influenciar no clima urbano, a saber, regime de ventos e de chuvas, insolação, permeabilidade do solo, cobertura vegetal, orografia e rugosidade entre outros. De forma mais específica, relacionados à ação da variável climática vento e à forma urbana ante o conforto do ambiente, Saraiva (1995) e Silva (1999), são nomes que se destacam através da determinação de parâmetros e métodos de análise também relacionados ao controle das temperaturas e poluição.

Landsberg (1981) atribui à urbanização as alterações no balanço energético relacionadas diretamente às características da superfície urbana tais como as radiativas, as térmicas, as aerodinâmicas e as de umidade.

Diversos estudos apresentam dados comparativos atestando as variações entre os balanços energéticos de áreas rurais e áreas urbanas, entre eles o de Schmaltz (1984), que comprova diferenças bastante relevantes, mesmo consideradas as discrepâncias naturais existentes entre algumas variáveis e sua ocorrência ou intensidade nas respectivas áreas.

Os irmãos Olgyay, nos EUA, já no ano de 1950 iniciam a sua busca para determinar a relação entre as condições climáticas e o conforto térmico nos edifícios que culmina com a criação da primeira carta bioclimática. Esta sob a forma de um diagrama termo-higrotérmico que apresentava as necessidades de conforto para habitantes dos EUA, com vestuário caseiro e atividades ligeiramente sedentárias (OLGYAY, 1973). Visto que a carta de Olgyay refere-se a locais com altitudes menores que 300 m e latitudes de 40°, Patrício et al. (1997) advertem para a necessidade de correção dos valores da temperatura, na medida que ocorre a diminuição da latitude, na relação de 0,5°C para cada 4° de Latitude.

Silva (1999), considera que os princípios construídos por Olgyay (1973), Fanger (1972) e Givoni (1976), visto que o desempenho térmico dos edifícios está diretamente associado ao tipo de configuração do solo relativamente às dimensões, orientação e distribuição dos edifícios, à cobertura do solo e à orografia, entre outros mais, podem ser aplicados também aos espaços urbanos.

As interferências imputadas ao vento sobre as estruturas urbanas, o edifício isolado ou ainda ao homem são diversas, bem como o são os estudos a seu respeito. Vastos também são os estudos sobre a ação recíproca das cidades sobre o meio ambiente, sobretudo o ar, o clima e os fatores que o compõem.

De Evans (1957) até Silva (1999), longo caminho foi e continua sendo trilhado. Na busca destes conhecimentos diversas técnicas foram criadas, utilizadas e aprimoradas. Dentre as técnicas hoje conhecidas e utilizadas, destaca-se a das *figuras de erosão de areia* (JANEIRO BORGES e SARAIVA, 1980), que se utiliza de modelos em escala reduzida, submetidos à ação de túneis aerodinâmicos para o estudo das ações do vento sobre estes.

A inserção freqüente de edifícios de grandes alturas nas cidades, despertou em alguns pesquisadores, há pouco mais de vinte anos, o interesse quanto à segurança de pedestres que se deslocam nos espaços exteriores adjacentes a estas edificações. A exemplo disto, Saraiva (1994), através de observações realizadas em campo, constatou que pedestres que transitavam em áreas antigas de pequenas cidades, submetidos a condições de vento equivalentes a velocidades de rajada máxima em torno de 16 m/s (verificadas a 2 m do solo), mesmo sofrendo certo grau de desconforto não se expunham a problemas de integridade física, o mesmo não ocorrendo nas grandes cidades, onde nas proximidades de grandes edifícios, à mesma altura em relação ao solo as velocidades de rajada registradas excediam os 20 m/s projetando ao solo alguns pedestres, que quando surpreendidos eram incapazes de resistir aos seus efeitos.

### 3. A CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA

A terra encontra-se submetida à ação do sol, que ocasiona um aquecimento não uniforme da sua superfície. Este aquecimento por sua vez, provoca coeficientes diferenciados de pressão entre pontos à mesma cota de altura, resultando na formação dos ventos.

O vento apresenta comportamento diferenciado nos seus escoamentos. Fluxos e velocidades se modificam condicionados por uma fronteira conhecida como camada limite, gerada pelo efeito de uma força horizontal de retardo sobre o escoamento, exercida pela superfície da terra. Esta *camada limite atmosférica* possui características inerentemente tridimensionais e turbulentas (escoamento perturbado), que se encontram condicionadas à rugosidade do terreno, condições atmosféricas e intensidade do vento, fazendo com que a mesma varie desde algumas poucas centenas de metros até, em certos casos, a alguns quilômetros de altura.

No topo da camada limite atmosférica, desenvolve-se um tipo de escoamento não perturbado que independe das condições locais, também chamado vento geostrófico, cuja intensidade é proporcional

ao gradiente de pressão local e a direção é tangente às isóbaras, apresentando características de uniformidade, regularidade e pouca turbulência.

A faixa conhecida como Camada Limite Atmosférica (CLA) estende-se desde a superfície terrestre ao nível do escoamento não perturbado, e é influenciada pela viscosidade do ar que impõe a condição de não escorregamento junto a quaisquer fronteiras sólidas onde a velocidade relativa do escoamento é nula, bem como um retardamento da camada de ar contígua à de velocidade nula. Tal retardamento propaga-se na direção perpendicular e em sentido contrário à fronteira sólida, num processo de troca de movimento entre as partículas do ar com velocidades diferentes até o escoamento assumir a velocidade do vento gradiente acima da CLA, onde o efeito das forças de atrito torna-se desprezível.

Gandemer e Guyot (1981) apresentam a rugosidade em cinco classes assim descritas: Classe I: Oceano, grande lago; Classe II: Campo raso; Classe III: Arredores, subúrbios; Classe IV: Zona urbana; Classe V: Centro de grandes cidades.

#### 4. VENTOS EM ESCALA URBANA

Esta escala de formação dos ventos é sem dúvida a de maior interesse para este trabalho, que utiliza como referência a metodologia desenvolvida por Silva (1999). A frequência e direção dos ventos para a cidade de João Pessoa estão representadas na rosa dos ventos da Figura 1.

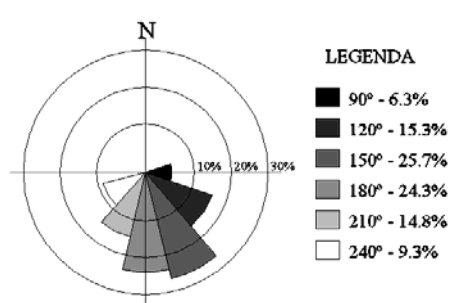


Figura 1 - Rosa dos ventos para a cidade de João Pessoa.

#### 5. DISCIPLINAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O disciplinamento do uso e da ocupação do solo compete, de forma geral, aos três níveis de governo (federal, estadual e municipal) e em conformidade com a Constituição Federal, no seu art. 30, é da competência dos municípios suplementar a legislação federal e a estadual no que couber; promover adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano e ainda promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora das esferas federal e estadual.

Onze longos anos de discussões e tramitação legislativa foram necessários para a construção do Estatuto da cidade (Lei nº 10.257/2001). Este estatuto congrega diversos instrumentos legais (urbanísticos, tributários e jurídicos) que objetivam assegurar a efetividade do Plano Diretor, este instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana que é obrigatório para as cidades com população superior a vinte mil habitantes. As particularidades de cada cidade, com seus aspectos intrínsecos e sua dinâmica peculiar, exigem dos seus dirigentes uma constante preocupação com o processo de planejamento, ensejando revisões frequentes dos seus Planos Diretores visando a sua adequação às mudanças ocorridas na realidade local, obviamente após avaliação conseqüente e responsável. A Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, constante em um documento aprovado pelo Poder Legislativo municipal, deverá ser revista, no mínimo a cada dez anos.

##### 5.1 Diretrizes Urbanísticas Locais

De acordo com o zoneamento definido para a cidade, na área eleita para o presente estudo fazem-se presentes de forma mais significativa (aproximadamente 90% da área) as zonas ZA3 – Zona axial da

Epitácio Pessoa, ZT2 – Zona turística 2 e ZR1 – Zona residencial 1 , consideradas Zonas Adensáveis Prioritárias segundo o Plano Diretor da cidade de João Pessoa.

É fato ainda, que as edificações a serem implantadas no local devem se enquadrar nas restrições contidas no artigo 25 do Capítulo II, do mesmo Plano Diretor, com a seguinte disposição sobre a orla marítima:

- Art. 25. A restrição adicional da Orla Marítima visa a cumprir os Arts. 229 da Constituição Estadual e 175 da Lei Orgânica para o Município de João Pessoa, quanto à altura máxima das edificações situadas em uma faixa de 500 metros ao longo da orla e a partir da linha de testada da primeira quadra da orla em direção ao interior do continente, cujo cálculo será efetuado da seguinte forma:

I – toma-se a distância que vai do ponto médio da testada principal do lote ou da gleba, ao ponto mais próximo da testada da primeira quadra contígua à orla marítima e mais próxima a ela;

II – a altura máxima da edificação, medida a partir da altura da linha do meio-fio da testada do imóvel até o ponto mais alto da cobertura, será igual 12,90 metros, mais a distância calculada no inciso anterior, vezes 0,0442.

## 6. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido e encontra-se dividido em cinco etapas arranjadas com a seguinte disposição:

**Etapa 01-** Nesta etapa, foi processado o levantamento físico da área buscando o seu conhecimento pormenorizado. Para tanto, foram digitalizados os dados de cartas planialtimétricas cedidas pelo INTERPA; cartas estas resultantes de levantamentos aerofotogramétricos realizados entre março e junho de 1985. Foram ainda levantadas séries de dados relativos à velocidade e direção de vento.

Um levantamento fotográfico foi realizado, seguindo-se da atualização do padrão de ocupação do solo, em planta, servindo de base para a construção do mapa de rugosidade do local.

**Etapa 02-** Foi realizado o modelamento tridimensional virtual da área, em sistema CAD, embasado nos levantamentos e documentação anteriormente comentados, objetivando uma melhor compreensão da rugosidade característica do sítio, e ainda servindo como auxílio visual na fase que segue.

A fase seguinte iniciou-se com a construção da maquete física da área, em escala compatível com a do túnel aerodinâmico utilizado nos ensaios posteriores. Esta maquete reproduziu em escala reduzida, as condições de ocupação do solo e padrão construtivo correspondentes à situações ensaiadas, respeitando dimensões e blocos de edificações pretendidos.

**Etapa 03-** Nesta etapa foram efetivados os ensaios simulando a situação objetivada, submetendo-se então tal maquete a ação do túnel aerodinâmico. Inicialmente, para a obtenção dos perfis de velocidade e, em seguida, fazendo uso da técnica das figuras de erosão de areia.

**Etapa 04-** Procedeu-se à digitalização em sistema CAD das fotografias obtidas durante os ensaios realizados no túnel aerodinâmico.

**Etapa 05-** Esta etapa foi destinada à sistematização, avaliação e discussão dos resultados obtidos nas etapas anteriores e ainda às conclusões advindas destes.

## 7. UNIVERSO DE ANÁLISE

Situada na porção oriental do Estado a 7° 08' de Latitude Sul e 34° 53' de Longitude Oeste, João Pessoa, a capital do estado, aparece entre as mais antigas cidades do País. Tem como limite ao norte o município de Cabedelo; ao sul o município do Conde; a leste tem como limite o Oceano Atlântico e a oeste limita-se com os municípios de Bayeux e Santa Rita. O município de João Pessoa conta hoje com uma área total de 210,45 Km<sup>2</sup> , distribuídos entre os seus 64 bairros e suas áreas de preservação ambiental.

A localização geográfica da cidade, aliada a fatores como os baixos índices de nebulosidade fazem com que a quantidade de horas anuais de insolação por ela recebidas seja bastante elevada, sobretudo

entre os meses de setembro e janeiro. No mês de novembro o índice de insolação pode chegar a 275 horas de exposição à luz solar.

Somam-se a isto particularidades como o seu alto índice pluviométrico, e a elevada umidade relativa do ar, cuja média anual é de 80%; chegando a alcançar entre os meses de maio a julho o pico de 87%, caracterizando o “período das chuvas”.

São duas as estações do ano com ocorrência de chuvas, outono e inverno. Desta forma, segundo Köppen (1884), adaptado para os dias atuais, o seu clima pode ser classificado como sendo do tipo 3dth, sendo denominado no Brasil como Mediterrâneo ou Nordestino subseco.

## 7.1 Delimitação do Universo de Análise

A área objeto do estudo encontra-se situada nas praias do Cabo Branco e de Tambaú. Limita-se a Norte com a Rua Helena Meira Lima, a Sul com a Rua Monsenhor Odilon Coutinho (final da Avenida Beira Rio), a Leste pela Avenida Cabo Branco/Avenida Almirante Tamandaré e a Oeste com a Avenida Paulino Pinto, constituindo uma poligonal de 748.318,44 m<sup>2</sup>, onde estão inseridas 49 quadras urbanas com características de uso do solo predominantemente residencial. Os atuais 758 lotes correspondem a uma área de 464.034,80 m<sup>2</sup>, e a área do sistema viário a 192.969,34 m<sup>2</sup>. Outros 91.314,30 m<sup>2</sup> fazem parte da faixa de terra que se localiza entre o rio Jaguaribe e a Avenida Paulino Pinto.

A escolha de tal sítio urbano consolidou-se pelo fato do mesmo se apresentar em fase inicial de um processo de verticalização das novas edificações ali implantadas, possibilitando uma avaliação do comportamento dos ventos frente à ocupação permitida pela legislação vigente.

## 8. EXPERIMENTOS EM TÚNEL AERODINÂMICO

Através de uma representação bidimensional do campo de vento ao nível do solo do local, é possível identificar pontos expressivos no que concerne aos perfis de velocidades da área, permitindo a determinação das áreas críticas onde as velocidades do vento se apresentam de forma muito elevada ou reduzida. A identificação destes pontos, assegura condições de fidedignidade para uso destes dados no presente trabalho.

As experiências em túneis aerodinâmicos com modelos em escala reduzida, fazendo uso da *técnica das figuras de erosão de areia* (JANEIRO BORGES e SARAIVA, 1980), demonstram a possibilidade da representação bidimensional acima citada, permitindo além de uma visão global do aspecto qualitativo das condições de ventilação da área, a determinação das isolinhas de velocidades do vento, sejam elas bastante reduzidas ou elevadas ao nível do solo, em diferentes pontos de uma determinada área.

De certo, para que os resultados de experimentos realizados em túneis aerodinâmicos de camada limite com modelos reduzidos possam ser adotados em escala natural, faz-se mister que estes se enquadrem em determinados parâmetros específicos de segurança (ROECKLE, 1990). Os dois principais norteadores para a garantia da validação dos resultados obtidos são: a semelhança geométrica entre o modelo ensaiado e o objeto real da pesquisa e a perfeita reprodução no túnel do padrão de ventilação existente no local estudado.

A condição da semelhança geométrica deve considerar a orografia e a rugosidade da área, reproduzindo fielmente os elementos tridimensionais encontrados no local em escala conveniente. Para que não ocorram alterações nas condições do escoamento, a escala adotada deve se encontrar no intervalo entre 1/300 e 1/2500. Ainda sobre este aspecto, devem ser considerados valores críticos para o grau de obstrução do corte transversal do canal através dos obstáculos. Para que a corrente não sofra excessiva interferência devido ao estreitamento do túnel na seção que corresponde à sua câmara de testes, tais valores não devem ultrapassar a 7%.

Quanto à reprodução das condições de correntes, os padrões característicos de camada limite atmosférica devem ser, no modelo, análogos aos da área de estudo. Tal correspondência é obtida através de ajustes no túnel, onde o uso de números adimensionais garante a conformidade destas condições através de valores característicos e constantes semelhantes aos naturais. São adotadas grandezas referenciais como U e L, respectivamente a velocidade no extremo superior da camada limite e o gabarito em altura das edificações, ou ainda, a altura desta camada limite.

## 9. TÉCNICA DE EROÇÃO DE AREIA (saltação de grãos)

A técnica das figuras de erosão se baseia no pressuposto de que uma camada fina de partículas espalhadas uniformemente em uma superfície plana, submetida a uma velocidade de escoamento exterior suficientemente elevada, sofrerá, devido à distribuição de pressão sobre estas partículas, o fenômeno da saltação. Tal fenômeno será observado então para uma velocidade do vento incidente  $U$ , tal que a força de sustentação  $L$  seja maior que o peso  $P=mg$ , onde  $m$  é a massa do grão e  $g$  a constante gravitacional. Sendo assim, é possível concluir que propriedades do fluido como a sua massa volúmica e viscosidade, bem como a massa específica e o diâmetro das partículas utilizadas e ainda a constante gravitacional, são preponderantes na ocorrência da saltação.

Quando a superfície recoberta pelos grãos de areia é submetida a uma determinada velocidade de escoamento exterior, surgem áreas de erosão como resultado da saltação ou do arrasto. Mantendo-se a velocidade constante por um dado intervalo de tempo, as figuras de erosão formadas apresentarão fronteiras de contornos claramente definidos, onde o coeficiente  $Fr$  atinge o valor máximo para a saltação dos grãos.

Para os experimentos apresentados neste trabalho, foi empregada a técnica de Erosão de Areia considerando a orografia e a rugosidade do terreno e utilizando areia peneirada, com granulometria de 0,3 mm (peneira 50 da série ASTM). A adoção desta técnica permitiu a detecção das regiões críticas ou abrigadas, com base no traçado das isolinhas de módulo de velocidade adimensionalizada, para a totalidade da área ensaiada.

## 10. CONFIGURAÇÕES DE OCUPAÇÃO DO SOLO

Para que o modelo a ser utilizado nos ensaios em túnel aerodinâmico pudesse reproduzir com segurança as situações pretendidas na pesquisa, foram obedecidos os critérios de semelhança anteriormente relatados. Sendo assim, para a execução da maquete da área objeto do estudo foi utilizada a escala de 1/750, garantindo a turbulência dos escoamentos (números de Reynolds suficientemente elevados), sendo ainda facilmente integrada à câmara de testes do túnel aerodinâmico do Centro de Metrologia de Fluidos (CMF) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT/USP), São Paulo.

### 10.1 Características dos Adensamentos

**Adensamento 01-** Reproduz a situação de ocupação atual da área, esta ainda pouco adensada e com edificações predominantemente com gabarito em altura de 01 a 02 pavimentos.

**Adensamento 04-** Para a simulação de ocupação proposta foram mantidos alguns edifícios já existentes, estes considerados significativos, ou seja, numa situação real de futura ocupação da área, tais edificações muito provavelmente não seriam demolidas para dar lugar a outras novas.

Todos os lotes foram lembrados respeitando-se as dimensões e condições de lembramento reais, tomando-se como base os lembramentos atualmente verificados no local, onde residências de no máximo dois pavimentos têm sido demolidas para dar lugar, na grande maioria das vezes, a edifícios de habitações multifamiliares, que passam a ocupar de dois a quatro lotes antes ocupados pelas residências.

O rumo de vento adotado para a análise foi o de 150 graus, por ser esta a direção que apresenta a maior frequência de ventos de acordo com a rosa dos ventos para a cidade de João Pessoa.

A área foi ocupada com edifícios de 17 pavimentos (51m), sem a adoção do gabarito em altura escalonado estabelecido pela legislação em vigor. Neste adensamento são propostos novos afastamentos entre os edifícios inseridos, respeitando-se a relação  $D = 0,5h$  (Figura 2), onde  $D$  é a distância entre blocos edificados e  $h$  corresponde à altura da edificação. Hoje, a relação adotada para o uso R6 (uso em questão), é  $D = 0,3h$  a  $0,35h$  (Figura 3).

Dados sobre o Adensamento 04: Área total de 748.318,44 m<sup>2</sup>; Área das quadras 464.034,80 m<sup>2</sup>; Quantidade de quadras 49; Quantidade original de lotes 758; Quantidade de lotes pós lembramento 308; Taxa de ocupação 30,65%.

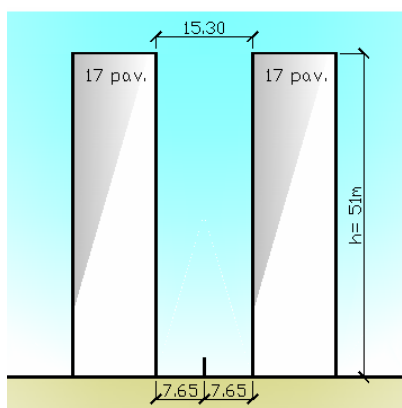


Figura 2 – Afastamento lateral atual (em vigor).

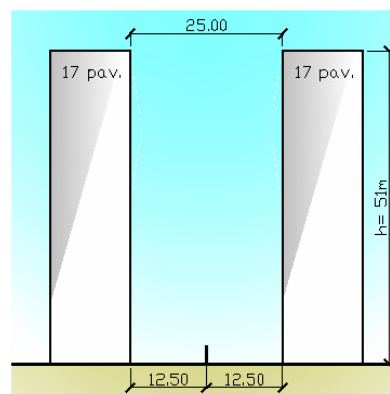


Figura 3 – Afastamento lateral proposto.

## 11. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 11.1 Perfis de Camada Limite Atmosférica

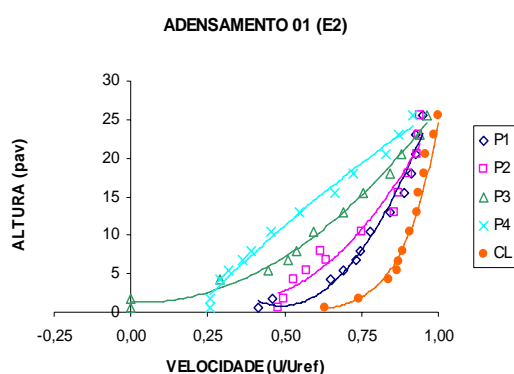


Figura 4 – Perfis de CLA (Adensamento 01).

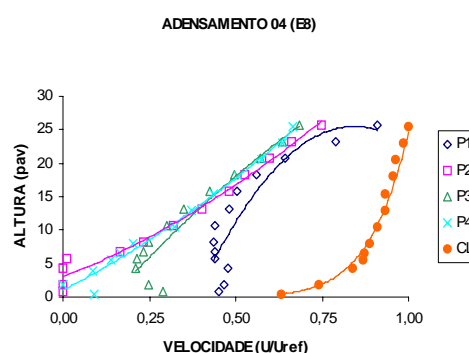


Figura 5 – Perfis de CLA (Adensamento 04).

**Adensamento 01 - Situação atual (área pouco adensada, ocorre escalonamento com predominância ainda de edificações com dois pavimentos).**

Da observação dos perfis obtidos neste ensaio, correspondente aos quatro pontos medidos na área, o representado na cor azul tem desenvolvimento relativamente uniforme, com uma pequena transição à altura de aproximadamente dois pavimentos, tornando-se mais cheio a partir desta altura, correspondendo a uma aceleração do escoamento local, coerente com a sua rugosidade. O correspondente ao ponto P2, detém desenvolvimento menos uniforme, com transição aproximadamente à altura correspondente a 10 pavimentos, elevando-se rapidamente. O perfil correspondente ao P3, tem desenvolvimento uniforme excetuando-se as primeiras medições que demonstram nitidamente uma elevação da CLA nestes, a partir dos quais eleva-se gradativamente de forma acelerada. Já o P4, demonstra claramente uma elevação súbita da CLA, indicando uma forte aceleração do escoamento de forma coerente com o adensamento da área (Figura 4).

**Adensamento 04 – Gabarito em altura uniforme (área adensada com edifícios de 17 pavimentos, adotando-se afastamentos propostos e desconsiderando-se o escalonamento obrigatório).**

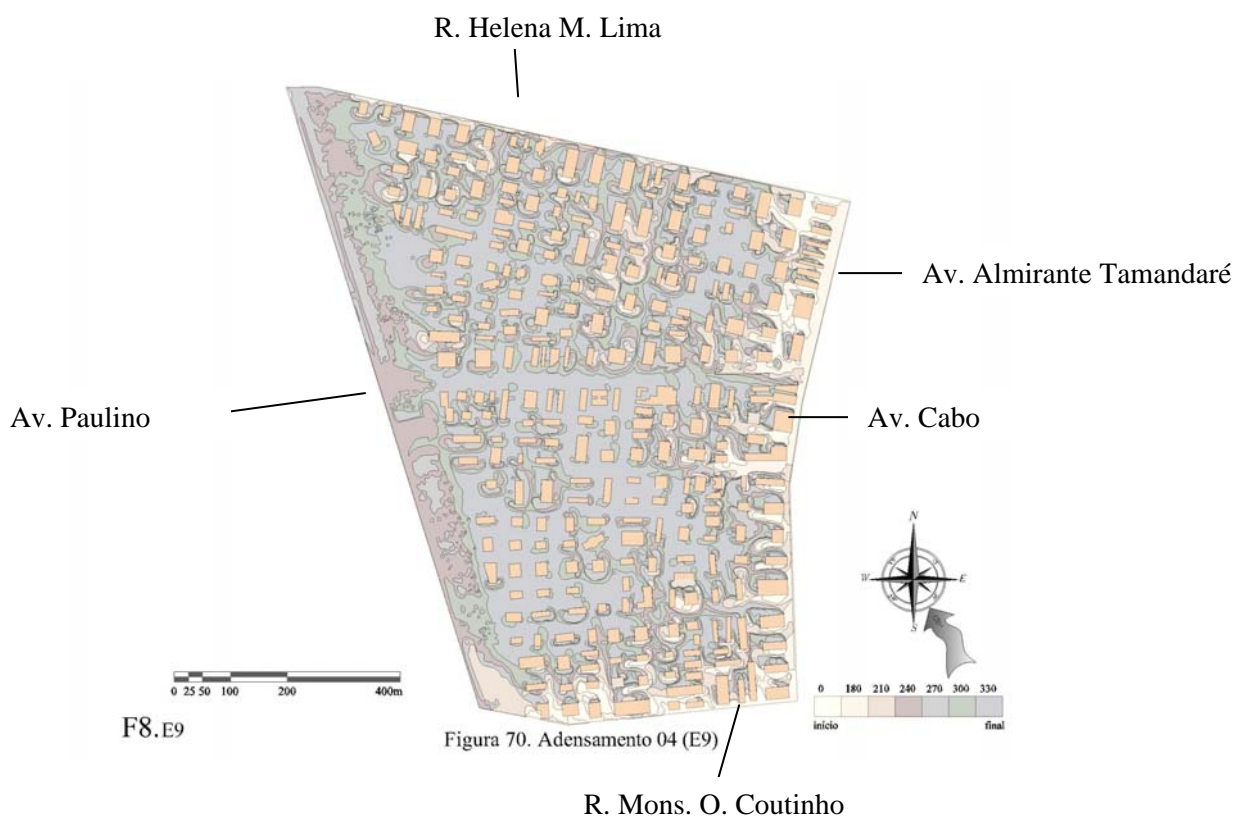
Os perfis correspondentes ao Adensamento 04 conduzem a que se julgue serem eles representativos de um adensamento maior do que na verdade ocorrem, dadas às elevações rápidas da CLA e acelerações destas nos quatro pontos medidos (Figura 5).



## 11. 2 Figuras de Erosão de Areia

Sobrepondo-se as figuras de erosão obtidas do **Adensamento 01 (vento incidente a 150°)**, percebe-se que seu escalonamento eleva relativamente a CLA, ficando tal fato demonstrado pelas isolinhas de velocidade correspondentes a este adensamento, que indicam uma relativa permeabilidade da área, por sua vez coerente com o adensamento ainda rarefeito em termos de cotas altimétricas, resultando em uma retenção de 32,28 % do total de areia distribuído sobre a maquete. Entretanto, não se verificam canalizações expressivas.

O **Adensamento 04 (vento incidente a 150°)**, detém, como pode ser observado pelas isolinhas de velocidade do escoamento nele incidentes, condições de ventilação bem distribuídas pela área. Apesar de não se verificarem canalizações muito significativas, as zonas de estagnação são relativamente reduzidas (27,81 %). A disseminação das áreas erodidas demonstra a permeabilidade do adensamento aos escoamentos de ventos, fazendo com que a grande maioria das edificações permaneça em zonas consideradas bem ventiladas.



**Figura 6 - Sobreposição das isolinhas de velocidade (Adensamento 04)**

## 12. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos pode-se constatar que:

- Nem sempre a verticalização conduz obrigatoriamente a resultados indesejáveis;
- Faz -se necessária uma revisão nos dispositivos legais do ordenamento urbano.

O que permite concluir que:

- Alterando-se os afastamentos praticados, mesmo que se eleve o gabarito em altura das edificações, como estudado no Adensamento 04 (todos os edifícios com 17 pavimentos), promovem -se condições de ventilação bastante aceitáveis;

- As condições de ventilação natural estudadas no Adensamento 04 proporcionam maior dispersão dos poluentes, garantindo conseqüentemente uma melhor qualidade do ar;
- Com tais condições de ventilação, pelos escoamentos penetrarem com mais facilidade na malha urbana, são favorecidas as trocas térmicas, podendo reduzir as possibilidades de formação de *ilhas de calor*;
- Finalmente, os resultados obtidos dos experimentos referentes ao Adensamento 04, ao contrário do Adensamento 03, resultariam em melhor qualidade de vida (conforto térmico, conforto lumínico, saúde em termos de qualidade olfativa e respiratória do ar), de racionalização de energia e principalmente da quantidade de unidades habitacionais beneficiadas, ultrapassando de longe os resultados obtidos nos adensamentos escalonados propostos pela Lei.

### 13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHANDLER, T. J. (1976) “Urban climatology and its relevance to urban design”. WMO – N° 438, Geneva.
- EVANS, B. H. (1957) “Natural air flow around buildings”. Research Report N°. 59, Texas Engineering Experiment Station, College Station, Texas.
- FANGER, P. O. (1972) “Thermal Comfort”. Mac Graw-Hill. EUA.
- GANDEMER, J., GUYOT, A. (1981) “La protection contre le vent – aérodynamique des brise-vent et conseil pratiques”. CSTB – Centre Scientifique et conseils pratiques. Paris.
- GIVONI, B. (1976) “Man, Climate and Architecture”. Elsevier. London.
- JANEIRO BORGES, A.R.; GIL SARAIVA, J. A. (1980) “An erosion technique for assessing ground levels winds”. Wind Engineering (Ed. J.E., Cermak). Pergamon Press. N.Y.
- LANDSBERG, H. E. (1981) “The Urban Climate”. Academic Press. Maryland.
- LOMBARDO, M. A. (1985) “Ilha de Calor nas Metrôpoles – O exemplo de São Paulo”. Hucitec. São Paulo.
- MONTEIRO, C. A. F. (1975) “Teoria e clima urbano”. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. USP. São Paulo.
- MONTEIRO, C. A. F. (1976) “O Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo”. Instituto de Geografia. USP. São Paulo.
- OLGYAY, V. (1973) “Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism”. Princeton University Press. Princeton. New Jersey.
- PATRÍCIO, A. M., NUNES, J. M., RITA, J. P. (1997) “Conforto Térmico no Interior de Edifícios - Energias Renováveis”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). IST. Lisboa.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. (1994) “Plano diretor da cidade de João Pessoa”. Gráfica e Editora Ltda. João Pessoa.
- ROECKLE, R. (1990) “Bestimmungen der Stroemungsverhaeltnisse im Bereich komplexer Bebauungsstrukturen. Dissertation (Fachbereich Mechanik). T H Darmstadt.
- SARAIVA, J. A. G. (1994) “Boundary layer above urban areas”. PASCOOL Meeting. LNEC. Lisboa.
- SARAIVA, J. A. G. (1995) “Acção do vento e nível de conforto em espaços urbanos”. In: Encontro de Professores de Conforto Ambiental 1994. João Pessoa.- Paraíba. Anais dos Resumos dos Trabalhos. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, 1995. p.23-31. João Pessoa.
- SCHMALTZ, J. (1984) “Das Stadtklima” Verlag C. F. Muller. Karlsruhe.
- SILVA, F. A. G. da. (1999) “O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste do Brasil”. 234 p. Tese (Doutorado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo.