

## CONSIDERAÇÕES SOBRE A VENTILAÇÃO NAS CIDADES E SUA IMPORTÂNCIA NO PLANEJAMENTO URBANO

Maria da Graça Barros Sartori

Departamento de Geociências. Centro de Ciências Naturais e Exatas. UFSM. Santa Maria, RS.

### RESUMO

A ventilação nas cidades influencia o clima urbano estando comprometida com fatores de natureza geocológica e geourbana que mo dificam o movimento do ar resultante da Circulação Regional.

Na ventilação das cidades, a nível local e urbano, são im portantes os elementos modificadores relacionados com a topografia e os resultantes da urbanização.

As cidades, pela sua estrutura, características superficiai s e ilha de calor, exercem influências mecânicas e termais no fluxo de ar, gerando uma circulação específica e proporcional ao seu ta manho.

Estudos realizados na cidade de Santa Maria-RS, dão ênfa se à influência do sítio e da estrutura urbana na movimentação do ar e o conhecimento desta circulação própria é importante como subsídio às tomadas de decisão voltadas ao planejamento urbano.

### SUMMARY

SARTORI, M.G.B., 1984. Considerations on aeration in cities and its importance in Urban Planning. *Ciência e Natura*, 6:59-74, 1984.

Aeration in towns influences the urban climate. It is connected to geocological and geourban factors which change the resulting air movement of Regional Circulation.

In the aeration of cities at local and urban levels, modifying elements connect to topography and the ones resulting from urbanization, are important.

Cities, due to their structure, surface characteristics and heat islands, exert mechanical and thermal influences in the airstream, generating a specific circulation which is proportional to its size.

Studies undertaken in the city of Santa Maria-RS stress the site influence and urban structure an air movement. The knowledge of such self-circulation is an important factor to be taken into account in urban planning decisions.

### INTRODUÇÃO

As cidades aumentam continuamente originando modificações no clima local pelos novos elementos introduzidos com a urbanização e as atividades humanas desenvolvidas.

O resultado é o clima urbano, para o qual a ventilação se

apresenta como elemento importante e que influencia no conforto dos habitantes.

No estudo da ventilação nas cidades devemos considerar, em primeiro lugar, as relação entre os três níveis escalares seguintes de organização: *regional*, *local* e *urbano*.

A Circulação a nível *regional* se caracteriza por um fluxo geral, definido pelos centros de ação e pelo deslocamentos dos sistemas atmosféricos atuantes, e tem caráter *organizador* da circulação. Sua mensuração é realizada em pontos meteorológicos situados ao ar livre a fim de que as influências de fatores locais não comprometam a observação, mascarando-a.

A nível *local*, a circulação se *acende* porque, embora comprometida com o fluxo regional, o quadro geocológico local oportuniza um mecanismo menor de ventilação, isto é, diversifica os ventos locais, individualizando-os. Entretanto, se os fluxos regionais forem fortes, a ventilação local será sobrepujada pela regional, ou seja, a ventilação local se *apagará*. Ao contrário, se o fluxo geral for de fraco a moderado, as ventilações locais serão mais facilmente detectadas dependendo do tipo de quadro geocológico sobre o qual se realiza a observação. A identificação dos ventos locais é possível mediante dados horários que são os únicos capazes de demonstrar a organização local da ventilação.

Ao chegarmos ao nível *urbano*, a ventilação é em grande parte controlada pela cidade originando uma circulação especificamente urbana, que dependerá do trabalho e estrutura da cidade e do sítio sobre o qual se assenta. Esta ventilação urbana é melhor definida quando as condições regionais e locais são de calmas, ocasião em que se evidenciam os turbilhões e redemoinhos decorrentes da complexidade de edificações e arruamentos. Quando os fluxos regionais são mais fortes, a superfície da cidade ocasionará amortecimento e mecanismos complexos pelo efeito de atrito com a superfície urbana. Esta ventilação tipicamente urbana só poderá ser revelada através da observação direta especial em trabalhos de campo.

Para a análise e observação dos ventos na cidade é necessário o apoio de documentos fundamentais como mapas de uso de solo, em planta e em altitude, pois um perfil ao longo da cidade mostrará a topografia e o gabarito e elevação das edificações. Isto é muito importante para o estudo da ventilação pelas muitas influências que a cidade tem na movimentação do ar.

Para as observações de campo há necessidade de concomitância, isto é, nas mesmas horas e em ambientes diferentes fazer as medidas com aparelhos idênticos. Estas medidas devem ser feitas em aberto para sentir o efeito da cidade em si, procurando a realidade ambiental. Isto não acontece com os postos de observação meteoroló

gica que são instalados de modo a abstrair ao máximo as condições de interferência do ambiente local, pois seu objetivo é revelar as tendências e condições gerais do clima.

Como já foi referido, é necessário sempre considerar o grau de variação da movimentação do ar nas diferentes escalas. Devemos, então, iniciar o estudo partindo da escala regional considerando a seguir o local e o complexo urbano. No espaço regional, por exemplo, um estado brasileiro, temos a influência de um sistema meteorológico. Porém duas ou mais cidades neste Estado, podem apresentar variações na direção geral do vento. Isto acontece por influência local.

Quando penetramos no interior da cidade, com seus edifícios e ruas, temos uma circulação própria por influência da ilha de calor, circulação esta que é menor e totalmente desorganizada, obedecendo ao complexo urbano específico.

Assim sendo, a observação do vento deve ser separada nas diferentes escalas. O movimento local é revelado no posto meteorológico. No trabalho de campo temos a revelação dos pequenos componentes urbanos que podem ser medidos em diferentes locais da cidade e principalmente em diferentes níveis. Estas observações comprovarão as diferenças locais, pois são ambientes com circulações diferentes mesmo que estejam integrados no mesmo sistema regional.

Quando os edifícios estão organizados em cidades "as propriedades físicas e químicas do ar entre os edifícios, dentro e acima deles, são radicalmente mudadas". (CHANDLER, 2).

Neste sentido, estudar o conforto na cidade é estudar o bem-estar do homem, a maneira própria de ser do clima e a ambientação edificada.

O clima através dos fatores que o caracterizam incidirá sobre o homem de maneira a facilitar ou não as trocas térmicas que seu organismo tem que realizar e isto se refletirá em sua atividade.

Segundo KINCER (\*), os movimentos do ar tem também um importante aspecto fisiológico. Eles produzem tendência ao resfriamento em todas as condições de temperatura, pelo aceleração da condução de calor em um corpo e pelo aumento de oportunidade para a evaporação.

Os efeitos físicos no homem, provocados pelas altas temperaturas, são modificados quando acompanhados por uma brisa.

A ventilação é ainda fator vital para controlar a distribuição de outros elementos como a poluição que agrava as condições ambientais na cidade.

Entretanto, os edifícios tem influência considerável na

(\*) Citado em REED, R.H. (11)

qualidade do seu meio ambiente, pois reduzem a velocidade do vento próximo à superfície e fornecem significativo abrigo.

Os edifícios mais altos que proliferam nas cidades provocam problemas porque, quando isolados, dão aos outros menores excesso de ventilação devido a turbulência causada pelo atrito do vento com a superfície mais elevada deles. Os ventos ao redor dos edifícios em áreas de pedestres criam, muitas vezes, condições ambientais quase intoleráveis, pois parte do vento é desviado nas esquinas dos edifícios tornando estes pontos particularmente ventosos.

Para CHANDLER (2), os padrões de fluxo de ar acima da superfície são muito importantes para o planejamento urbano incluindo, por exemplo, a ventilação adequada e não deficiente ou excessiva das ruas da cidade, e mesmo dos edifícios, a localização mais conveniente para certas indústrias, estações de energia e outras fontes maiores de poluição do ar.

#### CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO AR EM MOVIMENTO NA CIDADE

O vento é a massa de ar em movimento e é causado pelas diferenças de pressão entre dois lugares. Estas diferenças, por sua vez, relacionam-se, entre outros fatores, às diferenças de temperatura.

Os ventos representados na escala das cartas sinóticas chamam-se ventos de macroescala. São ventos regionais e respondem às diferenças de pressão associadas aos Centros de Alta e de Baixa Pressão responsáveis pela Circulação Atmosférica Regional, os quais determinam, dinamicamente, as mudanças no estado do tempo em sua sucessão habitual.

Os ventos locais ou de mesoescala são os que ocorrem em áreas mais restritas, ocasionados principalmente por fatores locais como contrastes de temperatura entre terra e mar, montanha e vale, ou mesmo refletindo a grande influência da "ilha de calor" de uma cidade.

Entre todos os elementos meteorológicos, o vento é o mais instável mudando de direção e velocidade em distâncias limitadas e em pequenos períodos de tempo. Isto é característico nos ventos próximos à superfície e, principalmente, em áreas urbanas, onde são tipicamente turbulentos, com rajadas e calmarias temporárias e consequentes mudanças de direção. Não se deve esquecer, porém, que a deformação do campo do vento é provocado pela atividade frontal, pelas fortes chuvas convectivas, pela topografia e pela urbanização.

Os ventos locais estão intimamente associadas à Circulação Regional, isto é, aos sistemas atmosféricos atuantes na região e que são representados nas cartas sinóticas. É evidente que esta Circulação Regional estará sujeita a modificações provocadas pelas componen

tes geocológicas e geourbanas do espaço sobre o qual o ar se desloca. Para melhor compreendê-las deve-se considerá-las os princípios que governam o fluxo de ar na cidade, ou seja, o ar move-se por diferença de pressão e, uma vez em movimento, tem inércia e produz fricção.

O ar tem inércia justamente porque, uma vez em movimento, tende a continuar na mesma direção até ser desviado por alguma força ou corpo externo, no caso da cidade, pelos edifícios, árvores de parques, bosques e praças, por elevações da topografia e mesmo por áreas de baixa e alta pressão (FIGURA 1).

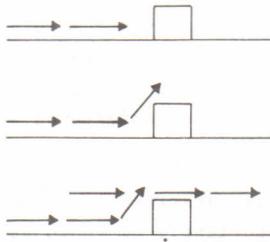


Figura 1. Inércia do ar em movimento, segundo EVANS (4).

Quando em movimento, o ar produz fricção ou atrito ao entrar em contato com outros corpos. Esta fricção tende a reduzir a sua velocidade fazendo-o mudar de direção e algumas vezes alterar seu padrão de movimento. A redução da velocidade por atrito é tanto maior quanto mais próximo da superfície (FIGURA 2).

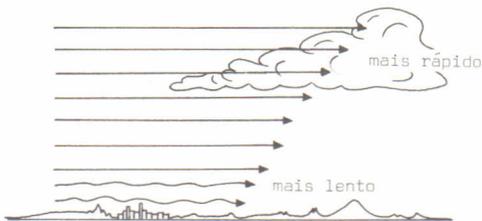


Figura 2. Atrito do ar em movimento, segundo FRISKEN (5).

Por outro lado, sabe-se que o ar move-se pelas diferenças de pressão, deslocando-se de áreas de alta pressão para as de baixa pressão. Estas pressões são causadas por fatores como os gradientes de temperatura e a colisão do ar em movimento com corpos encontrados na superfície. Ao chegar a um obstáculo como edifícios ou elevações da topografia, o ar "amontoa-se" e origina uma área de alta pressão à barlavento do obstáculo. Pela inércia, o ar tende a continuar sobre e ao redor do objeto, causando assim uma área de baixa pressão à sotavento (FIGURA 3).

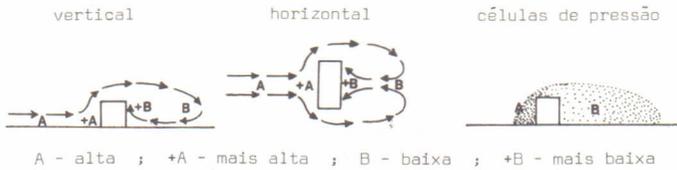


Figura 3. Diferenças de pressão causadas pela colisão do ar em movimento com obstáculos na superfície. EVANS (4), modificado.

Em razão destas características específicas do ar em movimento em áreas urbanas é que a ventilação se torna uma variável importante na definição do clima urbano e, por conseguinte, na qualidade ambiental responsável pelo conforto do homem que vive na cidade.

#### IMPORTÂNCIA DO VENTO NO CLIMA URBANO

Conhecendo-se as características do ar em movimento é fundamental considerar a importância do vento para o clima das cidades, já que muitas atividades humanas podem ser afetadas por problemas de ventilação adequada.

Segundo CHANDLER (1), o clima da cidade é função de inúmeras variáveis das quais o desenvolvimento urbano é apenas uma delas. De acordo com o autor, há três determinantes principais:

- o clima geral da região;
- as influências modificadoras da morfologia local;
- as modificações auto-induzidas pela congregação de edifícios e ruas.

A intensidade da poluição, a visibilidade, a temperatura e a umidade, entre outros elementos, dependem do tipo de vento em seus níveis regionais e da distinção do clima urbano, dentro do vasto espaço abrangente.

De modo geral, os ventos fracos ocorrem mais frequentemente quando a circulação regional apresenta-se como célula extensiva de alta pressão. Daí os maiores índices de poluição estarem associados ao domínio destes sistemas, representados na região Sul e Sudeste do Brasil pelos Anticiclones Polar Atlântico e Tropical Atlântico, principalmente. Isto foi constatado na área da Grande São Paulo em trabalhos realizados junto ao Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo\*.

A atmosfera urbana é frequentemente melhor na presença de ventos médios regionais quando o processo de dissipação de calor e

\* Trabalhos práticos realizados pela autora e outros em 1975, no Curso de Pós-Graduação em Geografia, sob a orientação do Prof. Dr. H.A.V. Titarelli.

de poluentes se faz de modo mais eficaz.

Como a ventilação na cidade está muito relacionada com os contrastes de temperatura, a aplicação de conceitos de circulação local aos problemas de poluição do ar, em áreas urbanizadas, requer o conhecimento da distribuição da temperatura e, conseqüentemente, dos ventos. Assim, é importante avaliar o campo de vento existente na cidade que pode ser estimado a partir do campo de temperatura.

Os movimentos do ar acima, entre os edifícios e particularmente ao redor deles, constituem elemento importante e característico do clima urbano, provocando com freqüência problemas ambientais bastante sérios. Este fato foi observado na área urbana de Santa Maria especialmente no centro intra-urbano (CIU), onde a concentração de edifícios é mais acentuada e com significativo desenvolvimento vertical trazendo problemas para moradores e pedestres.

Deve-se, portanto, tirar proveito das características apresentadas pelo vento quando se desloca sobre a cidade a fim de que se possa propor alternativas mais apropriadas ao planejamento urbano.

#### INFLUÊNCIA DA CIDADE NA DIREÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO

A influência da cidade no fluxo do vento é tanto mecânica quanto termal. Segundo PETERSON (9), o fluxo de ar sobre uma área urbana difere em vários aspectos daquele sobre a zona rural circundante, o que também é reconhecido por DETWYLER e MARCUS (3). As principais características são as diferenças na velocidade do vento entre a cidade e o campo e a convergência do nível inferior do vento sobre a cidade. Estas diferenças são provocadas pela maior aspereza da superfície construída da cidade em relação à zona rural e devido a "ilha de calor" urbana.

A superfície serrilhada da área urbana exerce atrito friccional no ar que flui sobre ela. Nas estruturas urbanas atuais os ventos encontram uma superfície "rugosa" maior que aquela do campo. O atrito friccional altera o fluxo de ar produzindo turbulência vertical e horizontal, resultando um decréscimo na velocidade do vento nos níveis baixos, conforme verificado por FRISKEN (5).

As modificações do fluxo devido ao efeito do atrito são mais pronunciadas quando as velocidades do vento são de moderadas a altas. É o caso do "vento norte", comum nas fases Pré-frontais de inverno e primavera na região de Santa Maria, associado à massas de ar mais aquecidas (Massa Polar Velha ou Tropical), como também dos ventos frios oriundos do domínio da Massa Polar Atlântica ou Continental, conforme observado por SARTORI (11).

O movimento vertical da turbulência induzida mecanicamente conduz ao enfraquecimento ascendente dos elementos da rugosidade originando uma camada-limite da turbulência que se estende logo aci

ma da altura dos próprios elementos ásperos.

Por outro lado, a rugosidade da superfície urbana tende a multiplicar os turbilhões (*eddies*) e a tensão friccional conduz à redução da velocidade média do vento próximo à superfície. O grau de turbulência depende da forma da superfície, isto é, forma, tamanho e espaçamento dos edifícios.

Segundo EVANS (4), existem inúmeras variáveis que originam mudanças no comportamento do fluxo de ar de acordo com a forma, tamanho e posição dos edifícios. Dentre elas podemos citar:

1) a largura do edifício, cujo aumento leva a diminuir o redemoinho à sotavento, desde que ela não seja superior à metade de seu comprimento;

2) a altura e a inclinação do telhado, cujo aumento conduz a ampliação do redemoinho;

3) o comprimento do edifício, cujo aumento leva a uma ampliação no comprimento e na largura dos turbilhões à sotavento;

4) os tipos de orientação e posição dos edifícios em relação ao vento que podem levar a um aumento ou diminuição do tamanho dos redemoinhos. Por exemplo, se estiver colocado perpendicularmente a direção do vento provocará maior redemoinho à sotavento do que se estiver orientado no mesmo sentido do fluxo.

Assim, para cada tipo de edifício há sempre uma orientação que produz um redemoinho máximo e outra que produz o mínimo. Isto se refletirá no bem estar ou não dos seus moradores e nos edifícios ou casas baixas vizinhas.

Resta ainda salientar que em edifícios com sacadas e janelas voltadas para ventos de velocidades altas e moderadas podem ocorrer situações incômodas aos moradores, em vista da pressão exercida pela ar. O resultado é a ocorrência de um ASSOVIÃO quando o vento barado em sua trajetória, vê-se obrigado a desviar para cima e para os lados do edifício, ao mesmo tempo que penetra pelas frestas das janelas.

Além disso, as sacadas favorecem a formação de pequenos redemoinhos que aumentam ainda mais as possibilidades do ruído vir a ocorrer (FIGURA 4). É o que acontece em Santa Maria nas situações

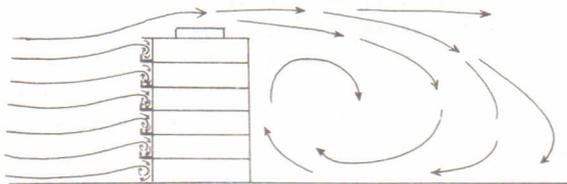


Figura 4. Turbilhões formados nas sacadas pela colisão do ar nas fachadas à barlavento.

de pré-frontais em que se verifica grande aquecimento e a participação do VENTO NORTE, especialmente no inverno e na primavera, de acordo com estudos de SARTORI (11).

Os turbilhões e redemoinhos comumente se formam entre as filas de altos edifícios com correntes ascendentes nas faces a barlavento e correntes descendentes nas faces a sotavento (FIGURA 3). Os ventos são canalizados ao longo das ruas orientadas na direção do movimento do ar predominante, segundo as idéias apresentadas por CHANDLER (1).

É o que acontece, por exemplo, em Copacabana, no Rio de Janeiro (MONTEIRO, informação verbal) em que os edifícios ao longo da praia fazem gargantas que condicionam a circulação do ar a nível local e na cidade de Santa Maria que tem seu sistema de arruamento orientado para os ventos mais frios, para os mais intensos e para os predominantes. Isto foi verificado por SARTORI (11) ao analisar a estrutura viária de Santa Maria constatando que a maior parte das ruas estão dispostas no sentido ENE-WSW e SSE-NNW. Esta orientação favorece a ventilação natural canalizando os ventos predominantes de leste e sudeste, os de norte e noroeste, mais intensos por ocasião das pré-frontais, e os mais frios do quadrante sul. Por isso a cidade apresenta muitas vezes, problemas de excesso de ventilação que resulta em desconforto para a população. Em consequência, há certos locais da área urbana que sofrem os efeitos do excesso de ventos enquanto outros sofrem pela falta de ventilação, devido ao abrigo imposto pelos edifícios maiores.

Como o ar se movimenta pelas diferenças de aquecimento e de pressão, a cidade com sua "ilha de calor" influirá na ventilação por provocar gradientes termiais horizontais, o que leva a se dizer que a cidade constrói sua própria circulação do ar.

A cidade, com seus edifícios e sua pavimentação se aquece muito e cria uma baixa pressão local atraindo a movimentação do ar. A circulação do ar termicamente induzida pela cidade é facilmente desenvolvida quando a "ilha de calor" é pronunciada. Desse modo, a massa de ar quente que envolve a cidade influi na intensidade e na direção do vento. Segundo SARTORI (11), Santa Maria possui sua ilha de calor urbana, constatada em testes de campo. Para CHANDLER (2), há uma relação entre o grau de turbulência e a amplitude da temperatura provocada pela existência da "ilha de calor". À noite, a temperatura diferencial entre a cidade e o campo resulta numa circulação urbana semelhante à chaminé, com influxo para o interior da cidade na superfície e saída para cima.

Devido à ilha térmica urbana, as velocidades do vento são geralmente mais fortes de dia que à noite e mais fortes no verão que no inverno. Assim sendo, durante todo o ano, os ventos noturnos au

mentam de velocidade nas áreas centrais e os ventos diurnos diminuem. Fora da cidade, os ventos à noite são fracos e o ar estável. De dia, as velocidades são mais fortes e o ar é menos estável.

Nos estudos feitos por CHANDLER (1) em Londres, foi verificado que quando os ventos são fracos as velocidades aumentam nas áreas centrais devido à atração provocada pela "ilha de calor", e quando os ventos são fortes as velocidades diminuem devido ao forte atrito com a superfície serrilhada.

Este aspecto da circulação do ar na cidade é salientado em DETWYLER & MARCUS (3) quando explicam as diferenças de aquecimento entre o campo e a área urbana. Segundo eles, no meio rural menos calor é armazenado sob a superfície para ser liberado à noite do que nos densos materiais artificiais da cidade. Assim, maior quantidade de calor é utilizado para a evaporação durante o dia no campo, pouco restando para manter a temperatura à noite. Entretanto, o asfalto, o concreto e as construções urbanas são eficientes reservatórios fazendo com que o calor estocado durante o dia suba de novo a superfície para aquecer o ar da noite.

Ao calor proveniente da radiação solar, a cidade adiciona grande quantidade de calor proveniente da combustão comercial e doméstica, do uso da eletricidade e mesmo do metabolismo dos habitantes. Todos estes fatores tendem a tornar o ar da cidade mais quente que o do campo, fazendo com que o ar fresco da zona rural flua para a cidade sob o ar quente que ascende; isto origina um padrão de circulação urbana característico.

DETWYLER & MARCUS (3) ressaltam, ainda, que o influxo campo-cidade só não se acelera mais devido à fricção provocada pela rugosidade aerodinâmica da área edificada.

CHANDLER (1) observou em Londres que, quando havia uma ilha de calor bem desenvolvida na área edificada, os ventos fluíam para o centro da cidade, porém o fluxo não era constante. O movimento de ar mais frio do campo em direção a cidade ocorria como pulsações; os ventos mais fortes ocorriam quando o gradiente de temperatura era maior.

POOLER (\*) analisando os registros do estudo sobre a poluição do ar na cidade de Louisville, determinou um influxo superficial de ar para a cidade. Este influxo era a característica dominante do padrão de fluxo de superfície quando os ventos regionais eram fracos, uma situação que poderia estar relacionada a um fraco gradiente de pressão em grande escala.

Também GEORGII (\*) registrou medidas de vento na cidade de Frankfurt, localizada na Alemanha, e com isso determinou que em

---

\* Citados em PETERSON, J.T. (9) e McBOYLE, G.R. (6).

noites calmas havia um influxo para o centro da cidade. Isto foi ainda observado por OKITA (\*) em seus estudos na cidade de Asahikawa, Japão.

SCHMIDT e BOER (\*) registraram medidas do fluxo de vento ao redor de uma refinaria e as relações obtidas servem para o estudo da influência da ilha de calor. Ao redor da área ocorria uma circulação ciclônica com convergência para o centro. Além disso, o ar ascendente era detectado sobre o centro da área, com o descendente sobre os arredores. As maiores velocidades verticais foram observadas nas vizinhanças da produção máxima de calor.

Em Nova York, HASS *et alii* (\*) e ANGELL *et alii* (\*) observaram um fluxo ascendente sobre a área densamente edificada da ilha de Manhattan e movimento descendente sobre os rios Hudson e East. Eles atribuíram este fato à ilha térmica urbana, ao efeito de barreira dos altos edifícios e à água relativamente fria do rio.

MONTEIRO (8) afirma que "a geração da ilha de calor é suficiente para desencadear uma ventilação urbana que se alterna com aquela local do quadro geocológico e aquela mais ampla da circulação regional": Dependendo do tamanho e crescimento da cidade a ilha de calor se expande e se intensifica, sendo necessários ventos cada vez mais fortes para superar e dissipar o calor da cidade.

#### INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA NA CIRCULAÇÃO DO AR NA CIDADE

Somando-se à influência da estrutura urbana na ventilação, o meio físico no qual a cidade se assenta também é de grande importância pois o aspecto e a forma da topografia igualmente controlam a ventilação, facilitando-a ou dificultando-a. As vertentes das colinas ou elevações a sotavento estão geralmente mais abrigadas dos ventos, apesar de que em certas circunstâncias pode haver convergência nestas áreas com fortes rajadas de vento.

Quando ventos regionais sopram sobre uma topografia escarpada podem desenvolver-se pequenas correntes em forma de redemoinhos que são levadas pelo vento, quando sua velocidade é maior que 30Km/hora. Com pequenas velocidades do vento, formam-se redemoinhos estacionários que se mantêm a sotavento e a barlavento das elevações e, nas cidades, dos edifícios também (FIGURA 5).

Perturbações semelhantes, mas mais intensas, ocorrem quando o vento sopra sobre cadeias de montanhas ou serras. Na encosta ascendente, no lado a barlavento, o vento é relativamente sem turbulência, enquanto na encosta a sotavento, descendente, o vento se espalha rapidamente encosta abaixo produzindo fortes correntes descen-

\* Citados em PETERSON, J.T. (9) e Mc BOYLE, G.R. (6).

dentos com muita turbulência (FIGURA 5).

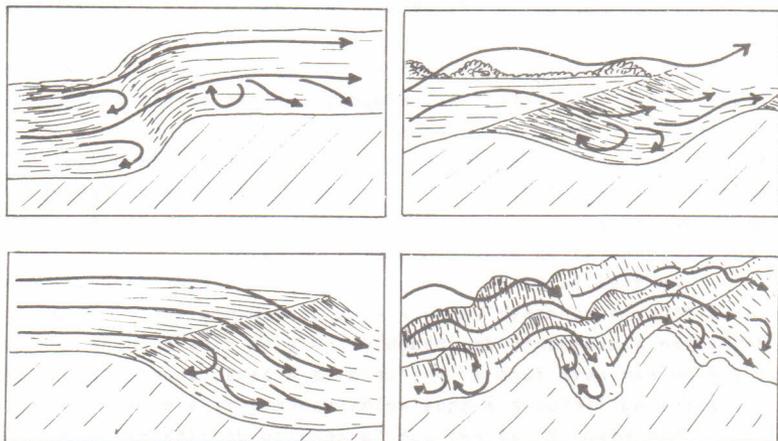


Figura 5. Influência exercida por diferentes formas de relevo no fluxo de ar. Ministério da Aeronáutica, adaptado (7).

É o que acontece em Santa Maria que tem, em todo o seu quadrante norte, a presença do rebordo escarpado do Planalto Meridional Brasileiro constituindo a Serra Geral, localmente chamada de Serra de São Martinho. Nas fases pré-frontais de inverno e primavera os fluxos normalmente são do quadrante norte, (SARTORI, 11), apresentando, muitas vezes, velocidades altas. Como Santa Maria encontra-se na zona de transição entre o rebordo do Planalto e a Depressão Central, a cidade, nestas ocasiões, sofre os efeitos da turbulência provocada pelas fortes correntes descendentes que se soma à turbulência provocada pela urbanização, já comentada, e que se estende aos primeiros níveis da serra. O mesmo ocorre com os ventos de sul e sudeste, quando mais intensos, ao encontrar os morros testemunhos situados nestes setores da cidade.

A par disso, a situação da cidade na "boca do monte" parece sofrer os efeitos da formação de pequenas células de baixa pressão de caráter local, provocadas pelo grande aquecimento das pré-frontais. Este efeito provoca o aceleração dos fluxos de Norte e Noroeste que descem a serra e como são ventos quentes, pela descida, se ressecam adiabaticamente (efeito Föhn). Assim, exatamente por ser um vento quente e seco, ele origina, nas fases pré-frontais, mal estar na população, sendo conhecido como VENTO NORTE.

MACHADO (\*) salienta, em seu trabalho sobre as condições

(\*) Citado em SARTORI, M.G.B. (11).

climáticas do Rio Grande do Sul, a importância da intensidade apresentada pelo vento norte em Santa Maria em determinadas épocas do ano, considerando-o vento local e denominando-o de "vento São Martinho": *É um vento da direção norte que sopra com grande velocidade, por 2 ou 3 dias, nalgumas localidades, assumindo particular violência em Santa Maria, situada no sopé da Serra de São Martinho. Sua intensidade ultrapassa, em geral, 20 m/seg e ocorre por ocasião da passagem das depressões barométricas. Sendo extremamente quente e seco, provoca enormes ascensões de temperatura.*

Quando, porém, as velocidades são baixas, a presença ou a proximidade de elevações na cidade provoca um aumento no número de calmas e de ventos fracos, devido à proteção dada pela área elevada. As partes mais elevadas da cidade tem maior ventilação, enquanto as partes mais baixas ao seu redor são de calmas. Isto foi salientado por SARTORI (11) referindo-se à Santa Maria quando diz que "o Planalto e os morros testemunhos que rodeiam a cidade são, também, responsáveis pela ocorrência de inúmeras calmas".

Em seu trabalho sobre o clima de Santa Maria, SARTORI(11) verificou que "... muitas são as situações de calma, brisas leves ou ventos quase calmos que agravam as condições térmicas ambientais".

"Estes períodos de calma ou quase calma, ocorrem diariamente entre 06:00 e 10:00 horas da manhã e a partir das 19:00 horas, conforme observado na análise do comportamento diário local do vento".

"Em condições de grande aquecimento continental, como na primavera e verão, a estes episódios de ausência de uma ventilação mais eficaz se alia a presença da ilha de calor na cidade tornando o ambiente urbano desconfortável para seu habitante".

Isto também foi verificado por CHANDLER (1), ao estudar o clima de Londres, onde comparou os registros de Croydon, no sul da cidade e à sotavento da North Downs, com os do aeroporto de Londres situado na periferia, verificando que a velocidade do vento era menor em Croydon quando os fluxos regionais eram de sul e sudeste.

A morfologia influencia também na ventilação devido à presença de vales de rios na cidade por onde canaliza abrigado por terrenos mais altos. Esta canalização concentra e acelera o fluxo de ar, mesmo quando o ar é estável. Na Londres Central, CHANDLER (1) constatou que uma das causas das velocidades mais altas era a canalização do vento através do vale do Rio Tâmsa e de seus afluentes.

O alinhamento das elevações também condiciona a orientação dos ventos, segundo SARTORI (11), em Santa Maria, "a direção do vento é influenciada pela morfologia da superfície na medida em que o rebordo do Planalto, que se estende ao longo do setor norte da ci

dade, com orientação geral leste-oeste, canaliza os fluxos de leste, sudeste, oeste e sudoeste em direção à cidade, agindo quase como um corredor".

Esta mesma topografia age, possivelmente, como freio aos fluxos do quadrante sul deformando-os em direção e motivando as menores velocidades, que de acordo com SARTORI (11) estão associados às penetrações das Massas de Ar Polares (Atlântica e Continental). As baixas velocidades apresentadas por estes ventos foram constatadas pela análise de gráficos de Rosa-dos-Ventos, construídos com dados de direção e velocidade relativos ao período de 1968 a 1974, para Santa Maria e região.

Estudos feitos por estudantes em Fort Collins (USA), sobre a distribuição das temperaturas à noite, revelaram que as temperaturas baixas estão associadas a áreas de menor elevação. Estes bolsões frios não influenciaram na direção do vento, mas as velocidades aumentaram onde a maioria destes bolsões foram encontrados.

Em Santa Maria, a zona central se encontra em nível topográfico mais elevado. Este fato, associado com a direção do vento a ao efeito da *ilha de calor* própria do centro da cidade, faz com que seja a área mais sujeita aos excessos de ventilação. O mesmo problema deve afetar os bairros que ocupam as *vertentes* expostas aos ventos predominantes de leste e sudeste. A *ilha de calor* atrai, também, os ventos frios do inverno que penetram com certa facilidade no interior da cidade, devido à orientação das ruas (SSE-NNW) e à topografia mais elevada da área central.

No centro, o alinhamento dos edifícios auxilia, eficazmente, na canalização do vento através das ruas.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desses fatores de ordem geocológica e geourbana que influem para modificar o clima a nível local e principalmente a nível urbano, resulta a importância de uma boa ventilação já que dela dependerá, em grande parte, a qualidade de vida nas cidades.

A análise dos padrões de circulação do ar na área urbana, que dependendo do grau de urbanização mascara quase totalmente a circulação regional superpondo-se a ela, é extremamente necessária visto que sua identificação possibilitará melhor planejamento urbano. Neste caso pode-se tirar o máximo proveito da ventilação típica urbana, mesmo daquela auto-induzida pela *ilha de calor* ou pela morfologia do sítio urbano, desde que se conheça os mecanismos específicos de circulação.

No caso dos climas temperados e frios, pode-se, por exemplo, a partir do conhecimento dos padrões da ventilação urbana, conseguir melhor proteção contra os ventos frios, enquanto nos climas quen

tes as informações obtidas poderão ser aproveitadas no sentido de se obter a melhor ventilação possível capaz de amenizar o calor.

DETWYLER & MARCUS (3), neste sentido, alertam que uma das tarefas dos urbanistas deve ser a adaptação das locações industriais na área urbana fora das zonas residenciais. Isto porque as indústrias, especialmente as poluidoras, podem provocar efeitos perniciosos ao meio ambiente se ventos fracos, e sem direção predominante, forem acompanhados pelas condições de estagnação (situações de calmaria) com alto potencial de poluição do ar. Entretanto, se os ventos predominantes forem fortes e fornecerem uma adequada dispersão dos poluentes, uma localização industrial na direção do vento predominante pode ser preferível.

Os mesmos autores salientam ainda que, nas cidades com topografia montanhosa, os ventos que descem as vertentes podem dar aos vales residenciais um ar relativamente limpo e fresco durante as noites quentes de verão. No inverno, porém, esta situação topográfica pode proporcionar o acúmulo de ar frio com conseqüente perigo de geada. Da mesma forma, os ventos diários que sobem a encosta podem transportar a poluição do vale para as encostas adjacentes.

Todos esses aspectos citados demonstram a importância do estudo da ventilação para o planejamento urbano, pois fornecem importantes subsídios à locação industrial e residencial, de tal modo que a identificação do mecanismo de ventilação tipicamente urbana poderá orientar as tomadas de decisões que visem melhor qualidade ambiental e, conseqüentemente, o conforto do homem que vive na cidade.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHANDLER, T.J. *The climate of London*. London, Hutchinson University Library Publishers, 1965. 292 p.
2. CHANDLER, T.J. *Urban climates: inventory and prospects*. In: W. M.O., Symposium on urban climates and building climatology. Brussels, October 1968.
3. DETWYLER, T. & MARCUS, M.G. *Urbanization and environments: the physical Geography of city*. Belmont, California, Duxbury, 1972.
4. EVANS, B.H. *Natural air flow around building*. Texas Engineering Experiment Station. 1957.
5. FRISKEN, W.R. *The atmospheric environment*. Published by resources for the future. Baltimore. Inc. The Johns Hopkins University Press, 1973. 68 p.
6. Mc BOYLE, G.R. *Climate in review*. Boston, Houghton Mifflin Company. 1973. 314 p.
7. MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA. *Manual de Meteorologia para pilotos*. Rio de Janeiro, Diretoria de Rotas Aéreas, M.A., 1966.
8. MONTEIRO, C.A. de F. *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo, Instituto

- de Geografia da USP, 1976. Série Teses e Monografias 25.
9. PETERSON, J.T. *The climate of cities: a survey of recent literature*. Raleigh, N.C., U.S. Department of Health, Education and Welfare, North Carolina, Public Health Service, 1968. 38 p.
  10. REED, R.H. *Natural ventilation*. College Station, Texas Engineering Station, 1970. 5 p. Reprint 81.
  11. SARTORI, M.G.B. *O Clima de Santa Maria: do regional ao urbano*. Dissertação de Mestrado, Dep. de Geografia da Fac. de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979. 169 p.

Recebido em outubro, 1984; aceito em novembro, 1984.