

# RUPTURA NO REGIME DE VENTOS PREDOMINANTES. BREVE EPISÓDIO REPRESENTATIVO DO FATO CLIMÁTICO DE PRIMAVERA DE 1996.

Francisco Vecchia, Especialista em Arquitetura BioAmbiental (PUC Curitiba-PR), Mestre em Arquitetura: Tecnologia do Ambiente Construído Escola de Engenharia de São Carlos-EESC USP, Doutor em Ciências: Geografia Física, Faculdade Filosofia, Letras e Ciências Humanas-FFLCH USP.

Escola de Engenharia de São Carlos (USP), Assistente (docente)

Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - Centro (Campus de São Carlos-USP)

CEP: 13.560.500 - SÃO CARLOS-SP

(016) 274-3444; ramal 3742 e 9230 (Laboratório de Construção Civil)

**E-MAIL** [fvecchia@sc.usp.br](mailto:fvecchia@sc.usp.br)

## RESUMO

O presente trabalho procura discutir o processo de formação do regime de ventos predominantes através da abordagem dinâmica do clima. Adotamos, por motivos óbvios, a região de São Carlos-SP como objeto de estudo. Utilizamos uma estação meteorológica automática equipada com "datalogger" CR10, "Campbell Scientific Inc.", utilizando diferentes sensores e fabricantes para o registro dos dados climáticos, com apoio da "GHF Ambiental" de São Paulo.

Para isso, conforme permite a abordagem dinâmica, definimos um "episódio representativo do fato climático" (que poderia ser traduzido como período típico ou crítico) composto por apenas dois dias de análise, tomados em setembro, situação transicional inverno-verão. Dessa forma, foi possível evidenciar a ruptura que ocorre no regime de ventos predominantes, devido aos mecanismos da circulação atmosférica regional.

## ABSTRACT

This paper intends to discuss the process of prevailing winds based on the dynamic climatology approach. Sao Carlos City was selected as the research base because of proximity with the only automatic weather station available at this time. The meteorological data were measured on a CR10 datalogger, manufactured by "Campbell Scientific Inc." and integrated the technicians of GHF Ambiental from São Paulo City, In order to create a consistent data base for further data processing and modelling, different atmospheric sensors and control devices were connected to the CR10 datalogger to collect the climate data and convert it in engineering units. Concerning the dynamic approach we defined a "typical sequence of days that represents the local climate" based on the analysis of only two days of September 1996. Those days represent a transactional situation between "winter-to-summer". Therefore, it was possible to note the evident rupture that happens in prevailing winds, caused by changes in the atmospheric regional circulation mechanism.

## INTRODUÇÃO

O episódio representativo de setembro, a seguir, registrado em São Carlos (22° 01' Lat. Sul, 47° 53' Longitude Oeste, com cotas altimétricas em torno de 950m) procura descrever não só as condições climáticas reinantes nos períodos de avanço de massas polares, mas a sua aplicação direta no campo do Ambiente Construído, evidenciando o comportamento e o ritmo do regime de ventos. Fato que é particularmente importante para o Conforto Humano e para o processo de planejamento dos espaços interiores e exteriores.

Para o Conforto isto é fundamental na definição de implantação e orientação das edificações e dos espaços urbanos, assim como para orientação de fachadas, dimensionamento de aberturas dos ambientes interiores, etc., para o adequado aproveitamento do fluxo de ventos.

No campo do arranjo urbano, o conhecimento do regime de ventos e de seus momentos de maior intensidade e velocidade aplica-se na definição de "barreiras de proteção", melhor disposição dos edifícios e áreas. A descrição desse episódio de primavera tem por objetivo demonstrar a aplicação da abordagem dinâmica ao campo do Ambiente Construído, assim como do ritmo climático utilizado para definir "períodos típicos para o Conforto Humano", através da definição de episódios representativos do fato climático.

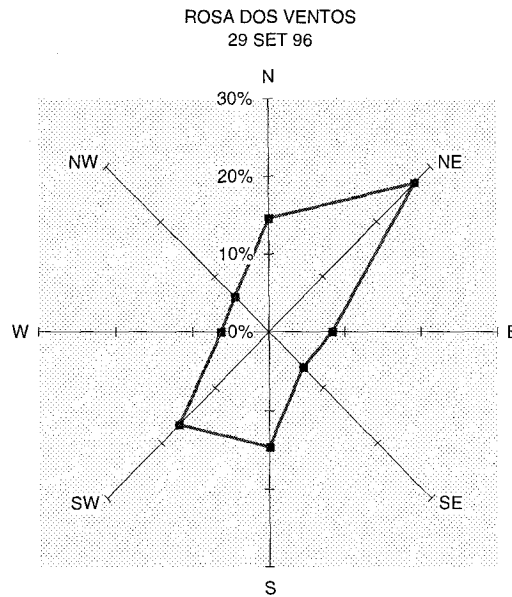


## DESCRIÇÃO DO EPISÓDIO ESCOLHIDO

Dia 29 de setembro de 1996. Descrição da Circulação atmosférica. Avanço da massa Polar Atlântica. Segundo a Meteoromarinha de 1<sup>a</sup> de outubro de 1996 (Carta de Pressão à Superfície). Fase de avanço da massa Polar. Segundo o resumo descritivo do tempo no Atlântico Sul, Análise de 011200 HMG, com frente fria em 45S 53W e 39S 54W, movendo-se com 10 a 15 nós para Leste-E. Registra-se anticiclone 1030HPA em 35S 20W.

A “rosa dos ventos” a seguir, nas *figuras 01 e 02*, permite identificar uma ruptura na direção dos ventos, uma vez que evidencia duas direções predominantes antagônicas, que ocorrem sob condições distintas da circulação atmosférica, a primeira refere-se aos ventos dominantes de NE, característica da fase de prenúncio da frente Polar.

A outra direção é típica da fase de avanço da massa Polar Atlântica e refere-se aos ventos de SW, quando a frente fria caminha em direção à região de São Carlos, local das observações realizadas neste episódio. Disso decorre o indício de que deve ocorrer a penetração de frente polar sobre essa região, o que de fato aconteceu nesse 29 de setembro de 1996, por volta das 14 horas.

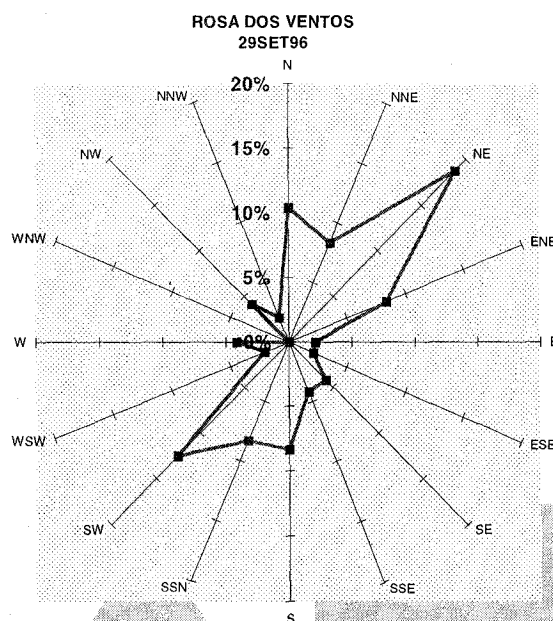


*Figura 1 - Gráfico da “Rosa dos ventos” contendo os pontos cardiais e colaterais, para o dia 29 de setembro de 1996. Fase de avanço da massa Polar. Nessa escala nota-se perfeitamente a hegemonia dos ventos de NE, seguido dos ventos de SW.*

A figura acima não permite saber quando ocorreram essas configurações da direção dos ventos, apenas serve para ilustrar e evidenciar as tendências da frequência de ocorrência. Para análise mais apurada devemos traçar a “rosa dos ventos” contendo os pontos colaterais das frequências de ocorrência para melhor resolução do estudo.

A ocorrência dos ventos de SW é forte indicativo da fase de prenúncio que se aproxima, com penetração de frente fria, no avanço, sobre a região de São Carlos-SP.

Para confirmar a importância desses indicativos na alteração no regime de ventos dominantes, pode-se lançar mão de outros mecanismos de análise, tais como a verificação das velocidades do vento, associadas com a direção em que ocorreram, definindo-se inclusive os intervalos de observação.



*Figura 2 - “Rosa dos Ventos” do dia 29 de setembro de 1996, fase de avanço da massa Polar sobre a região. O gráfico introduz os pontos sub-colaterais, o que obriga uma disposição diferente que a anterior, de caráter mais genérico.*

*A figura 03 ilustra e evidencia mais rigorosamente e com maior resolução e representatividade a direção dos ventos predominantes, desse dia, com as frequências de ocorrência para um maior número de pontos.*

Inserimos, para ilustração, na obtenção de melhor análise e evidência do fato climático, o gráfico das frequências de ocorrência incluindo os pontos sub-colaterais, para melhor resolução de análise do regime de ventos predominantes. Pode-se verificar que ocorre fluxo de ventos em quase todas as direções, outra evidência de alterações na circulação atmosférica e forte indicativo da penetração de frente fria.

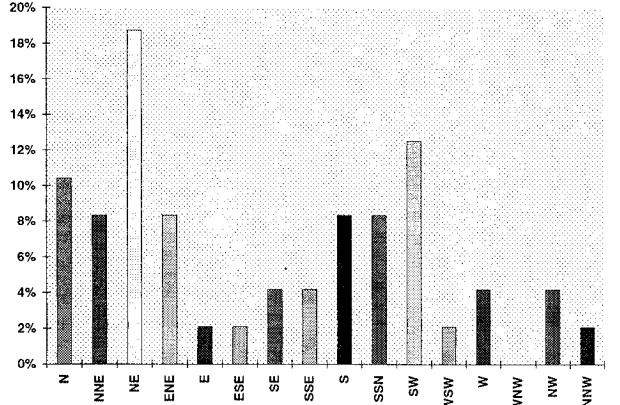
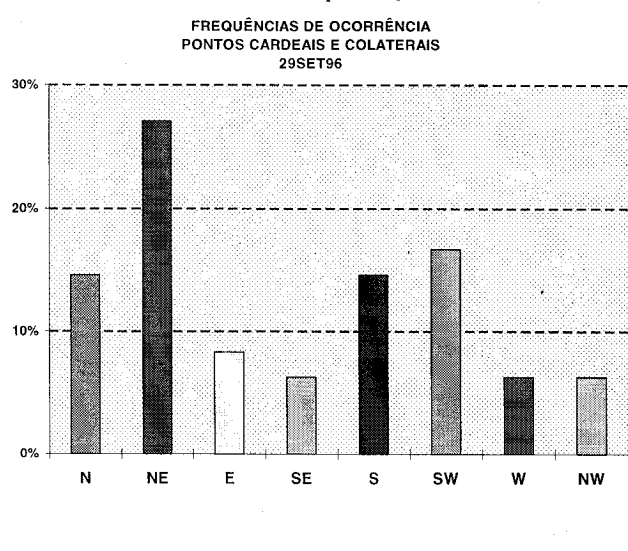
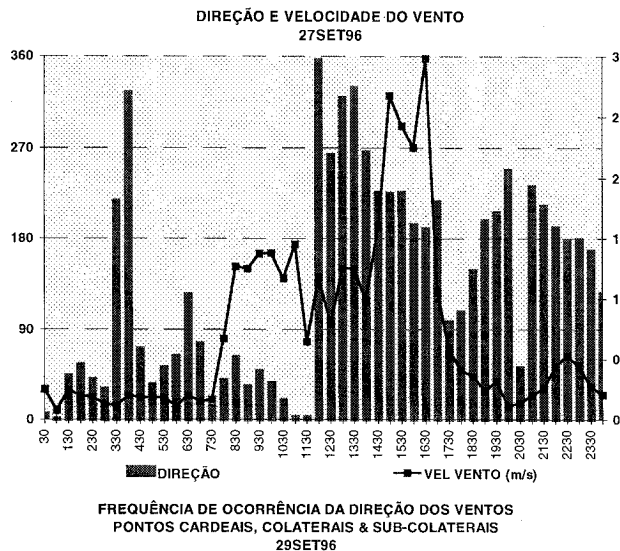


Figura 3 - Gráfico da direção e velocidade dos ventos, ilustrados em intervalos de meia hora, para o dia 29 de setembro de 1999, fase de avanço da frente.

Figura 4 - Gráfico das frequências de ocorrência relativos aos pontos cardeais e colaterais, registrado com melhor resolução do que o gráfico da figura ao lado.

Figura 5 - Gráfico de 29 de setembro de 1996, fase de avanço. Pelo gráfico pode-se perceber as inúmeras alterações no sentido dos ventos dominantes, com evidente hegemonia dos ventos de NE e dos ventos de SW.

O gráfico ao lado, figura 05 (à esquerda), permite melhor precisão de análise, se comparado com o da anterior. No entanto, é evidente que a circulação atmosférica encontra-se em fase de transformação, conforme observa-se pelos indicativos que, habitualmente, alertam para esses processos de modificação das condições atmosféricas.

Praticamente todas as direções apresentaram alguma frequência de ocorrência, mesmo que com reduzida grandeza. Evidentes, porém, os ventos de NE e os ventos SW, que demonstram a alteração dos estados atmosféricos, anunciando a fase de avanço de uma massa Polar Atlântica.

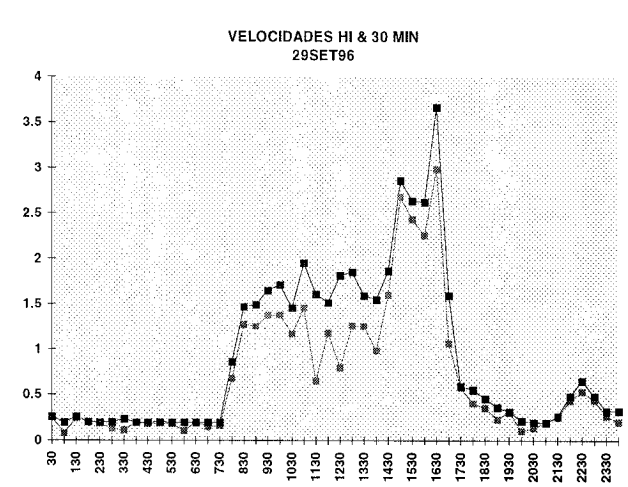
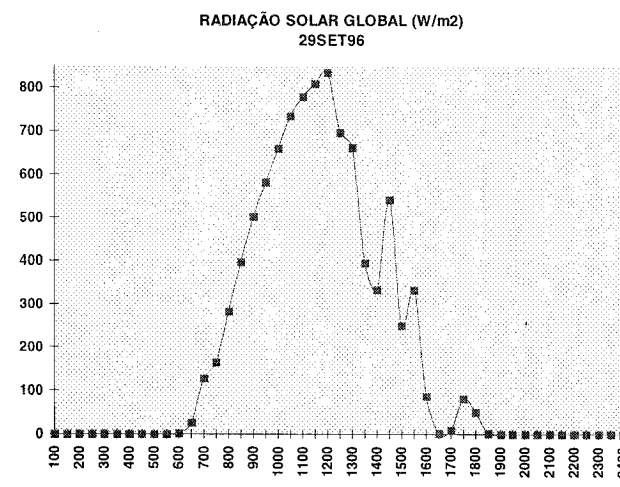


Figura 6 - Gráfico da radiação solar global do dia 29 de setembro de 1996. Avanço da massa Polar. A evidente ruptura nos valores da radiação a partir das 12 horas demonstra a formação de nuvens, apesar do começo da manhã ter se apresentado nublada, conforme indica nossa "agenda de campo", que contém as observações diárias de acompanhamento visual dos estados atmosféricos.

Figura 7 - Dia 29 de setembro de 96. Fase de avanço. Gráfico comparativo das velocidades registradas em intervalos de meia hora com as velocidades máximas instantâneas registradas durante o período. Nesse dia houve registro de rajadas que atingiram cerca de 80 km/h, segundo o CRHEA USP.

A frente fria penetrou com maior vigor entre 12 e 14 horas, conforme nossos registros da "agenda de campo"<sup>1</sup>, com formação de nebulosidade vinda da direção Sudoeste-SW. As chuvas que se seguiram por volta da 16 horas tiveram curta duração e foram "caudalosas". Não temos os registros da pluviosidade. Nosso pluviômetro somente foi adquirido no início de 1997.

Anunciados os sintomas na variação do regime de ventos dominantes, passaremos, a seguir, à análise do dia 1º de outubro de 1996, quando a atmosfera encontra-se sob a regência da massa Polar Atlântica, na fase de domínio. Nessa etapa Pós-Frontal, concluímos em função dos diversos episódios anteriormente, analisados, que devem surgir os ventos de SE, carregados de umidade e dependendo do vigor da massa Polar, provocando severo stress térmico de frio-úmido.

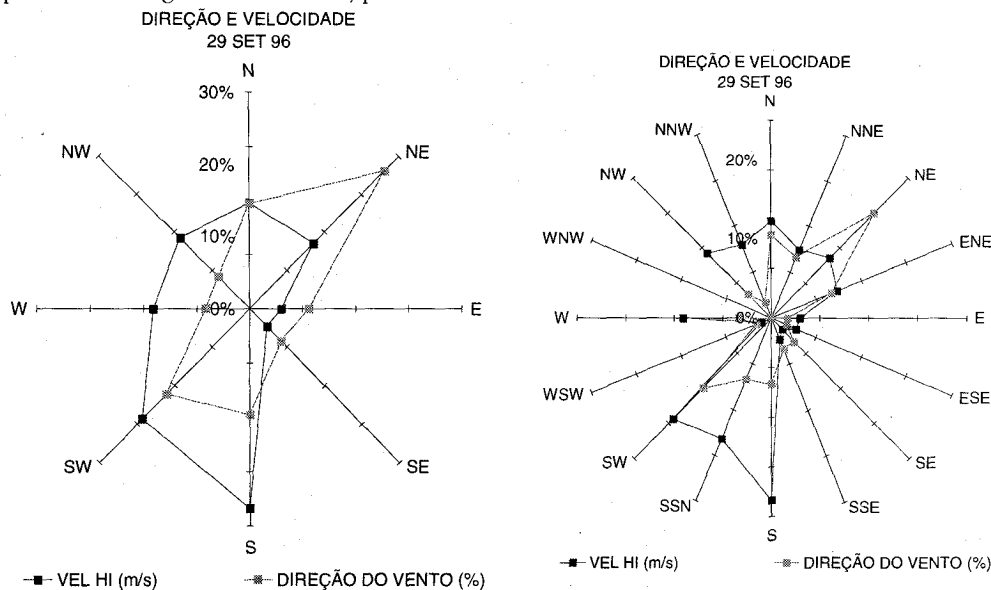


Figura 8 - As figuras acima representam, com menos e maior resolução de análise, a frequência de ocorrência dos ventos predominantes e as suas respectivas direções e velocidades máximas instantâneas, registradas por intervalo de tempo de 30 minutos. Dia 29 de setembro de 1996, fase de avanço da massa Polar Atlântica.

### DIA 1º DE OUTUBRO DE 96

Descrição Circulação atmosférica. Domínio da massa Polar Atlântica. Meteoromarinha. Carta de Pressão à Superfície de 1º de outubro de 1996. Fase de domínio da massa Polar Atlântica. Segundo o resumo descritivo do tempo no Atlântico Sul, Análise de 011200 HMG, configura-se uma frente fria sobre Bahia Blanca, estendendo-se para Sudeste-SE e movendo-se com 10 nós para Sudeste-SE. Alta 1032HPA localizada em 38S 38E.

A figura 10, a seguir, evidencia a frequência de ocorrência dos ventos predominantes, na fase de domínio da massa Polar Atlântica, com resolução evidenciando a tendência geral da direção dos vento, tomados em intervalos de 30 minutos. Comprova-se a atuação dos ventos de SE, rompendo com a hegemonia dos ventos de NE, fato evidente nas penetrações de frentes frias sobre a região. Os ventos de SE, ainda, podem ocorrer quando a frente desvia-se para o oceano, porém, com avanço do anticiclone Polar aproximando-se de nossa região. São os casos em que o ramo continental da Frente Polar Atlântica atinge a região de São Carlos-SP de forma dissipada.

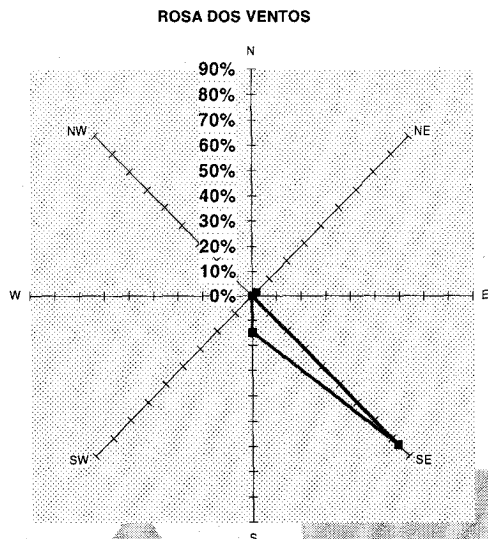
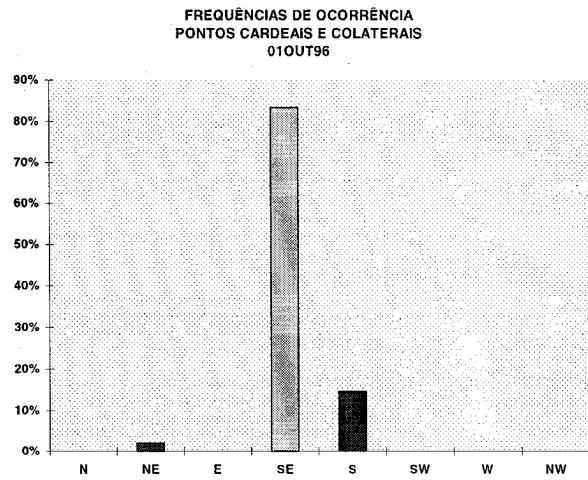
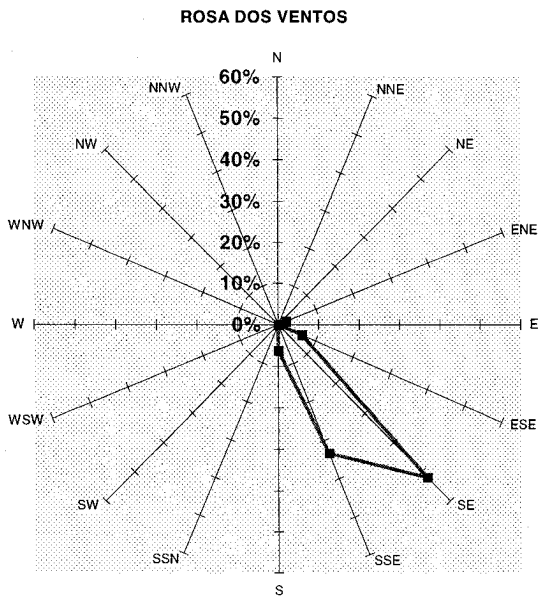


Figura 9 - Dia 1º de outubro de 1996, fase de domínio da massa Polar Atlântica. O gráfico com menor resolução de análise evidencia habitual tendência de hegemonia dos ventos de SE.

Para melhor configurar a situação de evidente ruptura no regime de ventos predominantes, peculiar dessa fase de domínio, incluímos os gráficos a seguir, *figuras 11 e 12*, que auxiliam na comprovação das hipóteses formuladas. Acrescentamos aos gráficos da distribuição da frequência de ocorrência e a rosa dos ventos contendo os pontos colaterais e um segundo, contendo os sub-colaterais (*figura 14*) para aumentar a resolução e a representatividade da análise desse episódio.

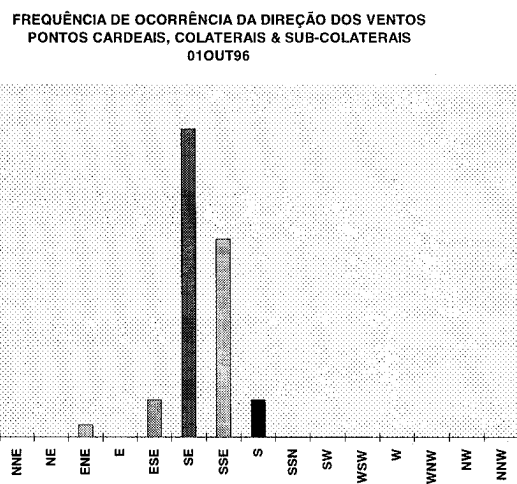
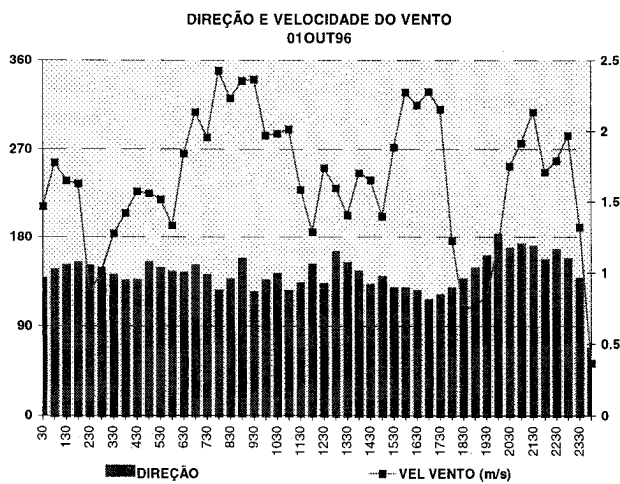


**Figura 10 - Rosa dos ventos relativa ao dia 1º de outubro de 1996, fase de domínio. Análise da distribuição de frequência de ocorrência, pontos cardeais, colaterais e sub-colaterais.**

**Figura 11 - Distribuição da frequência de ocorrência, dia 1º de outubro de 1996, domínio da massa Polar Atlântica, pontos cardeais e colaterais.**

Mesmo considerando esta melhor resolução nota-se ainda a predominância dos ventos do quadrante Leste-Sul, com hegemonia dos ventos de SE (52%) e ventos de SSE (33%). Fato que comprova a nossa hipótese de ruptura do regime de ventos após a penetração da massa Polar sobre a região.

Essa frequência de ocorrência aumenta a resolução da análise pois representa com mais detalhe e precisão as variações que a direção do fluxo de ventos assumiu ao longo do tempo. Para aplicação em definições de anteprojetado e de análise de desempenho térmico bastam as tendências que são apontadas no gráfico contendo os pontos cardeais e colaterais, assim como na avaliação da configuração espacial. Na medida em que seja preciso melhor resolução de análise e/ou se adotem modelos quantitativos de grande precisão, deve-se utilizar o gráfico das frequências contendo os pontos sub-colaterais.

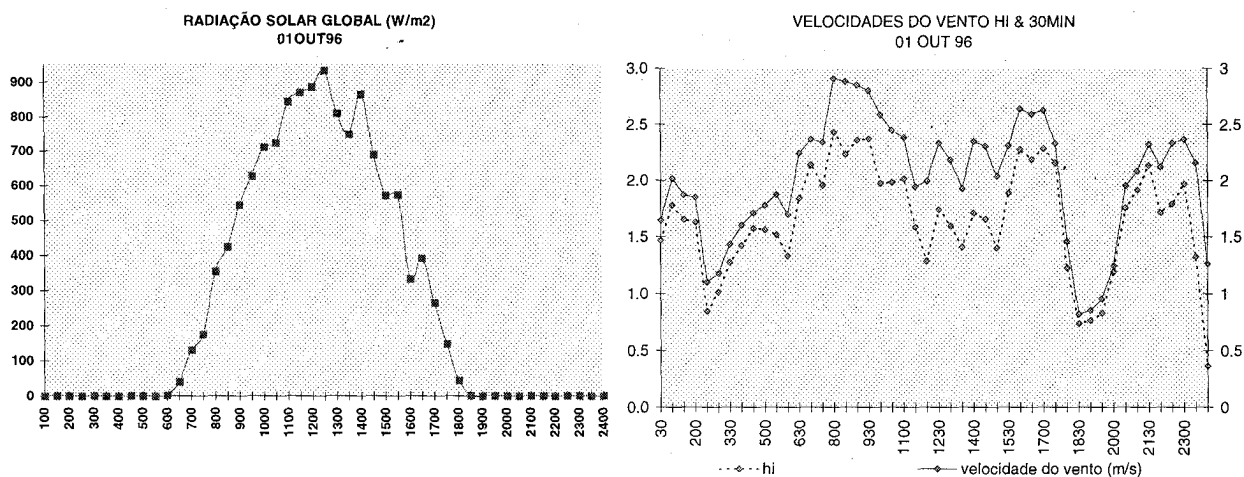


**Figura 12 - Dia 1º de outubro de 1996, domínio da massa Polar. Gráfico da direção e velocidade dos ventos evidenciando maiores valores para as velocidades em relação ao dia 29 de setembro, mais “calmo”.**

**Figura 13 - Dia 1º de outubro de 1996, distribuição da frequência através dos pontos cardeais e colaterais. O gráfico ilustra a hegemonia dos ventos de SE e SSE, peculiares da fase de domínio da massa Polar Atlântica.**

Além disso, a ação do vento sobre as fachadas e aberturas sugere adequada vedação do sistema de caixilharia adotada, para evitar a penetração de fluxos de ventos através de frestas, causando o efeito "wind chill" e agravando a sensação de desconforto no interior das edificações.

No domínio da massa Polar Atlântica, a ação da radiação solar sobre as superfícies tende a elevar a temperatura do ar, porém, a sua atuação depende da nebulosidade. Quanto menor a nebulosidade, maior será a velocidade de tropicalização da massa fria, conforme demonstra a *figura 14*, à esquerda, que evidencia a penetração da radiação.



**Figura 14 - Dia 1º de outubro de 1996.**

*Nessa fase de domínio, a ausência de nebulosidade é fundamental para o processo de tropicalização da massa Polar. O gráfico acima evidencia a significativa atuação da radiação e poucos efeitos da nebulosidade.*

**Figura 15 - Dia 1º de outubro de 1996.**

*Nessa fase de domínio da massa polar verifica-se um sensível aumento nos registros da velocidade do vento, incluindo o período noturno, marcado na fase anterior por reduzidos valores de velocidade nesse período.*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A descrição da ruptura do regime de ventos predominantes através de reduzidos episódios é possível desde que se conheça os mecanismos da circulação atmosférica que atuam sobre uma dada região. É necessário um acompanhamento através de imagens de satélite (IV) ou de cartas de pressão à superfície (Meteoromarinhas). Os dados climáticos de superfície complementam a análise das condições climáticas permitindo o entendimento de diferentes fenômenos relacionados com o Ambiente Construído. É possível analisar o desempenho térmico de envoltivos de edificações, assim como de áreas urbanas.

O episódio exemplificado sobre a ruptura do regime de ventos se aplica ao zoneamento urbano e às medidas de proteção em relação a ação de rajadas de ventos. Da mesma forma, pode ser utilizado na otimização de orientação de fachadas e aberturas destinadas à ventilação natural por efeito mecânico do fluxo de ar. Além dessas, existem inúmeras aplicações da abordagem dinâmica do clima, principalmente em situações aonde são necessárias análises e investigações de ambientes com reduzido tempo de observação. A dinâmica do acelerado crescimento urbano pode ser uma razoável justificativa para a adoção dos episódios representativos do fato climático, conforme procura demonstrar a análise deste episódio.

<sup>1</sup> A "agenda de campo" é composta por anotações decorrentes das observações diárias, elaboradas de forma sistemática, das principais ocorrências no tempo atmosférico. Basicamente, observa-se a nebulosidade e o seu comportamento ao longo do dia, as variações da direção do vento, a ocorrência de rajadas (não registradas por nossos equipamentos), o processo de entradas de frentes com chuvas, os tipos de chuvas, a formação e a localização das nuvens, etc..

Essas observações são depois confrontadas com as imagens de satélite METEOSAT do INPE, com as Cartas de Pressão à Superfície, as Meteoromarinhas, do DNH da Marinha Brasileira, e relacionadas com os dados de superfície obtidos em nossa estação meteorológica automática, "CR10-Campbell Scientific", adquirida para essa finalidade e aplicada ao estudo de modelos construtivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONTI, J. B. - A circulação secundária e o efeito orográfico na gênese das chuvas na Região Lesnordeste Paulista. São Paulo, IGEOG USP, Séries e Monografias No.18, Depto. de Geografia, FFLCH USP, 1975.
- ESCOURROU, Gisèle - Climat et environnement: les facteurs locaux du climat. Paris, Masson S.A., 1981. (Collection Géographie).
- MONTEIRO, Carlos Augusto de F. - Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. Algumas considerações metodológicas a propósito do Brasil Meridional. Revista Geográfica, XXXI(57): 29-44, Rio de Janeiro, IPGH, 1962.
- \_\_\_\_\_. - A dinâmica climática e as chuvas de inverno na fachada Sul Oriental do Brasil: estudo geográfico sob forma de Atlas. São Paulo, Instituto de Geografia-IGEOG USP, 1973. 129p.
- \_\_\_\_\_. - O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. São Paulo, Instituto de Geografia-IGEOG USP, Séries e Monografias nº 28, 1976. 54p.
- VECCHIA, Francisco - Clima e Ambiente Construído. A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano. São Paulo, FFLCH USP, 1997 489p. /Tese Doutorado.

