



METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DO VENTO NO PLANEJAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SOLO

Francisco A Gonçalves da Silva (1); Jorge A. G. Saraiva (2); Fernando V. Marques da Silva (3)

(1) PPGEU/CT/Universidade Federal da Paraíba; ffagos@yahoo.com.br

(2) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa; jsaraiva@lnec.pt

(3) Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa; fms@lnec.pt

RESUMO

Este trabalho, mais do que um modelo integrado, encerra uma metodologia que permite avaliar as condições de ventilação natural urbana, tanto externas, quanto internas de edificações. Apesar de alguns aspectos e procedimentos poderem ser complexos e demandarem tempo significativo, sua estrutura geral é simples: estabelecer regimes de vento como uma condição limite - as informações podem ser avaliadas a partir de medições do vento feitas durante longos períodos de tempo, em áreas não perturbadas como aeroportos, cuja análise é feita tanto no domínio do tempo, como no da frequência; integrar esses regimes num lugar - utilizando modelos numéricos para transferir informações de lugar para lugar, construindo, assim, um atlas de vento; avaliar padrões de ventos locais, nomeadamente velocidades e distribuições de pressões induzidas sobre prédios, através de experimentos em túnel aerodinâmico com modelos físicos, em escala, reproduzindo suas principais características; estimar as taxas de ventilação internas, externas e seus efeitos, a partir de medições e de modelos computacionais que considerem as condições internas e externas.

ABSTRACT

The work hereby presented further than an integrated model states the supporting methodology which allows us to assess natural urban ventilation conditions both outside and inside constructions. Although some particular aspects and procedures can be complex and time consuming, the general structure is quite simple: to establish wind regimes as a boundary condition - information can be assessed from wind measurements over large periods at undisturbed areas like airports the analysis of which is performed both in time and frequency domain; to integrate these regimes within the site - using numerical models to transfer information from site to site and so building a wind atlas; to assess local wind patterns namely velocities and pressure distributions induced over buildings - promoting wind tunnel tests over physical models reproducing at a convenient scale its main characteristics; to estimate external and internal ventilation rates and its effects - from measurements and computational models that take into account both external and internal conditions.

1. INTRODUÇÃO

A questão do vento, relativa ao planejamento de estruturas ambientais - que contêm o intervalo que vai do planejamento regional ao dimensionamento de uma abertura - exige uma estrutura, incondicionalmente abrangente, capaz não só de atingir mas, nomeadamente, conter os fenômenos meteorológicos inerentes aos escoamentos atmosféricos, ainda que amplos, complexos, e além dos limites de controle humano e, ao mesmo tempo, os mais simples, locais, restritos a cada caso. Jamais poderá ser entendida apenas com valores médios para cálculo de ventilação, como os constantes de

Normas Técnicas que, apesar de serem de várias maneiras importantes e fornecerem parâmetros para o cálculo de ventilação – e por isso delas não se devendo prescindir – são, dependendo do caso, demasiadamente genéricas ou excessivamente específicas.

Tal abrangência, capaz de orientar a tomada de decisões por padrões estruturais, pressupõe o entendimento da multiplicidade complexa de fenômenos decorrentes de interferências recíprocas entre as estruturas meteorológicas, nas suas diversificadas escalas e, entre essas, as estruturas ambientais naturais ou criadas e o vento.

Assim sendo, em que sentido e em que medida, na organização do espaço, lança-se mão de uma política consciente de planejamento do clima de vento da cidade? A solidariedade entre essas questões não é evidente, conduzindo, amiúde, a que não se hesite em negá-la. E o equívoco pode tornar-se consideravelmente difícil de ser constatado quando, sob os apelos da redução de custos, mascara os verdadeiros objetivos de atendimento às exigências humanas, em termos higrotérmicos, olfativos e respiratórios, de salubridade das construções e da decorrente habitabilidade do espaço construído, posto que essas variáveis mantêm um estreito relacionamento com os padrões de vento. Considerá-los, ou não, portanto, pode conduzir aos parâmetros que norteiam a eficiência nos âmbitos da energia, do conforto e da segurança, ou aos transtornos, dos quais, as ilhas de calor, a poluição do ar e os efeitos mecânicos desastrosos do vento são demonstrações autênticas.

A efetivação da vida humana, historicamente, dá-se dentro de determinados espaços físicos, cujas dimensões ampliam-se em função do crescimento demográfico, quer pelo aumento da taxa de natalidade, quer pelos processos de migração. Estes, por sua vez, exigem áreas cada vez maiores, em função das demandas de produção e das necessidades que trazem consigo os novos modos de vida ditados pelas novas formas de trabalho e pelas circunstâncias de sobrevivência. Nesse contexto, a ação dinâmica do homem, no organizar o seu espaço, promove a mudança da rugosidade da parte do solo sob seu domínio, seja por alterações da cobertura vegetal e do relevo, seja através de supressões e/ou inserções de elementos tridimensionais que, uma vez em conjunto com os primeiros, passam a influenciar, entre outros elementos de clima, o vento (a sua dinâmica), acelerando ou reduzindo sua velocidade, favorecendo ou retardando as trocas térmicas e, dependendo das atividades realizadas nesse espaço, alterando as características físico-químicas do ar, com a emissão de poluentes. Assim, entendendo-se a ocupação do solo como parte integrante do clima, impõe-se claramente a necessidade de bem planejá-la, para que se possa alcançar a condição de conforto do edifício.

Tido como o ponto de convergência desse jogo incessante, e visando o atendimento das exigências que lhe são inerentes, o homem transforma o espaço, na medida em que o ocupa, impondo-lhe novos arranjos físicos, onde as estruturas ambientais naturais e as por ele criadas influenciam-se mutuamente de modo contínuo, e atribui a cada parcela desse novo espaço uso(s) específico(s). Contudo, nem sempre essa ocupação e a decorrente transformação do espaço físico resultam na criação de uma paisagem propícia ao desenvolvimento da vida humana, e/ou na mais adequada utilização econômica do espaço disponível. Muitas vezes, para atender-se a uma determinada atividade, passa-se a interferir negativamente no atendimento das exigências de outras necessidades. Outras vezes, transformações de espaços, promovidas para se adequarem a determinadas atividades, terminam por influir antagonicamente sobre as condições exigidas pelas demais atividades desenvolvidas na mesma parcela do espaço material. Exigências setoriais e interesses individuais competem com necessidades coletivas ou sociais, gerando conflitos que se tornam tanto mais difíceis de equacionar quanto maior for a multiplicidade e a complexidade das atividades que coexistam numa mesma parcela do espaço associado ao padrão de ocupação e de uso do solo.

Quaisquer que sejam as tarefas de organização do trabalho do homem, o planejamento da ocupação do solo, em relação ao planejamento do vento, exige uma sistemática diferenciada de planejamentos estanques que atendam individualizadamente a diferentes interesses. Em outras palavras, ao planejamento da ocupação do solo impõe-se o do vento, cujo caráter pode ser, ao mesmo tempo, corretivo, em situações de ocupação já iniciadas, e preventivo, para novas áreas a serem ocupadas.

Entretanto, o que de fato pode ser dito é que, talvez, o planejamento do vento, integrado a outros sistemas (como o sistema viário, o sistema ecológico resultante da ocupação da área, por exemplo),

com caráter preventivo, adaptativo ou mesmo corretivo, não foi ainda suficientemente assumido pelas comunidades, nem tampouco normatizado. Para tanto, claro, exigir-se-ia do poder de decisão governamental dispositivos auto-reguladores para efetivar o planejamento de ocupação do solo como tal, seja no que respeita à necessidade de entender o planejamento no âmbito do todo, seja no que se refere à necessidade de compatibilizar objetivos parciais com os gerais.

Assim sendo, este trabalho traz uma contribuição ao planejamento da ocupação e transformação do espaço físico, através da formulação de uma série de possibilidades para outros trabalhos, e tem por objetivo permitir uma correspondência mais estreita entre as transformações a introduzir e as necessidades a atender, no que se refere às exigências olfativas e respiratórias, de conforto higrotérmico, de segurança e de planejamento consciente de energia, compreendidas no âmbito do planejamento de ocupação do solo.

Buscou-se, no que se refere à metodologia desenvolvida e à sua utilização, uma formulação operacional que, constituindo-se numa ferramenta de trabalho, possa auxiliar no tratamento objetivo das questões de organização do espaço físico, integrado ao contexto climático do qual é parte integrante. E que seja útil para a técnica de planejamento da ocupação do solo, tanto em fase de pesquisa quanto em fase de decisão, porquanto desenvolve uma metodologia para a caracterização do vento, visando o conhecimento das implicações decorrentes do tipo de configuração dos escoamentos, quando do planejamento de ocupação do solo.

No domínio das ações devidas ao vento, diversos estudos sobre o campo de pressões do vento em torno de edifícios isolados, quer considerando efeitos de vizinhança entre dois edifícios, quer considerando os efeitos causados por grupos de edifícios vizinhos, já foram publicados (EVANS, 1957, in SILVA, 1999; GANDEMER, 1978, in SILVA, 1999; BLESSMANN, 1978, 1983, in SILVA, 1999; PENWARDEN, 1973, in SILVA, 1999; PETERKA e CERMAK, 1975, in SILVA, 1999; BLEVINS, 1984, in SILVA, 1999; SARAIVA, 1983, 1991, in SILVA, 1999 e SILVA, 2001) cujos resultados, seletivamente, podem ser extrapolados e utilizados como recurso para o planejamento com vistas à proteção do meio ambiente, nomeadamente, do ar e do clima. Neste mesmo sentido, pode-se considerar a teoria da modelação em túnel aerodinâmico (JANEIRO BORGES e SARAIVA 1980, in SILVA, 1999). No que respeita à técnica de figuras de erosão (de areia), utilizando o túnel aerodinâmico como meio para avaliações das conseqüências urbano-climatológicas relativas a modificações nos padrões de ventos locais, decorrentes da inserção de edificações e suas inter-relações no âmbito de estruturas complexas, registram-se os estudos de RÖCKLE, 1990, in SILVA, 1999; ZENGER, BÄCHLIN u. LOHMEYER, 1996, in SILVA, 1999 e SILVA, 1999, in SILVA, 1999.. Apoiando-se em experimentos com modelos em túnel aerodinâmico como suporte dos processos decisórios do controle da propagação de emissões de poluentes em áreas construídas – termo relativamente novo para designar preocupações antigas – vários autores utilizaram-se desta técnica (BÄCHLIN e PLATE, 1986, in SILVA, 1999; WIRTSCHAFTSMINISTERIUM Baden-Württemberg, 1995, in SILVA, 1999 e SARAIVA, 1988, in SILVA, 1999).

2. MEDIÇÕES EM TÚNEL AERODINÂMICO

O progressivo adensamento e o incremento no gabarito da altura das construções nos centros urbanos exigem, paralelamente, uma progressiva consideração dos fatores climáticos e de higiene do ar no plano diretor de cidades (ZENGER, 1996, in SILVA, 1999). A inserção de uma ou de várias edificações no tecido urbano que ultrapassem significativamente o gabarito médio das construções aí existentes, conduz, pois, à questão crucial de se saber como tomar decisões construtivas planejadas, de forma que se preservem a ventilação, o conforto devido ao vento, o conforto do clima e o controle das velocidades do vento nos pontos de propagação de escape de gases, em pequena escala, e naqueles onde as velocidades possam comprometer a integridade física e o bem-estar dos transeuntes. Por ser o vento um elemento climático que interage com o meio construído, seja este composto por construções isoladas ou por agrupamentos de construções, essas questões dizem respeito tanto aos grandes espaços urbanos quanto às zonas confinadas.

A detecção desses pontos de interesse, por sua vez, relevantes no que se refere aos perfis de velocidades, requer uma representação bidimensional do campo do vento local, ao nível do solo,

independentemente da localização desses pontos ser considerada interna ou externamente à malha urbana e em situações existentes ou planejadas. A informação qualitativa bidimensional sobre a estrutura do campo do vento ao nível do solo possibilita localizar os pontos críticos no que respeita às velocidades excessivamente elevadas ou reduzidas do vento, a partir dos quais são feitas medições específicas. Tal representação torna-se possível com a utilização de modelos em escala reduzida, em túneis aerodinâmicos – técnica de figuras de erosão (JANEIRO e SARAIVA, 1980, in SILVA, 1999 e SARAIVA, 1991, in SILVA, 1999) – que permite, para cada direção de vento pesquisada, uma visão não apenas qualitativa no âmbito do conjunto, mas, principalmente, a quantificação das velocidades do vento especialmente reduzidas e/ou elevadas em pontos distintos, ao nível do solo.

Assim sendo, as questões de clima urbano relativas aos níveis requeridos de conforto do vento, e as de ventilação e higiene do ar podem ser analisadas com o auxílio de experimentos em túneis aerodinâmicos, cujos modelos, ainda que volumétricos, podem ser representados bidimensionalmente. Com esse recurso, os planejadores podem comparar situações experimentais com situações existentes, assim como visualizar possíveis interferências decorrentes da inserção de uma edificação planejada numa situação existente, tornando mais objetiva a tomada de decisões sobre padrões estruturais construtivos para áreas totalmente novas ou ainda em estruturação.

Entretanto, a transferência dos resultados de experimentos com modelos reduzidos, em túnel aerodinâmico de camada limite, para a escala natural, só é possível se determinados critérios de semelhança forem preenchidos (RÖCKLE, 1990, in SILVA, 1999). Além da semelhança geométrica entre obstáculos da Natureza e do modelo, também deve existir a semelhança das condições de corrente, podendo esta última ser expressa através de números adimensionais analiticamente determinados. A reprodução dos perfis da corrente pode ser conseguida através de geradores de turbulência e elementos de rugosidade instalados no piso do túnel, que deve ser suficientemente longo, a fim de que os perfis possam ser graduados até a uma altura razoável. Em termos de semelhança geométrica, deve-se dispor de uma reprodução fiel dos objetos a serem pesquisados, e escala a ser utilizada não deve ser muito pequena, para que não altere as condições de escoamento, como já foi oportunamente referido. Escalas da ordem de 1: 300 até 1: 2500 (em alguns casos) são tidas como os limites mais altos. Além disso, em alguns túneis, deve-se considerar o grau de obstrução do corte transversal do canal através dos obstáculos. Este deve ser pequeno, bastante para que a corrente não seja demasiadamente influenciada pelo estreitamento do túnel na seção correspondente à sua câmara de ensaios. Um valor crítico de 7% é tomado como padrão (BÄCHLIN u. PLATE, 1986, in SILVA, 1999 e SARAIVA, 1988, in SILVA, 1999), valor este que, em túneis dotados de coberta móvel ou removível para compensação da pressão, não precisa ser considerado. Quanto à semelhança termo e aerodinâmica, os parâmetros característicos da corrente da camada limite atmosférica devem ser reproduzidos no modelo o que, via de regra, é feito através de ajustes, de tal modo que números adimensionais no túnel correspondem à Natureza e representam condições de valores característicos e constantes. Grandezas de referência são, por exemplo, U , a velocidade no limite superior da camada limite, e L , um comprimento característico como o gabarito em altura ou a altura da camada limite. Após a medição dos valores correspondentes no túnel e a sua correlação com os resultados da estatística do vento do local pesquisado, podem-se fazer recomendações para um determinado uso previsto. Com isso, pontos vantajosos ou desfavoráveis podem ser evidenciados e considerada a efetivação de medidas de aproveitamento do vento ou de proteção contra este, respectivamente.

3. TÉCNICA DE FIGURAS DE EROSÃO (AREIA)

Quando o vento sopra sobre uma camada de partículas soltas espalhadas sobre uma superfície plana horizontal, é necessário que exista uma velocidade do escoamento exterior, U_o , suficientemente elevada, para verificar-se o arrasto ou a saltação. A partir de então, pode-se observar que, mantendo-se U constante, por certo intervalo de tempo, forma-se uma zona erodida, cuja fronteira é bem definida. Os contornos dessa região – a figura de erosão – são linhas onde a velocidade de atrito assume o valor limite do arrasto ou da saltação.

Torna-se, então, possível, variando a velocidade do escoamento exterior, obter um conjunto de linhas, todas elas correspondendo à mesma condição de fronteira (a mesma velocidade de atrito), mas em que

cada uma está também relacionada com um valor particular da velocidade exterior. Nestas condições, verifica-se, de imediato, que a relação de velocidades de atrito é, para qualquer par de pontos da superfície, idêntica à relação entre as velocidades medidas à mesma cota, isto é:

$$\frac{u_{\tau 1}}{u_{\tau 2}} = \frac{U_1(x_3)}{U_2(x_3)} = \gamma \quad [\text{Eq. 01}]$$

Ou, equivalentemente, se, como é o caso, a velocidade de atrito for a mesma da de arrasto, as variações da velocidade de referência, à cota X_3 , que provocam a evolução das figuras de erosão são inversas às que se verificam na relação das velocidades de atrito. Assim, a relação das velocidades exteriores, medidas à mesma cota na zona não perturbada da camada, mede diretamente a relação das velocidades de atrito, γ , no limite das figuras de erosão que se verificam. Quanto à relação entre Fr e Re , esta pode ser estabelecida recorrendo-se a resultados experimentais (JANEIRO e SARAIVA, 1980, in SILVA, 1999), utilizando-se areia de grãos com seis granulometrias diferentes ($0,15 < d < 0,60$ mm) espalhada em concentrações muito baixas (inferior a uma camada de grãos de areia de espessura 5 a 9 mg/mm²) numa superfície de madeira compensada.

A técnica de erosão, como comentado anteriormente, fundamenta-se no fato físico de que para uma determinada velocidade U , a areia espalhada uniformemente sobre o terreno não edificado começa a ser arrastada, dependendo do valor da velocidade, da rugosidade da superfície do terreno e da granulometria da areia utilizada.

4. METODOLOGIA

O presente método encerra quatro etapas de trabalho. Na primeira destas, subdividida em três fases, procede-se ao levantamento dos dados físicos e climáticos do lugar geográfico considerado e do aeroporto local, respectivamente, tendo como objetivo trata-los com vistas à construção do mapa de orografia, do Atlas de vento e do mapa de rugosidade, relativos à área a trabalhada.

Na primeira fase, são colhidos e digitalizados dados físicos, (cartas plani-altimétricas desenhadas a partir de levantamentos aerofotogramétricos), baseados em fotografias aéreas em escala, obtidas com câmara cartográfica grande angular, efetuadas em vôos ou cartas georeferenciadas, com a finalidade de se construir a orografia do lugar geográfico;

Na segunda fase, colhem-se séries de dados horários de velocidade e de direção de vento, na estação meteorológica do aeroporto local (estação de referência) referentes a um ciclo (10 anos), visando à construção do Atlas de vento;

Na terceira fase, relativa à confecção do mapa de rugosidade, faz-se a atualização dos dados referentes à ocupação do solo do lugar, através de levantamento fotográfico aéreo, que são transpostos para uma planta do lugar (plani-altimétrica), visando à detecção das áreas de igual rugosidade.

A segunda etapa, também subdividida em três fases, constituiu-se de uma investigação de caráter exploratório, tendo como objetivo o conhecimento das condições locais de ventilação decorrentes da forma de ocupação do solo urbano, nas condições atuais.

Na primeira fase, são realizadas medições em campo e são feitas observações das direções e velocidades do vento. Para isso, instala-se um anemômetro no sítio em análise, cujas leituras são feitas simultaneamente com as do anemômetro da estação meteorológica do aeroporto local (referência), objetivando o conhecimento das condições reais de ventilação no sítio escolhido e na do aeroporto, com a finalidade de detectar as possíveis alterações na distribuição de ventos, nos dois locais;

Na segunda fase, subdividida em três passos, o primeiro destes consiste no tratamento estatístico dos dados climáticos colhidos no aeroporto local;

No segundo passo, esses dados tratados são integrados aos dados de vento colhidos na área em estudo;

No terceiro passo, faz-se a atualização da ocupação do solo, em planta, utilizando-se do levantamento fotográfico aéreo executado na primeira etapa, e que dá suporte à construção do mapa de rugosidade do solo.

Na terceira etapa, procede-se a uma investigação analítico-experimental. De posse dos dados relativos às condições de ventilação da área, analisa-se o nível das interferências resultantes das edificações nela contidas, a fim de que se a tenha mais detalhada e asseguradamente tratada, em termos do regime e das características do vento a que se submete. Ainda com base nos dados locais colhidos e tratados ao longo das etapas anteriores (elementos de clima, especificamente ventos, padrões de utilização e construtivos) essa etapa é desenvolvida em três fases:

Na primeira, processa-se o tratamento final dos dados de vento, englobando os referentes ao aeroporto local e aos medidos no sítio, com o recurso de softwares específicos. Em seguida, faz-se a correção dos dados medidos em campo, através de calibragem, em túnel aerodinâmico, dos instrumentos utilizados nas medições feitas in loco, com a finalidade de se aceder aos regimes locais de vento e se poder transpor as informações colhidas no aeroporto;

Na segunda fase, com base no levantamento fotográfico, nas informações obtidas na primeira fase e utilizando-se o WASP, constroem-se os mapas de rugosidade (ditada pelo tipo de ocupação existente) e de orografia, construindo, então, o Atlas de Vento para a área, que contempla, no essencial, informação referente aos regimes de vento a longo prazo e, como tal, servindo de suporte para decisões sobre a ocupação do solo.

A terceira fase, desta terceira etapa, compõe-se de ensaios de modelos físicos em túnel aerodinâmico e desenvolve-se em três passos::

No primeiro, constrói-se a maquete do sítio, em escala compatível com a do túnel a ser utilizado, onde se simula uma condição de fronteira de escoamento do tipo Camada Limite Atmosférica apropriada, reproduzindo a situação existente de ocupação do solo e padrão construtivo, no que respeita às dimensões e blocos de edificações e outros elementos tridimensionais.

No segundo, procedem-se aos experimentos em túnel aerodinâmico. Inicialmente determina-se o perfil de camada limite de referência e, a seguir, determinam-se pontos sobre a maquete nos quais se fazem medições em várias cotas altimétricas, objetivando a determinação dos perfis de velocidades dos escoamentos incidentes na maquete para posterior análise.

No terceiro passo, procedem-se aos ensaios, utilizando-se o método de figuras de erosão (de areia). Após espalhar areia sobre a maquete (com granulometria predeterminada), aciona-se o ventilador do túnel. A cada velocidade impressa ao vento, obtêm-se uma correspondente isolinha de velocidade, as quais, uma vez sobrepostas, dão a conhecer as distribuições de pressões, através da retenção da areia, o que permite conhecer os pontos (áreas) nos quais se dão acelerações dos escoamentos e nos onde estes últimos tendem à velocidade zero. As figuras geradas possibilitam visualizar as áreas imersas em zonas de aceleração ou de estagnação dos escoamentos, bidimensionalmente que, associadas aos perfis de velocidade permitem o entendimento tridimensional dos processos envolvidos nas inter-relações entre os escoamentos e o ambiente construído.

Na quarta etapa, finalmente, realiza-se a avaliação dos resultados obtidos nas etapas anteriores, culminando com a escolha das ações a serem implementadas nos âmbitos do conforto devido ao vento, da qualidade do ar, da segurança (integridade física) e dos equilíbrios energéticos no planejamento do solo urbano.

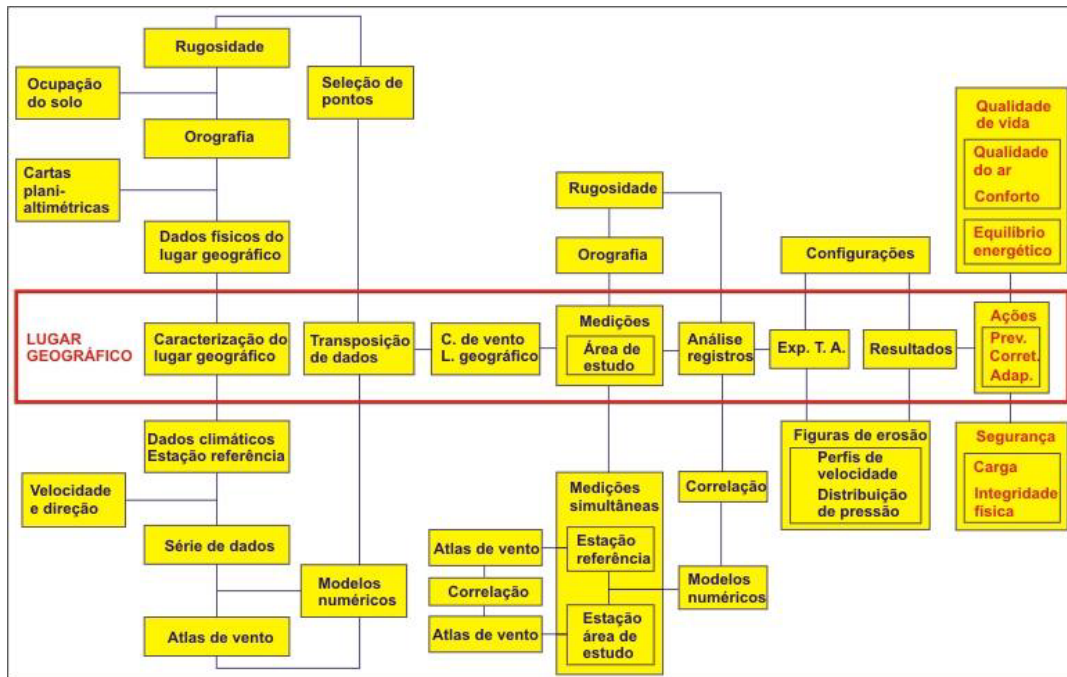


Figura 1. Fluxograma do método de avaliação das ações do vento no planejamento de ocupação do solo urbano.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aplicações desta metodologia demonstraram seu potencial de análise de condições reais, em diferentes locais, CARVALHO, 2005; PEREGRINO, 2005; QUEIROGA, 2005; FERRAZ, 2003 e SILVA, 1999 como uma ferramenta de desenho urbano e de futuras instalações humanas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÄCHLIN, W.; PLATE, E. J. **Ausbreitung von Störfallemissionen in bebautem Gelände**. Abschlußbericht BMFT RGB 8312, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, 1986.

BLESSMANN, J. **Efeitos do vento em edificações**. Editora da UFRGS, Série Engenharia Estrutural, 7, 1978.

CARVALHO, H. J. M. de. **Metodologia para a análise das interações entre a forma urbana e o clima: aplicação a uma cidade brasileira de clima litorâneo com baixa Latitude**. Tese (Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo) FAU – UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

_____. **Efeitos do vento em edifícios alteados vizinhos**. In 22ª Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural, Santiago, Chile, v.1. p.A8-1 a A8-15, 1983.

BLEVINS, R. D. **Applied fluid dynamics handbook**. Van Nostrand Reinhold Company, N. York, 1984.

BORGES, A.R. J. e SARAIVA, J. A. G. **An erosion technique for assessing ground level winds**. Wind Engineering (Ed. J.E., Cermak) N.Y. Pergamon Press, 1980.

EVANS, B. H. **Natural air flow around buildings**. Research Report N°59, Texas Engineering Experiment Station, College Station, Texas, 1957.

FERRAZ, A. P. M. **Estudo da repercussão nas variáveis climáticas decorrentes do adensamento de edificações no Bairro de Intermares, Cabedelo-PB**. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente). João Pessoa: UFPB, 2003.

GANDEMER, J. et al. **Champ de pression moyenne sur les constructions usuelles, application à la conception des installations de ventilation**. Cahiers du Centre Scientifique et technique du Bâtiment. N° 187, 1978.

PENWARDEN, A. D. **Acceptable wind speeds in towns**. Build.Sci.Vol. 8 pp259-267, Great Britain: Pergamon Press, 1973.

PEREGRINO, P. S. A. **Interrelações existentes entre os escoamentos e padrões de ocupação do solo nos bairros do Cabo Branco e Tambaú**. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana). João Pessoa: UFPB, 2005.

PETERKA, J. A. and CERMAK, J. E. **Adverse wind loading induced by adjacent buildings**. New Orleans: Journal of the Structural Division, 1975.

QUEIROGA, S. C. C. de. **Verificação da eficiência do dimensionamento de aberturas para ventilação natural nos bairros de Cabo Branco e Tambaú**. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana). João Pessoa: UFPB, 2005.

RÖCKLE, R. **Bestimmungen der Strömungsverhältnisse im Bereich komplexer Bauungsstrukturen**. Dissertation (Fachbereich Mechanik) T H Darmstadt, 1990.

SARAIVA, J. A. G. **Aerodinâmica dos edifícios altos: características do escoamento e resposta à turbulência de formas prismáticas**. Tese (Concurso para Especialista do Laboratório Nacional de Engenharia Civil) Lisboa, 1983.

_____. **Campo de velocidades de atrito num parque de carvão**. Lisboa: LNEC, 1988.

_____. **Modelação em mecânica dos fluidos**. Aspectos aerodinâmicos: a circulação de comboios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1991.

SILVA, Francisco de Assis Gonçalves da. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) FAU – USP. São Paulo: USP, 1999.

SILVA, Francisco de Assis Gonçalves da; CARLO, Ualfrido Del; SARAIVA, Jorge Alberto Gil. **The wind as a true design tool in urban planning**. in: THE 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2001. Proceedings of the PLEA 2001 Conference. Florianópolis: Printed in Brazil by Alternativa Gráfica Ltda, 2001. v. 1, p. 229-233.

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM Baden-Württemberg, Stuttgart. **Cartilha urbanística do clima - Indicações para o plano diretor - seqüência 2**. Tradução por Francisco de Assis Gonçalves da Silva. São Paulo, Trabalho Programado 3, 1998. 194p. Título Original: Städtebauliche Klimafibel Hinweise für die Bauleitplanung Folge 2. Stuttgart, 1995.

ZENGER, A.; BÄCHLIN, W. u.; LOHMEYER, A. **Windkanaluntersuchungen als Hilfsmittel zur Stadtklimatologischen Baufolgenabschätzung**. Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, 1996.