



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES/AUTHORS  
CIRCULAÇÕES LOCAIS  
BRISA MARÍTIMA-TERRESTRE  
CIRCULAÇÃO VALE-MONTANHA

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Marcos Antonio Raupp  
Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL  
RESPONSIBLE AUTHOR

*Franchito*  
Sergio H. Franchito

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

*Frakki*  
Frakki Satyamurty

CDU/UDC

551.584.2

DATA / DATE

Agosto 1988

|                    |  |
|--------------------|--|
| TÍTULO/TITLE       | PUBLICAÇÃO Nº<br>PUBLICACION NO<br>INPE-4660-PRE/1363                          |
|                    | UMA REVISÃO GERAL SOBRE AS CIRCULAÇÕES LOCAIS E SEUS EFEITOS NO CLIMA REGIONAL |
| AUTORES/AUTHORSHIP | Sergio H. Franchito<br>Iracema Fonseca de A. Cavalcanti                        |

ORIGEM  
ORIGIN

CPT

PROJETO  
PROJECT

PRECLI

Nº DE PAG.  
NO OF PAGES

34

ULTIMA PAG.  
LAST PAGE

31

VERSÃO  
VERSION

Nº DE MAPAS  
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Apresenta-se uma revisão das circulações locais, com ênfase das mesmas no clima regional. É feita uma discussão geral das características das brisas marítima-terrestre e da sua interação com o escoamento médio, levando-se em conta vários estudos realizados, tanto observacionais como de simulação numérica. Estes estudos mostram importância destas circulações no clima regional, não só devido ao escoamento de ar característico como pela precipitação associada. São discutidos, também aspectos teóricos e observacionais referentes às circulações vale-montanha, que são responsáveis por grande parte da precipitação que ocorre em regiões situadas em um vale.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

A ser submetido na Revista Ciência e Cultura.

UMA REVISÃO GERAL SOBRE AS CIRCULAÇÕES LOCAIS E SEUS EFEITOS  
NO CLIMA REGIONAL

Sergio H. Franchito

Iracema Fonseca de A. Cavalcanti

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC

C.P. 515 - 12201 - São José dos Campos - SP

## Abstract

A review of the local circulations with emphasis on their influence on the regional climate is presented. The general characteristics of the land-sea breezes and their interaction with the mean flow, considering both observational and numerical aspects, are also presented. These circulations have important effects on the regional climate not only because of the characteristic modulations of the air flow as well as the precipitation caused by them. The observational and theoretical aspects of the valley-mountain circulations, which are responsible for much of the precipitation occurring in a valley are discussed.

**Title: A REVIEW OF THE LOCAL CIRCULATIONS AND THEIR  
INFLUENCE ON THE REGIONAL CLIMATE**

## Resumo

Apresenta-se uma revisão das circulações locais, com ênfase destas no clima regional. É feita uma discussão geral das características das brisas marítima-terrestre e da sua interação com o escoamento médio, levando-se em conta vários estudos realizados, tanto observacionais como de simulação numérica. Estes estudos mostram importância destas circulações no clima regional, não só devido ao escoamento de ar característico como pela precipitação associada. São discutidos, também aspectos teóricos e observacionais referentes às circulações vale-montanha, que são responsáveis por grande parte da precipitação que ocorre em regiões situadas em um vale.

## 1. Introdução

As circulações locais, tais como as brisas marítima-terrestre e os ventos de vale-montanha, são circulações de mesoescala. Ambas são causadas pela diferença de temperatura entre o ar sobre o continente e o ar sobre o oceano, no caso das brisas (1) e entre pontos à mesma altura, mas as diferentes distâncias da superfície da terra, para a circulação vale-montanha (2). Estas circulações locais ocorrem quase todos os dias, mudando apenas de sentido do dia para a noite, podendo variar em intensidade devido a vários fatores, tais como interação com o escoamento médio (3, 4), influência de sistemas de escala sinótica (5) entre outros.

As circulações locais influenciam o clima da região em que atuam, não só pelo escoamento de ar característico como pela precipitação a ela associada. Isto é sugerido por vários estudos, (5, 6, 7). O objetivo deste trabalho consiste em fazer uma revisão geral de vários aspectos relevantes das circulações locais, com a ênfase destas no clima regional. Tais aspectos envolvem uma descrição geral das características destas circulações, discussão dos fatores locais que as influenciam, e os

efeitos destas circulações no clima regional. Na Seção seguinte são apresentadas uma discussão geral da brisa marítima-terrestre, e a sua interação com o vento médio. A seção III destaca o aspecto observacional e a formação de nebulosidade associada a circulação da brisa marítima e na seção IV é discutida a circulação de vale-montanha.

## 2. Brisa Marítima e Terrestre

### 2.1 - Descrição Geral

As circulações locais induzidas pela diferença de temperatura entre o oceano e o continente são denominadas brisas marítima e terrestre. Durante o dia, a terra está relativamente mais quente e o oceano mais frio, causando um aumento da espessura das superfícies isobáricas sobre a terra e assim criando uma inclinação das superfícies de pressão, nos níveis mais altos, da terra para o oceano. Desta forma, nesses níveis, devido ao gradiente horizontal de pressão, o ar é acelerado do continente para o oceano, ocorrendo, então, uma região de convergência sobre o oceano e outra de divergência sobre o continente. Isto ocasiona um aumento da pressão de superfície sobre o oceano e uma diminuição da mesma sobre o continente. Desta forma, nos

níveis próximos à superfície, a força gradiente de pressão acelera o ar marítimo no sentido do continente, havendo ascensão de ar sobre o mesmo, e acima um escoamento de retorno, com movimento subsidente sobre o oceano. Esta circulação é chamada de brisa marítima. À noite, a situação é oposta, pois o continente está relativamente mais frio e o oceano mais quente, ocorrendo, então, a circulação da brisa terrestre. A Fig. 2.1, extraída do trabalho de Franchito e Yamazaki (4), ilustra a circulação da brisa desenvolvida após seis (6) horas de seu início para o caso de escoamento médio nulo: nos níveis próximos à superfície (abaixo de 750 m), o vento sopra no sentido do continente, penetrando cerca de 30 km sobre o mesmo, com velocidades mais fortes em torno de  $4,5 \text{ ms}^{-1}$ . Acima, há o escoamento de retorno, que é mais fraco (os ventos mais fortes são de aproximadamente  $2,0 \text{ ms}^{-1}$ ), ocorrendo numa extensão vertical maior (de 800 a 2100 m).

---

FIG. 2.1

---

Descrições qualitativas da brisa marítima-terrestre foram feitas por Wexler (1) e Defant (8). Um breve resumo é dado a seguir. Quando o escoamento de grande escala é fraco, a brisa marítima desenvolve-se como uma pequena circulação confinada às vizinhanças da linha da costa. Esta circulação aumenta gradualmente em profundidade e extensão

horizontal nas direções do continente e do oceano. Na situação de escoamento dominante de grande escala, dirigido do continente para o oceano, a brisa marítima inicia seu desenvolvimento sobre o oceano, avança mais lentamente sobre o continente, e chega atrasada à costa, no período da tarde, com característica de frente fria, tais como mudança na direção do vento, queda de temperatura e aumento de umidade relativa. A penetração da brisa marítima sobre o continente depende do contraste térmico continente-oceano e da situação sinótica. Sob condições ideais, algumas vezes pode alcançar 30-50 km em latitudes médias, e, em regiões tropicais, 100-200 km. A profundidade atingida é de algumas centenas de metros em latitudes médias, e em torno de 1 km nos trópicos, chegando ocasionalmente a 2 km. As velocidades horizontais médias são de  $5 \text{ ms}^{-1}$  em latitudes médias, enquanto que na faixa tropical são em torno de  $7 \text{ ms}^{-1}$ . Na vertical, as velocidades chegam a atingir a ordem de  $20 \text{ cm s}^{-1}$ .

A intensidade da brisa é modificada por fatores locais, tais como linha de costa, topografia, rugosidade da superfície e vegetação (2). Quando a costa é côncava, a brisa marítima sofre difluência ao penetrar no continente, o que contribui para a diminuição da convergência. No caso da costa ser convexa, há confluência, aumentando a convergência da brisa marítima e favorecendo o levantamento de ar sobre a terra (para a brisa terrestre

ocorre o oposto). A presença de montanhas na região favorece o levantamento acentuado do ar úmido associado à brisa marítima. O efeito da rugosidade da superfície é o de diminuir a velocidade do vento quando a brisa atinge o continente, estabelecendo uma região de convergência e facilitando o levantamento de ar. Em um solo coberto por vegetação, o contraste térmico continente-oceano é menor que em um solo nú, de forma que a intensidade da brisa é menor.

A circulação da brisa tem sido estudada extensivamente por vários pesquisadores (9, 10, 11), que contribuíram enormemente para o estabelecimento da teoria desta circulação. O trabalho de Estoque (3) foi um dos primeiros esforços de integrar numericamente um modelo não-linear para o estudo da brisa, considerando as quantidade de calor fornecida pela superfície à atmosfera e as condições sinóticas dominantes. Outros modelos lineares e não-lineares foram desenvolvidos (12, 13, 14, 15) proporcionando informações quantitativas de grande importância no sentido de entender o desenvolvimento da circulação.

Nas faixas tropical e sub-tropical, a brisa marítima desempenha importante papel no sentido de amenizar as altas temperaturas que lá existem e transportar umidade do oceano continente a dentro, influenciando na precipitação

e clima destas regiões (5). No caso do Brasil, todo o seu litoral sofre a influência da circulação de brisa. Por exemplo, a precipitação média mensal na região costeira do N-NE do Brasil parece estar relacionada com as variações sazonais da brisa. Kousky (7) mostrou que a brisa terrestre tem papel importante na ocorrência de precipitação nas regiões ao longo da costa leste brasileira. Como mostra a Fig. 2.2, a intensidade da brisa terrestre, dada pela diferença entre a temperatura da superfície do oceano e a temperatura média do ar, é maior nas estações chuvosas (outono e inverno). Isto concorda com os resultados obtidos por Franchito e Kousky (16), através de um modelo numérico. De acordo com a Fig. 2.3, dos meses simulados, os que apresentam maior intensidade da brisa terrestre são maio e junho (nos quais a precipitação também é maior, segundo a Fig. 2.2), e novembro é o mês em que esta circulação é mais fraca (coincidindo com o mês de menor precipitação, conforme a Fig. 2.2).

---

FIG. 2.2

---

---

FIG. 2.3

---

Um dos efeitos principais da circulação da brisa nas latitudes tropicais e sub-tropicais é a organização da convecção em cumulonimbos. No litoral N-NE do Brasil, por exemplo, verifica-se o desenvolvimento de uma linha de cumulonimbos ao longo da brisa marítima, a qual é responsável por uma grande quantidade de precipitação. Quando os cumulonimbos estão bem desenvolvidos, a linha de atividade convectiva a eles associada pode se propagar continente a dentro como uma linha de instabilidade (7). Isto é mostrado na Fig. 2.4. Assim, não só nas regiões litorâneas mas também naquelas situadas mais para o interior do continente ocorre precipitação associada com a brisa marítima.

---

FIG. 2.4

---

A circulação da brisa tem papel importante no que diz respeito ao transporte de poluentes. Anthes (17), utilizando um modelo numérico, notou significativa recirculação de poluentes da camada de mistura, de dias anteriores, na direção do mar. Também observou que poluentes podiam entrar na circulação de retorno através do ramo ascendente da brisa, e ainda, que poluentes que estavam fora da região costeira podiam retornar à circulação. Este papel da brisa de transportar poluentes torna-se relevante ao se

considerar que grandes centros industriais frequentemente se localizam próximo às regiões costeiras.

## 2.2 - Interação da Brisa com o Escoamento Médio

É fato conhecido que a circulação da brisa é modificada por fatores locais e pelo escoamento dos ventos dominantes de grande escala. A influência dos ventos alísios na brisa do mar foi estabelecida por Riehl (18) para a América Central. Foi observado um aumento gradativo na velocidade do vento, durante o dia, nas regiões onde a brisa marítima e os ventos alísios sopravam no mesmo sentido, e um retardamento na penetração da brisa continente a dentro, onde há contraposição com os alísios. Kousky (7), relacionando as variações sazonais do escoamento médio com a circulação da brisa, através da precipitação a ela associada, para a região N-NE do Brasil, sugere que podem ser encontradas variações diárias na circulação local se existirem mudanças diárias nos ventos alísios. As análises realizadas neste trabalho indicam um máximo noturno de precipitação na faixa costeira desta região, resultante de uma zona de convergência formada pela brisa terrestre e os alísios, os quais sopram para dentro da costa, de janeiro a abril. Esta zona é ausente no período de maio a setembro, quando os alísios são paralelos à costa. Com relação à brisa

marítima, seu avanço é mais lento quando não há escoamento na direção da costa, o que concorda com a precipitação em horário posteriores à aqueles em que havia influência dos aliseos.

A contribuição dos ventos dominantes para os fortes movimentos verticais associados à brisa foi verificada através de um modelo numérico por Estoque (3). Franchito e Yamazaki (4), através de um modelo não-linear, estudando a circulação da brisa para a região N-NE do Brasil, notaram que a brisa marítima no caso de vento médio dirigido para o continente, torna-se mais fraca devido a advecção de ar marinho sobre a região continental, causada pelo escoamento médio. Contudo, devido à esta advecção, o ar marítimo penetra mais sobre o continente.

### 3. A Linha de Cumulonimbus Associada à Brisa Marítima

Através da análise de imagens de satélite para o período de 1975 a 1980, Cavalcanti (5) indicou que a circulação de escala sinótica é importante no desenvolvimento da linha de cumulonimbus na costa N-NE da América do Sul. Foi verificado que a convergência de grande escala, em baixos níveis, tem um papel fundamental neste

desenvolvimento. No estudo realizado verificou-se que a linha convectiva varia de posição na costa, acompanhando a variação latitudinal da Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT), a qual nos meses de verão e outono está mais ao sul e nos meses de inverno e primavera está mais ao norte.

Da mesma forma, a maior parte da linha convectiva associada à brisa ocorre ao sul do equador no verão e outono, e ao norte do equador no inverno e primavera, como mostra a Fig. 3.1. A frequência maior do desenvolvimento da linha de cumulonimbus ocorre nos meses de inverno do Hemisfério Sul, seguido dos de outono como mostra a Fig. 3.2. A mínima frequência ocorre nos meses de primavera e verão. Assim, a costa norte-nordeste do Brasil é afetada pela precipitação associada à circulação da brisa com maior frequência nos meses de outono, já que nesta época a maior parte da linha desenvolve-se ao sul do equador.

---

FIG. 3.1

---

---

FIG. 3.2

---

#### 4. - Circulação Vale-Montanha - Influência da Topografia na Circulação da Brisa

A circulação existente em uma região de vale e montanha deve-se à diferença de temperatura entre pontos à mesma altura, mas à diferentes distâncias da superfície da terra (2). À noite, o ar em contacto com a superfície de uma montanha resfria-se mais rapidamente que a atmosfera livre, gerando uma circulação denominada vento de montanha (19). O movimento subsidente associado com os ventos de montanha é confinado às proximidades da encosta, enquanto que o movimento ascendente compensador que é mais lento, ocorre sobre a superfície plana ou sobre a encosta no escoamento de retorno, à alturas mais elevadas. Estes movimentos, subsidente nas encostas e ascendente no centro do vale, possibilitam a ocorrência de precipitação, no final da noite, neste centro.

Durante o dia, o ar em contacto com a superfície da montanha está mais quente em relação à atmosfera livre, em um nível correspondente. Como consequência, surge uma força gradiente de pressão na direção da encosta, causando a circulação chamada vento do vale. (19). Esta circulação pode causar a formação de

nebulosidade e chuvas no topo da montanha no fim do dia, devido à elevação do ar aquecido nas encostas.

A associação da precipitação com os ventos vale-montanha tem sido apresentada em vários estudos (6, 7). Neste último, foi mostrado um máximo de precipitação no vale do rio São Francisco durante o período das 21:00 às 9:00 horas tempo local (TL), e um máximo em terrenos altos das 9:00 às 15:00 TL. Outro fato, relacionando a precipitação com os ventos vale-montanha é a ocorrência de tempestades noturnas na região oeste do continente americano, a qual foi associada com a presença de um jato em baixos níveis, cuja formação é relacionada com a circulação do tipo vale-montanha (20, 21, 22).

A circulação vale-montanha pode ser responsável pelo aparecimento de forte atividade convectiva no final da noite, como sugeriu Cavalcanti (5) ao analisar a forte convecção que ocorre na região da planície em que se encontra o Paraguai, a este da cordilheira dos Andes. Foi proposto que, à noite, devido ao gradiente de temperatura entre o ar na superfície da montanha e o ar sobre a planície, ocorre uma circulação local do tipo vale-montanha, com ascensão de ar sobre a planície. A formação de um jato em baixos níveis, na região de planície, associada aos

ventos vale-montanha e ao escoamento de grande escala, também contribui para o desenvolvimento da atividade convectiva observada.

Uma situação muito peculiar é a que ocorre na região do Vale do Paraíba, que se situa entre a Serra do do Mar, a leste, e a Serra da Mantiqueira, a oeste. Como esta região está bem próxima ao litoral (aproximadamente 80 km), além da influência dos ventos vale-montanha, também existe a atuação da circulação da brisa marítima. Quando o contraste de temperatura terra-mar estabelece a circulação da brisa marítima, o ar marinho penetrando no continente é forçado a subir a Serra do Mar. Na ascensão, este ar carregado de umidade se condensa no topo das montanhas, formando nebulosidade, que pode causar precipitação. Uma parte da circulação marítima penetra no vale, o que pode ser notado pela mudança na direção do vento. É frequente, também, a formação de nebulosidade sobre a Serra da Mantiqueira durante o dia (circulação do vale) devido à ascensão do ar. Com a ocorrência de precipitação no topo da Serra da Mantiqueira, o resultante resfriamento das encostas faz com que a circulação mude de sentido. Os ventos escoam na direção do vale, onde convergem com a circulação da brisa marítima que penetrou. A precipitação observada frequentemente no fim da tarde no Vale do Paraíba, especialmente em São José dos Campos, é associada com a

formação de nebulosidade causada pela ascensão de ar devido à convergência das duas circulações (brisa marítima e vale-montanha).

A influência da topografia na circulação da brisa foi estudada por Franchito e Yamazaki (4) para a região norte-nordeste do Brasil, através de um modelo numérico. Foi notado que a intensidade, profundidade e penetração da circulação aumentava quando havia presença da montanha devido ao efeito conjunto da brisa marítima com os ventos de vale, o que é mostrado na Fig. 3.3 em comparação com a Fig. 2.1.

---

FIG. 3.3

---

##### 5. Considerações Finais

Foram abordados vários aspectos das circulações locais, notadamente das brisas marítima e terrestre e dos ventos vale-montanha, dando-se ênfase à importância destas no clima regional. As brisas marítima e terrestre, por exemplo, têm relevante papel no clima das áreas litorâneas de toda a costa brasileira, não só pelo escoamento de ar característico, como pela precipitação a

ela associada. Na costa norte-nordeste do Brasil a brisa marítima organiza a convecção e uma linha de cumulonimbos, que pode propagar como uma linha de instabilidade continente a dentro. Desta forma, não só as áreas costeiras como, também, as situadas mais para o interior do continente, estão sujeitas à precipitação associada à brisa do mar. Assim, grande parte da precipitação da região norte-nordeste do Brasil pode ser relacionada com as circulações locais. As circulações vale-montanha também são importantes para o clima regional, contribuindo para a precipitação que ocorre em cidades situadas em um vale. Em um vale, próximo ao litoral há o efeito conjunto da brisa marítima e da circulação vale-montanha. As circulações locais também tem relevante papel no transporte de poluentes nos grandes centros industriais localizados próximos ao litoral.

## Legendas das Figuras

Fig. 2.1 - Brisa marítima-caso de vento médio nulo e topografia plana

- Seção vertical do vento  $u$  às 16:30h. Os valores negativos correspondem ao vento dirigido do oceano para o continente e os positivos à situação oposta [Fonte: Franchito e Yamazaki (4)]

Fig. 2.2 - Relação entre a intensidade da brisa terrestre e a precipitação média mensal na costa leste do Brasil

- Os blocos sólidos representam a precipitação média mensal (1961-1970) em Maceió, e a linha sólida a diferença entre a temperatura do oceano e a temperatura média do ar. [Fonte: Kousky (7)].

Fig. 2.3 - Variações sazonais das intensidades máximas das brisas marítima e terrestre.

- Caso de vento médio nulo e topografia plana. Os valores positivos representam a brisa terrestre e os negativos a brisa marítima. [Fonte: Franchito e Yamazaki (4)]

Fig. 2.4 - Esquema da nebulosidade da linha convectiva associada à brisa.

- A área hachuriada corresponde à nebulosidade da linha convectiva, mostrando a propagação desta linha para o interior. [Fonte: Cavalcanti (5)].

Fig. 3.1 - Localização da linha de cumulonimbus para o período de janeiro a dezembro.

- As áreas hachuriadas correspondem à linha de cumulonimbus e as áreas claras à nebulosidade da ZCIT (indicando nuvens) [Fonte: Cavalcanti (5)].

Fig. 3.2 - Frequência sazonal da linha de atividade convectiva para o período de 1975 a 1980.

- Não existem dados disponíveis para o período de setembro de 1978 a fevereiro de 1979 [Fonte: Cavalcanti (5)]

Fig. 3.3 - Brisa marítima-caso de vento médio nulo e topografia não-plana.

- Seção vertical do vento  $u$  às 16:30h. Os valores negativos correspondem ao vento dirigido do oceano para o continente e os positivos referem-se à situação oposta [Fonte: Franchito e Yamazaki (4)].

## Lista das Figuras

- Fig. 2.1 - Brisa marítima-caso de vento médio nulo e topografia plana.
- Fig. 2.2 - Relação entre a intensidade da brisa terrestre e a precipitação média mensal na costa leste do Brasil.
- Fig. 2.3 - Variações sazonais das intensidades máximas das brisas marítima e terrestre.
- Fig. 2.4 - Esquema da nebulosidade da linha convectiva associada à brisa.
- Fig. 3.1 - Localização da linha de cumulonimbus para o período de janeiro a dezembro.
- Fig. 3.2 - Frequência sazonal da linha de atividade convectiva para o período de 1975 a 1980.
- Fig. 3.3 - Brisa marítima-caso de vento médio nulo e topografia não-plana.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Prakki Satyamurty a revisão e a Sra. Nilda Costa Alves Moreira da Silva a datilografia deste trabalho.

## Referências

1. R. Wexler - Theory and observations of the land and sea breezes. Bulletin American Meteorological Society. 27(6): 272-287 (1946).
2. S. Nieuwolt - Tropical Climatology. Chichester, John Wiley, p.207 (1977).
3. M.A. Estoque - The sea breeze as a function of the prevailing synoptic situation. Journal of the Atmospheric Sciences. 19(3): 244-250 (1962).
4. S.H. Franchito, Y. Yamazaki - Efeitos da topografia e do escoamento médio na circulação da brisa marítima no norte-nordeste do Brasil. Anais do III Congresso Brasileiro de Meteorologia. p.47 (1984).
5. I.F.A. Cavalcanti - Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais. São José dos Campos, INPE, 2494-TDL/097 (1982).

6. R.P.L. Ramos - Precipitation characteristics in Northeast Brasil dry region. Journal of Geophysical Research. 80(12): 1665-1677 (1975).
  
7. V.E. Kousky - Diurnal rainfall variability in Northeast Brazil. Monthly Weather Review. 108(4): 488-498, (1980).
  
8. F. Defant - Compendium of Meteorology. American Meteorological Society. p.655 (1951).
  
9. W.J. Pierson Jr. - The effects of the eddy viscosity Coriolis deflection, and temperature fluctuation on the sea breeze as a function of time and height. Meteorological Papers. 1(2): 1-30 (1950).
  
10. R.C. Smith - Theory of air flow over heated land mass. Part I. Quarterly Journal Royal Meteorological Society. 81 (349): 382-395 (1955).
  
11. D.B. Olfe, R.L. Lee - Linearized calculations of urban heated island convection effects. Journal of the Atmospheric Sciences. 28(8): 1374-1388 (1971).

12. B. Haurwitz - Comments on the sea-breeze circulation. Journal of Meteorology. 1(1): 1-8 (1947).
  
13. R.D. McPherson - A numerical study of the effect of a coastal irregularity on the sea breeze. Journal of Applied Meteorology. 9(5): 767-777 (1970).
  
14. J.E. Walsh - Sea breeze theory and applications. Journal of the Atmospheric Sciences. 31(8): 2012-2026 (1974).
  
15. W. Physick - A numerical model of the sea breeze phenomenon over a lake or gulf. Journal of the Atmospheric Sciences. 33(1): 2012-2026 (1976).
  
16. S.H. Franchito, V.E Kousky - Um modelo numérico para simulação das circulações locais, aplicado à região costeira do nordeste do Brasil. Ciência e Cultura. 34(11): 1484-1498 (1982).

17. R.A. Anthes - The height of the planetary boundary layer and production of the circulation in a sea breeze model. Journal of the Atmospheric Sciences. 35(7):1231-1239 (1978).
  
18. H. Riehl - Climate and Weather in Tropics. London, Academic, p.611 (1979).
  
19. Y. Mahrer, R.A Pielke - The effects of topography on the sea and land breezes in a two-dimensional model. Monthly Weather Review. 105(9): 1151-1162 (1977).
  
20. H. Wexler - A boundary layer interpretation of the low-level jet. Tellus. 13(3): 368-378 (1961).
  
21. K.L. Pitchford, J. London - The low-level jet as related to nocturnal thunderstorm over Midwest United States. Journal of Applied Meteorology. 1(1): 43-47 (1962).
  
22. D.Djurii. J. Damiani - On the formation of the low-level jet over Texas. Monthly Weather Review. 108(11): 1854-1865 (1980).

VENTO U (m/s) - V. MÉDIO 0,0 SEM TOPOGRAFIA KKT=600

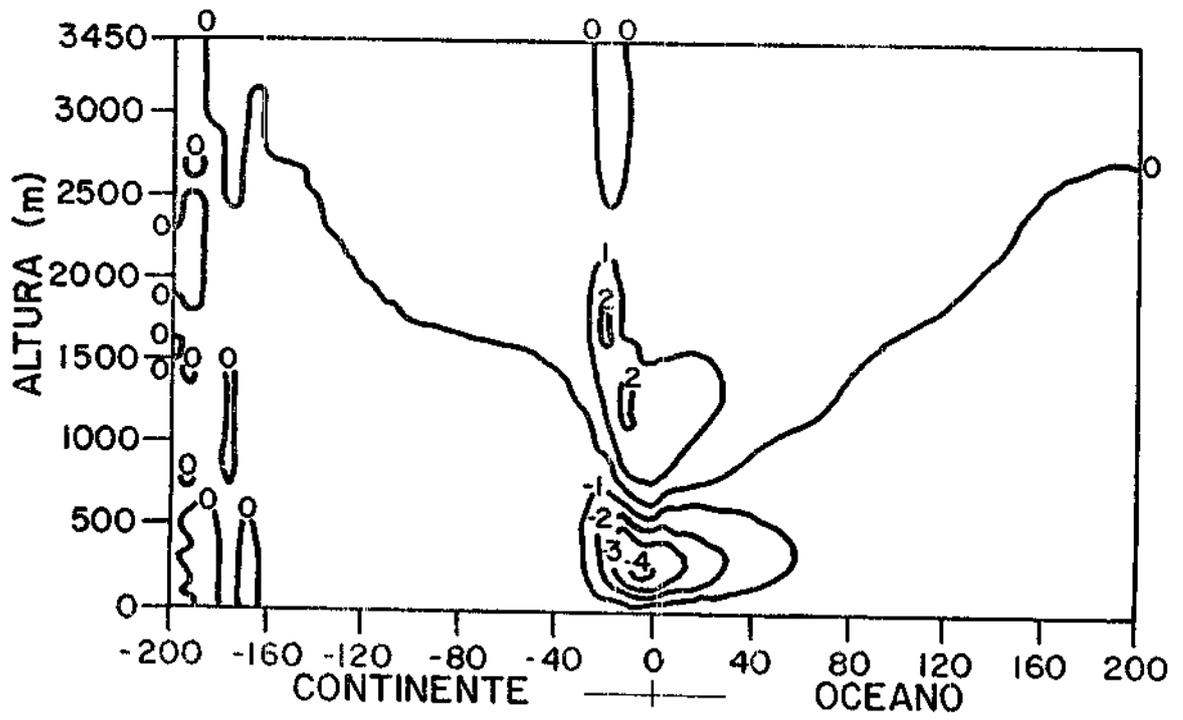


Fig. 2.1

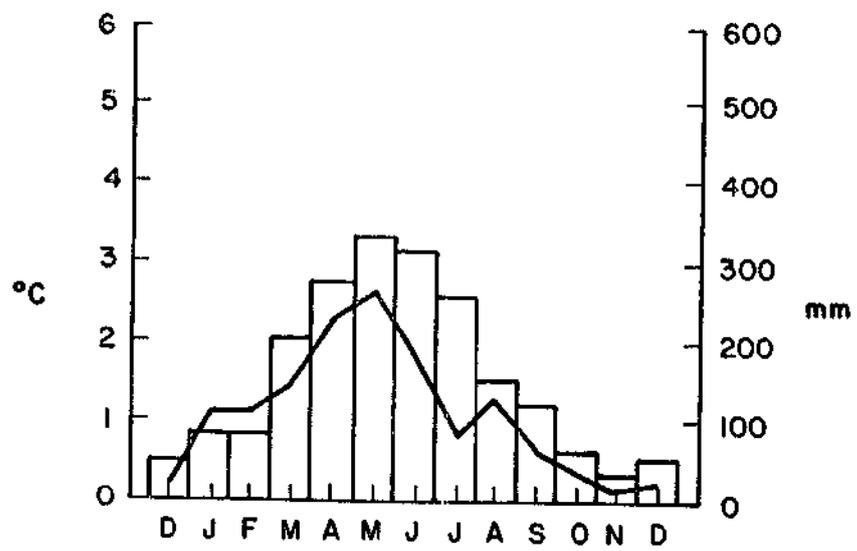


Fig. 2.2

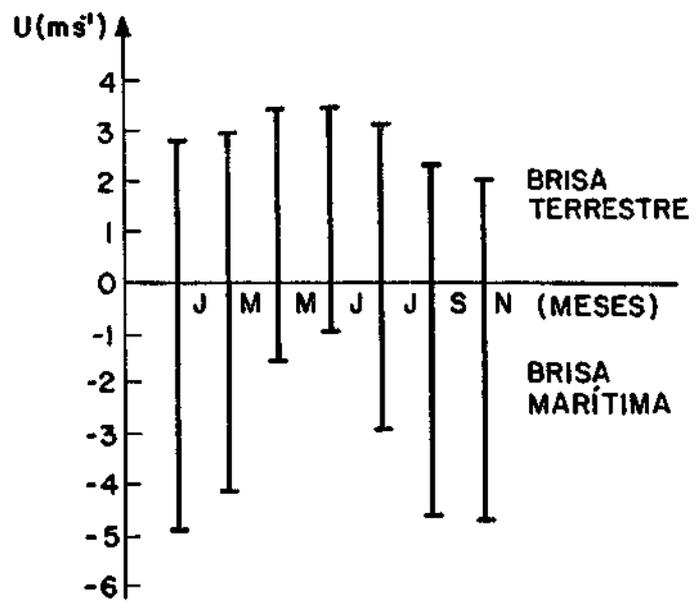
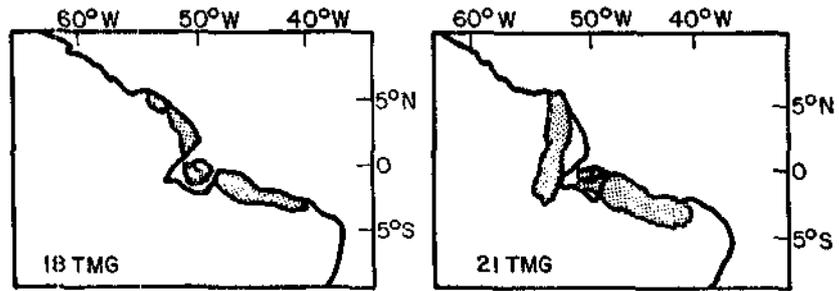
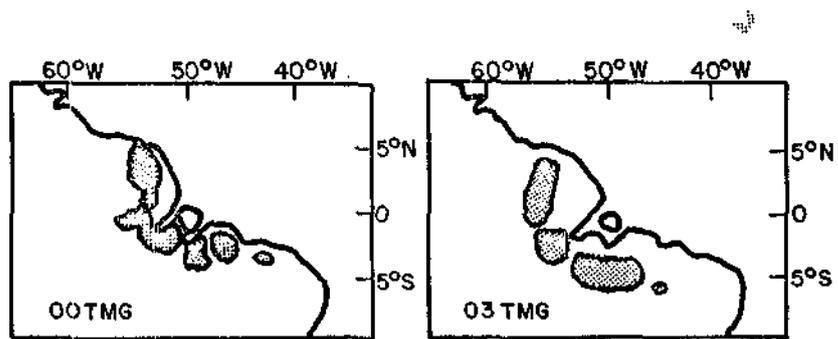


Fig. 2.3



23 DE MARÇO DE 1979



24 DE MARÇO DE 1979

Fig. 2.4

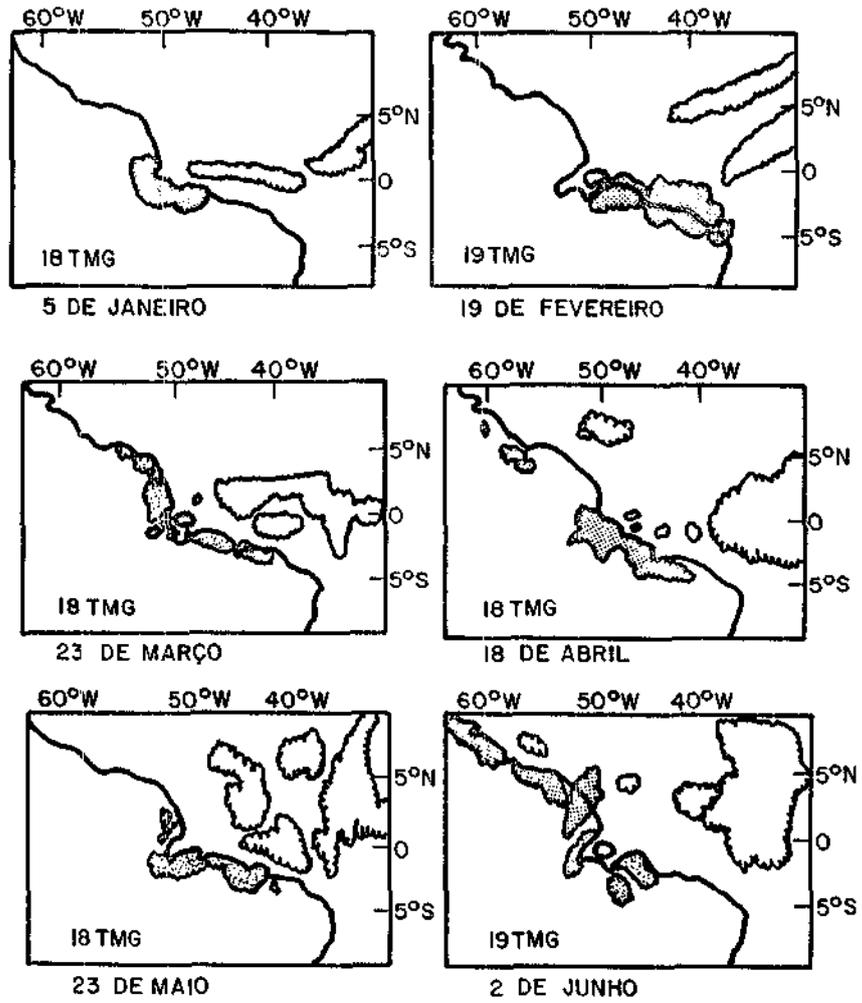


Fig. 3.1

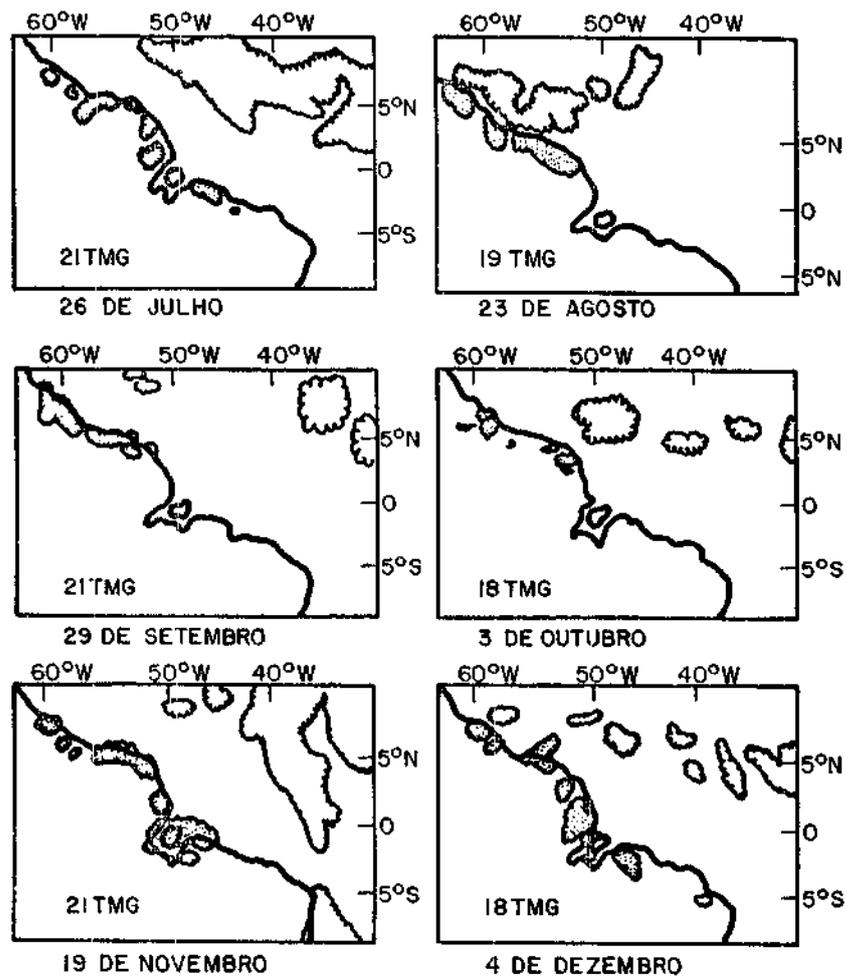


Fig. 3.1

(continuação)

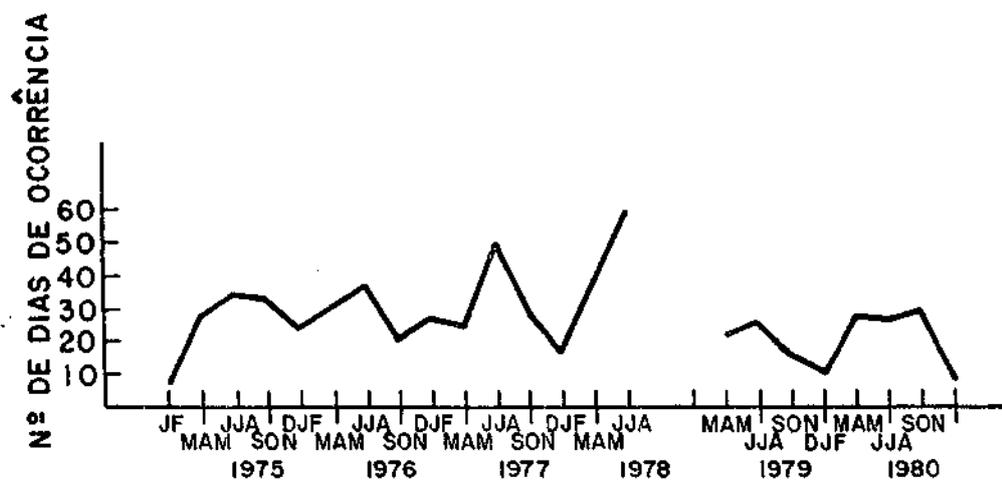


Fig. 3.2

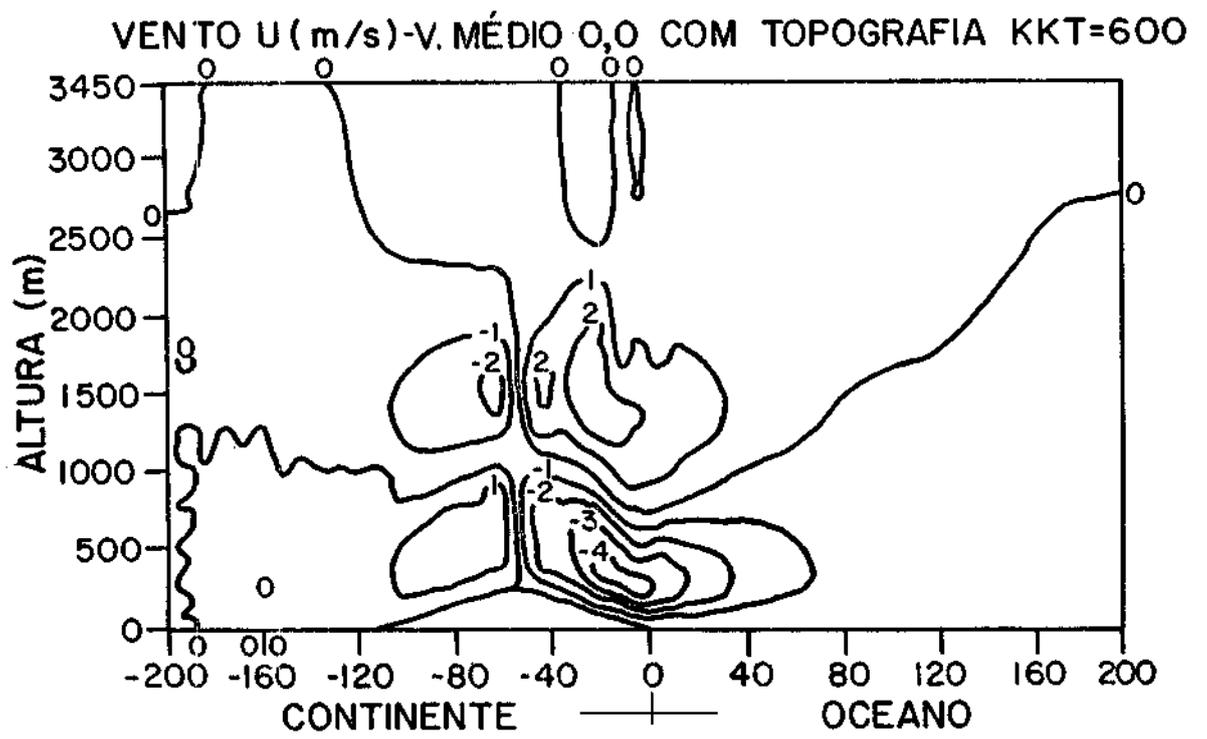


Fig. 3.3