



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

INPE – 5283 – TDI / 453

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DA  
REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.

Marley Cavalcante de Lima

Dissertação de Mestrado em Meteorologia, orientada pelos Dr. Vadlamudi  
Brahmananda Rao, aprovada em fevereiro de 1991.

INPE  
São José dos Campos  
1991

551.58

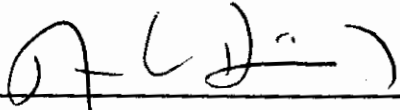
LIMA. M.C. de  
Variabilidade da precipitação no litoral leste da Região Nordeste do Brasil. / M.C. de Lima. -- São José dos Campos: INPE, 1991. 222p. -- (INPE-5283-TDI/453)

1. Climatologia. 2. Precipitação. 3. Atlântico Sul. 4. Título



Aprovada pela Banca Examinadora  
em cumprimento a requisito exigido  
para a obtenção do Título de Mestre  
em Meteorologia

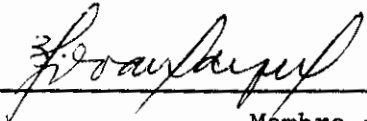
Dr. Antonio Divino Moura

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

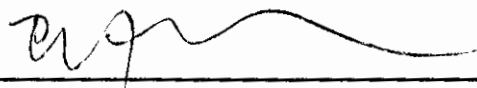
Dr. Vadlamudi Brahamananda Rao

  
\_\_\_\_\_  
Orientador

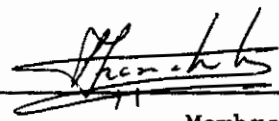
Dr. Valdo da Silva Marques

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca  
-convidado-

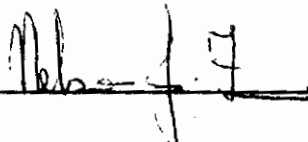
Dr. Prakki Satyamurty

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca

Dr. Sérgio Henrique Franchito

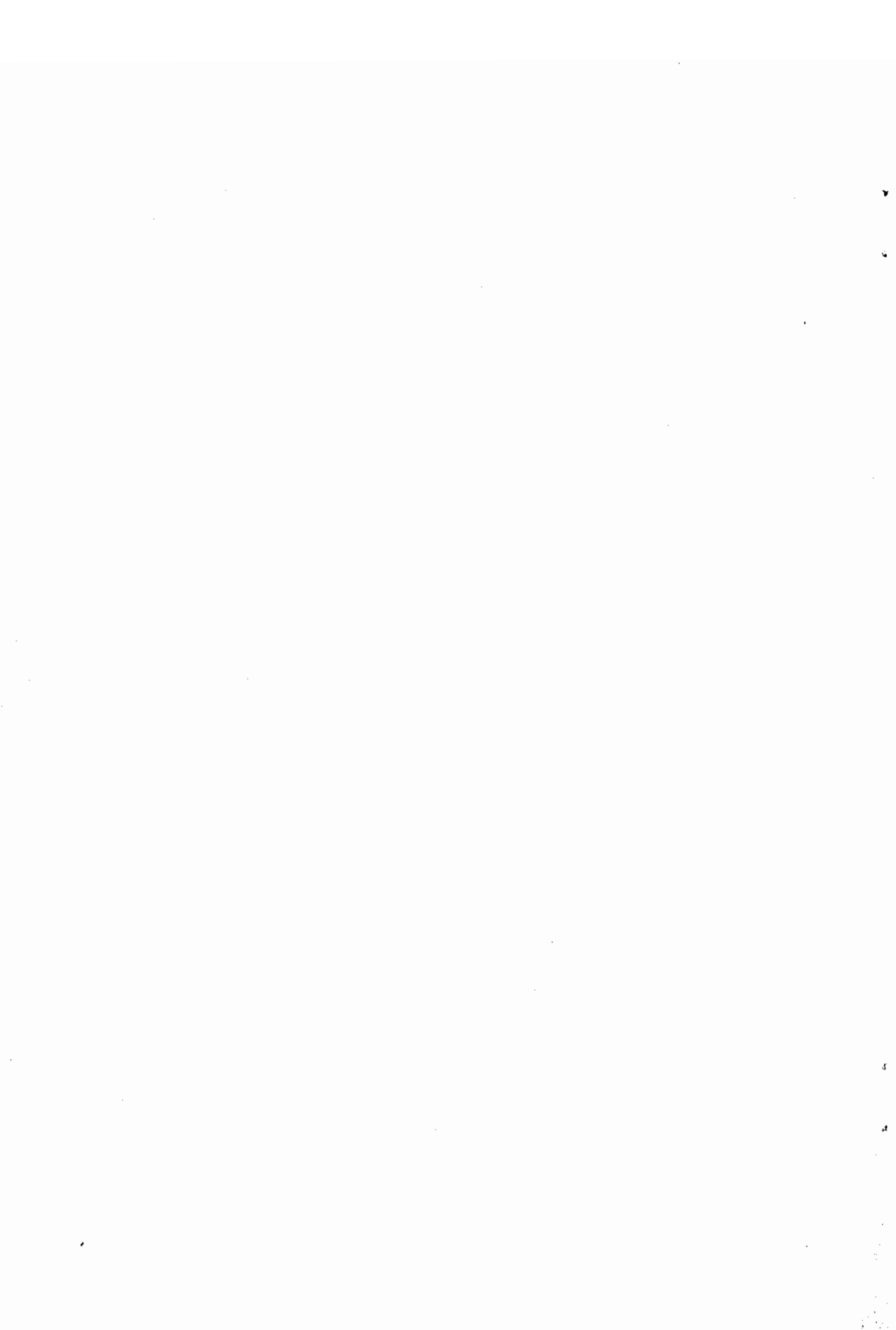
  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca

Dr. Nelson Jesus Ferreira

  
\_\_\_\_\_  
Membro da Banca

Candidata: Marley Cavalcante de Lima

São José dos Campos, 27 de fevereiro de 1991



Aos meus pais ERALDO e MARLENE e à vovó MARIA DOS ANJOS  
pelo carinho, apoio e incentivo  
que me foram fundamentais durante toda a vida,  
e aos irmãos DERALDO, JÁMERSON, ÉRICA e TÁGORE,  
com carinho OFEREÇO

#### HOMENAGEM PÓSTUMA

Ao meu avô JOSÉ IZIANO  
que ficaria feliz com mais esse degrau  
na escalada do saber,  
e aos meus avós GENUINO e JÚLIA.



## AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Vadlamudi Brahmananda Rao pela orientação, amizade e permanente interesse com que acompanhou essa pesquisa.

Ao Dr. Sérgio Henrique Franchito pela colaboração durante a elaboração desse trabalho, confecção do abstract e sugestões.

À José Luis Stech, Saturnino (IAE), Eurico Rodrigues de Paula, Carlos Nobre, Cíntia Uvo, Lurdes Bernadete (in memorian), Mary Kayano, Carlos Leandro da Silva Júnior, Jójhy Sakuragi, Paulo Rogério de A. Arlino, Arnaldo J. Garcia, Pedro Rubens A. de Carvalho, Ulisses T. Vieira Guedes, Koiti Ozaki, Nadir Maria da Silva Cota, Cristina Rocha (computador), Vijay Kumar, Adriana Coelho Fonseca e Acioli Antonio de Olivo pela predisposição em ajudar nas diversas fases dessa pesquisa.

Ao Dr. Yelisetty Viswanadham pelo incentivo e amizade.

À Maria Aparecida Marcos e Marciana Leite Ribeiro pela paciência e ajuda na confecção das referências bibliográficas.

À Roselira Panassol da Silva e Maria de Fátima Santana Massunaga pela digitação do texto e a grande ajuda na fase pré-final da dissertação.

À Sra. Maria do Carmo Silva Soares pela revisão da linguagem.

Aos amigos da Rotunda pela amizade e incentivo.





Aos amigos Regina Célia dos Santos Alvalá, Plínio Alvalá, Sandra Maria Fonseca, Rita de Cássia C. C. de Moura, Eliana Bucci, Ana Maria Gusmão, Erivaldo Antonio da Silva, Marco Antonio Leonel, Adriana e Mônica pelo carinho, amizade e incentivo.

À banca examinadora pelas discussões e sugestões.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de Bolsa de Estudos.

À Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e ao Instituto de Atividades Espaciais (IAE) pelos dados de vento à superfície.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelos recursos fornecidos.

Ao Dr. Mário Benincasa pela amizade, confiança e incentivo à pesquisa.

Aos amigos Giorgio e Iva Moscati pelo apoio, incentivo e exemplo de profissionalismo.

À Ney Ricardo Moscati, um agradecimento especial pelo amor, companheirismo, compreensão, incentivo e apoio em todos os momentos.

E à todos que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração desse trabalho.



## RESUMO

Neste trabalho é realizado um estudo das características climatológicas da precipitação sobre o leste da Região Nordeste do Brasil. Em termos de distribuição espacial, o período de maio e junho representa a estação chuvosa com 30% da precipitação anual que ocorre nestes dois meses. O período de quatro meses, de abril a julho, explica 60% da precipitação anual. Observou-se que a característica típica desta região é a incidência de eventos extremos (secas e enchentes), o que indica que há uma variação interanual relativamente grande. Os principais processos responsáveis pela variação interanual da precipitação desta região são: 1) a posição e a intensidade do sistema de alta pressão no Atlântico Sul, como revelado pelas variações do vento à superfície na Ilha de Trindade e em Abrolhos; 2) a ocorrência ou ausência de El Niño, dado pelo índice de Oscilação Sul (IOS) e 3) a variação de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Subtropical. Conclui-se que o IOS não se correlaciona bem com a variação interanual da precipitação sobre o leste do Nordeste do Brasil. O vento à superfície na Ilha de Trindade e em Abrolhos correlaciona-se bem com a variação interanual da precipitação nesta região. Isto mostra que a posição e a intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul tem uma influência em controlar a precipitação nesta região. Os altos valores da correlação com "lag" entre o vento à superfície nestas duas estações e a precipitação no leste do Nordeste do Brasil sugere a utilidade deste parâmetro para a previsão de longo prazo da precipitação nesta região. A relação entre a TSM no Atlântico Tropical e a precipitação mostra que uma configuração tipo dipolo, com temperaturas mais altas (baixas) no sul (norte) do Atlântico, é favorável à precipitação maior (menor). Embora isto seja qualitativamente similar ao que foi notado por Hastenrath e Heller (1977) e por Moura e Shukla (1981), os detalhes dos centros de maiores correlações são diferentes.



VARIABILITY OF RAINFALL IN THE EAST COAST OF THE  
NORTHEASTERN BRAZIL REGION

ABSTRACT

In this work a study of the climatological features of rainfall over Eastern Northeast Brazil is made. In terms of the spatial distribution the period May and June represents the rainy season with 30% of annual rainfall occurring in this two month period. The four month period from April to July explains 60% of the annual rainfall. The large interannual variation of rainfall is a typical characteristic of this region. Some of the processes responsible for the interannual variation of rainfall of this region are: 1) the position and intensity of the high pressure system in the South Atlantic, as revealed by the surface wind variations over Ilha de Trindade and Abrolhos; 2) the occurrence or absence of El Nino, as given by the Southern Oscillation Index (SOI); and 3) the sea surface temperature (SST) variation over the Subtropical Atlantic. It is found that the SOI does not correlate well with the interannual rainfall variation over Eastern Northeast Brazil. The surface wind over Ilha de Trindade and Abrolhos correlates well with the interannual variation of rainfall over this region. This shows that the intensity and position of the Subtropical High have a controlling influence on the rainfall of this region. The high values of lagged correlation between the surface wind over these two stations and the rainfall over the Eastern NE Brazil suggests the utility of this parameter for long range forecasting of rainfall over this region. The relationship between the SST over Tropical Atlantic and the rainfall shows that a dipole type configuration with higher (lower) temperatures in the South (North) Atlantic is favorable for higher (lower) rainfall. Although this is qualitatively similar to that noted by Hastenrath and Heller (1977) and Moura and Shukla (1981), the details of the centers of higher correlation are different.

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	xv
LISTA DE TABELAS .....	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xxv
<u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> .....	1
<u>CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	7
2.1 - Sistemas atmosféricos que influenciam no clima do NEB .....	7
2.2 - Aspectos climatológicos do NEB .....	14
2.3 - El Nino / Oscilação Sul (ENOS) .....	16
2.4 - Fatores responsáveis pela variabilidade intera- nual da precipitação no NEB .....	20
2.5 - O Litoral Leste do NEB .....	22
<u>CAPÍTULO 3 - DADOS E METODOLOGIA</u> .....	25
<u>CAPÍTULO 4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u> .....	41
4.1 - Climatologia da precipitação .....	41
4.1.1 - Variabilidade temporal e espacial da precipi- tação no Litoral Leste do NEB .....	51
4.2 - Relação entre IOS e outros parâmetros meteoro- lógicos e a precipitação no Litoral Leste do NEB .....	62
4.3 - Estudo de quatro anos de contraste no Litoral Leste do NEB .....	110
4.3.1 - Configuração para os anos secos .....	111
4.3.2 - Configuração para os anos chuvosos.....	126

<u>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES</u> .....	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	147
APÊNDICE A - RELAÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS, CO- ORDENADAS, PERÍODOS DE REGISTRO E FONTES DE DADOS .....	159
APÊNDICE B - RESULTADOS REFERENTES À CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DO NEB ...	167
APÊNDICE C - ISOLINHAS DE CORRELAÇÕES SIMULTÂNEAS SA- ZONAIS DE TRÊS E QUATRO MESES CONSECUTI- VOS ENTRE AS ANOMALIAS DE TSM E AS ANOMA- LIAS DE PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DO BRASIL .....	181
APÊNDICE D - CONFIGURAÇÃO DOS CAMPOS ATMOSFÉRICOS E OCEÂNICOS PARA O ANO DE 1987 .....	187
APÊNDICE E - CONFIGURAÇÃO DOS CAMPOS ATMOSFÉRICOS E OCEÂNICOS PARA O ANO DE 1988 .....	199
APÊNDICE F - CONFIGURAÇÃO DOS CAMPOS ATMOSFÉRICOS E OCEÂNICOS PARA O ANO DE 1989 .....	211



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1.1 - Localização da Região "Nordeste do Brasil" (NEB) em relação à América do Sul .....	1
1.2 - Regimes pluviométricos do NEB, com uma climatologia de 1931-1960, e distribuição da precipitação máxima média mensal .....	3
2.1 - Sistemas meteorológicos que atuam na região tropical e influenciam no clima do NEB .....	8
2.2 - Diagrama esquemático da Circulação de Walker para (a) um ano normal (DJF) e (b) um ano de El Niño (DJF de 1982-1983) .....	18
3.1 - Distribuição espacial das estações pluviométricas no Litoral Leste do NEB, do conjunto de dados obtidos do DNOCS .....	26
3.2 - Distribuição espacial das estações pluviométricas no Litoral Leste do NEB, do conjunto de dados do DNAEE .....	29
3.3 - Distribuição espacial das estações pluviométricas usadas no cálculo dos índices pluviométricos anuais e sazonais referentes ao norte, ao sul e à todo Litoral Leste do NEB .....	32
3.4 - Distribuição espacial das estações pluviométricas usadas no cálculo dos índices pluviométricos anuais e sazonais referentes ao norte, ao sul e à todo Litoral Leste do NEB .....	36
3.5 - Localização geográfica das estações Ilha de Trindade (IT - 20°30'S; 29°19'W) e Abrolhos (A - - 17°58'S; 38°42'W) .....	38
4.1 - Isoietas médias anuais para o período 1914-1958, numeradas em milímetros .....	42
4.2 - Isolinhas médias anuais de dias com chuva para o período 1914-1958, numeradas em dias .....	43

4.3 - Isolinhas de coeficientes de variação (CV), considerando o período 1914-1958, numeradas em porcentagem .....	45
4.4 - Distribuição espacial dos bimestres a) mais chuvosos e b) mais secos para o Litoral Leste do NEB, com uma climatologia de 1914-1958 .....	47
4.5 - Distribuição espacial dos trimestres a) mais chuvosos e b) mais secos para o Litoral Leste do NEB, com uma climatologia de 1914-1958 .....	49
4.6 - Distribuição espacial dos quadrimestres a) mais chuvosos e b) mais secos para o Litoral Leste do NEB, com uma climatologia de 1914-1958 .....	50
4.7 - Séries temporais de desvios médios normalizados da precipitação anual para: a) o norte; b) o sul; c) todo o Litoral Leste do NEB, no período 1914-1983 .....	53
4.8 - Séries temporais de desvios médios normalizados da precipitação da estação chuvosa (AMJJ) para: a) o norte; b) o sul; c) todo o Litoral Leste do NEB, no período 1914-1983 .....	57
4.9 Composições da precipitação de AMJJ para os dez anos: a) mais secos (1915, 1938, 1939, 1943, 1946, 1952, 1955, 1976, 1980, 1981) e b) mais chuvosos (1914, 1922, 1924, 1935, 1951, 1964, 1966, 1969, 1974, 1977) do Litoral Leste do NEB.	59
4.10 - Ciclos sazonais e anual do campo de TSMs no Atlântico Tropical para: a) JFM; b) AMJ; c) JAS; d) OND; e) anual .....	83
4.11 - Circulação à superfície no Oceano Atlântico Sul	85
4.12 - Isolinhas de correlação simultânea sazonais de dois meses entre anomalias de TSM e de anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB para: a) JF; b) MA; c) MJ; d) JA; e) SO; f) ND ..	86

4.13 - Isolinhas de correlação simultânea entre anomalias de TSM no Atlântico Tropical e anomalias da precipitação de AMJJ para: a) o norte; b) o sul; c) todo o Litoral Leste do NEB .....	91
4.14 - Isolinhas de correlação simultâneas anuais entre anomalias de TSM e anomalias de precipitação para: a) o norte; b) o sul; c) todo o Litoral Leste do NEB .....	93
4.15 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (dois meses) e da precipitação de MJ para: a) "lag" -2; b) "lag" -1; c) "lag" 0; d) "lag"+1; e) "lag" +2; f) "lag" +3 .....	97
4.16 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (três meses) e da precipitação de AMJ para: a) "lag" -1; b) "lag" 0; c) "lag" +1; d) "lag" +2 .....	100
4.17 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (três meses) e da precipitação de MJJ para: a) "lag" -1; b) "lag" 0; c) "lag" +1; d) "lag" +2 .....	103
4.18 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (quatro meses) e da precipitação de AMJJ para: a) "lag" +1; b) "lag" +2 .....	106
4.19 - Esquema ilustrativo da localização dos centros de máximas correlações obtidas entre anomalias de TSM e da precipitação de MJ nos "lags" de -2 até +3 .....	108
4.20 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1983 .....	112
4.21 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em °C no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1983 .....	116

4.22 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 .....	118
4.23 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988 .....	127
4.24 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho de 1989 .....	133
C.1 - Isolinhas de correlações simultâneas sazonais de três meses entre as anomalias de TSM e da precipitação no Litoral Leste do NEB para: a) JFM; b) AMF; c) JAS; d) OND .....	181
C.2 - Isolinhas de correlações simultâneas sazonais de quatro meses entre as anomalias de TSM e da precipitação no Litoral Leste do NEB para: a) JFMA; b) MJJA; c) SOND .....	184
D.1 - Configuração do campo de PNM para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 .....	187
D.2 - Anomalias do vetor vento em 850 hPa no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 .....	189
D.3 - Posição geográfica média do eixo de nebulosidade convectiva indicativo da posição da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, de 00°W a 45°W, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 ..	191
D.4 - Anomalias de ROL emitida para o espaço para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 ..	193
D.5 - Secção estação x tempo dos sistemas frontais que se deslocaram pelo litoral do Brasil nos meses de: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 .....	195

D.6 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em $^{\circ}\text{C}$ , no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987 .....	197
E.1 - Configuração do campo de PNM para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988 .....	199
E.2 - Anomalias do vetor vento em 850hPa no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988 .....	201
E.3 - Posição geográfica média do eixo de nebulosidade convectiva indicativo da posição da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, de $00^{\circ}\text{W}$ a $45^{\circ}\text{W}$ , para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988 ..	203
E.4 - Anomalias de ROL emitida para o espaço para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988 ..	205
E.5 - Secção estação x tempo dos sistemas frontais que se deslocaram pelo litoral do Brasil nos meses de: (a) abril; (b) maio; (c) junho; (d) julho de 1988 .....	207
E.6 Configuração do campo de anomalias de TSM, em $^{\circ}\text{C}$ , no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988 .....	209
F.1 - Configuração do campo de PNM para: a) abril; b) maio; c) julho de 1989 .....	211
F.2 - Anomalias do vetor vento em 850hPa no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989 .....	213
F.3 - Posição geográfica média do eixo de nebulosidade convectiva indicativo da posição da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, de $00^{\circ}\text{W}$ a $45^{\circ}\text{W}$ , para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989 ..	215
F.4 - Anomalias de ROL emitida para o espaço para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989 ..	217

F.5 - Secção estação x tempo dos sistemas frontais que se deslocaram pelo litoral do Brasil nos meses de: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989 .....	219
F.6 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em °C, no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989 .....	221

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
4.1 - Coeficientes de correlação linear (r) entre os índices pluviométricos do norte (N); do sul (S) e de todo o Litoral Leste do NEB (T.L.) .....	61
4.2 - Coeficientes de correlação linear entre índices pluviométricos do norte (N); do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.) e os índices pluviométricos do norte do NEB .....	62
4.3 - Correlações bimensais simultâneas entre o IOS e a precipitação do norte (N); do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1948-1983 .....	63
4.4 - Correlações trimestrais simultâneas entre o IOS e a precipitação do norte (N); do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1948-1983 .....	64
4.5 - Correlações quadrimestrais simultâneas e anuais entre o IOS e a precipitação do norte (N); do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1948-1983 .....	66
4.6 - Períodos chuvosos e secos de dois, três e quatro meses e respectivos coeficientes de correlação linear (r) entre o IOS e a precipitação (IPS) ..	67
4.7 - Médias climatológicas sazonais (20 anos) de dois, três e quatro meses e respectivos desvios padrões das componentes zonal e meridional do vento na Ilha de Trindade (u1 e v1, respectivamente) e em Abrolhos (u2 e v2, respectivamente)	70

4.8 - Coeficientes de correlação linear simultâneos entre o vento zonal e meridional na Ilha de Trindade ( $u_1$ e $v_1$ , respectivamente) e a precipitação do norte (N), do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1964-1983 .....	73
4.9 - Coeficientes de correlação linear simultâneas entre o vento zonal e meridional em Abrolhos ( $u_2$ e $v_2$ , respectivamente) e a precipitação do norte (N), do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1964-1983 .....	75
4.10 - Coeficientes de correlação linear defasados entre o vento zonal na Ilha de Trindade ( $u_1$ ) e a precipitação do norte (N), do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1964-1983 .....	78
4.11 - Coeficientes de correlação linear defasados entre o vento meridional na Ilha de Trindade ( $v_1$ ) e a precipitação no norte (N), do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1964-1983.....	79
4.12 - Coeficientes de correlação linear defasados entre o vento zonal em Abrolhos ( $u_2$ ) e a precipitação do norte (N), do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1964-1983..	80
4.13 - Coeficientes de correlação linear defasados entre o vento meridional em Abrolhos ( $v_2$ ) e a precipitação do norte (N), do sul (S) e de todo Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1964-1983 .....	81
4.14 - Seqüência de mapas de isolinhas de correlação defasadas entre as anomalias de TSM e anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB nos períodos chuvosos de dois, três e quatro meses. Os "lags" são para as TSMs .....	96
4.15 - Desvios de precipitação normalizados pela respectiva média mensal, para o ano de 1983 .....	113



4.16 - Desvios de precipitação normalizados pela respectiva média mensal, para o ano de 1987 .....	120
4.17 - Desvios de precipitação normalizados pela respectiva média mensal, para o ano de 1988 .....	128
4.18 - Desvios de precipitação normalizados pela respectiva média mensal, para o ano de 1989 .....	134
A.1 - Relação das estações pluviométricas com registro de 1914-1958.....	159
A.2 - Relação das estações pluviométricas com registro de 1914-1983.....	162
A.3 - Fonte de dados, tipo de dados, período de registro e utilização dos mesmos.....	165
B.1 - Normais climatológicas anuais, médias anuais de dias com chuva (MC), desvio padrão ( $\sigma$ ) e coeficiente de variação (CV), em porcentagem, das 63 estações pluviométricas utilizadas, no período 1914-1958.....	167
B.2 - Porcentagem (%) de contribuição de dois, três e quatro meses consecutivos, em relação à média anual, para o período chuvoso do Litoral Leste do NEB, no período 1914-1958.....	170
B.3 - Porcentagem (%) de contribuição de dois, três e quatro meses consecutivos, em relação à média anual, para o período seco do Litoral Leste do NEB, no período 1914-1958.....	173
B.4 - Séries temporais de desvios médios normalizados da precipitação anual do norte (N), do sul (S) e de todo o Litoral Leste do NEB (T.L.), respectivamente, no período 1914-1983.....	176
B.5 - Normais e desvios padrões ( $\sigma$ ) para as 53 estações pluviométricas selecionadas na Fig. 3.3....	178
B.6 - Séries temporais de desvios médios normalizados da precipitação da estação chuvosa (AMJJ) do norte (N), do sul (S) e de todo o Litoral Leste do NEB (T.L.), no período 1914-1983.....	179



## LISTA DE ABREVIATURAS

A	- Abrolhos
AB	- Alta da Bolívia
ASAN	- Alta Subtropical do Atlântico Norte
ASAS	- Alta Subtropical do Atlântico Sul
ASPS	- Alta Subtropical do Pacífico Sul
CV	- Coeficiente de Variação
DHN	- Departamento de Hidrografia e Navegação
DNEMET	- Departamento Nacional de Meteorologia
DNAEE	- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DNOCS	- Departamento de Obras Contra as Secas
EN	- El Niño
ENOS	- El Niño/Oscilação Sul
IAE	- Instituto de Atividades Espaciais
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOS	- Índice de Oscilação Sul
IP	- Índice Pluviométrico
IPA	- Índice Pluviométrico Anual
IPS	- Índice Pluviométrico Sazonal
IT	- Ilha de Trindade
JF, MA, etc	- Janeiro-Fevereiro, Março-Abril, etc.
JFM, MAM, etc	- Janeiro-Fevereiro-Março, Março-Abril-Maio, etc
JFMA, etc	- Janeiro-Fevereiro-Março-Abril, etc
N	- norte do Litoral Leste do NEB
NEB	- "Nordeste do Brasil"
n	- número de estações que compõem o IPA e IPS
OS	- Oscilação Sul
PA	- Precipitação total anual
PA	- Precipitação média climatológica anual
PNM	- Pressão ao Nível do Mar
PS	- Precipitação total sazonal
PS	- Precipitação média climatológica sazonal

Q, R, S, C e O	- Estações pluviométricas em Quixeramobim, Remanso, Salvador, Caetité e Olinda
ROL	- Radiação de Onda Longa
r	- coeficiente de correlação linear
S	- sul do Litoral Leste do NEB
SCT	- Secretaria da Ciência e Tecnologia
SF	- Sistema Frontal
T.L.	- todo Litoral Leste do NEB
TSM	- Temperatura da Superfície do Mar
u	- componente zonal do vento
v	- componente meridional do vento
u <sub>1</sub> , v <sub>1</sub>	- vento zonal e meridional na Ilha de Trindade
u <sub>2</sub> , v <sub>2</sub>	- vento zonal e meridional em Abrolhos
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical
$\sigma$	- desvio padrão
i, j	- subíndices representativos do ano e da estação pluviométrica, respectivamente

CAPÍTULO 1INTRODUÇÃO

A Região "Nordeste do Brasil" (NEB), situada na faixa tropical, aproximadamente entre 1°S e 18°S e 35°W e 47°W, com uma área em torno de  $1,6 \times 10^6 \text{Km}^2$  (Figura 1.1), tem basicamente como problemas climáticos as irregularidades tanto espacial como temporal do seu regime de chuvas. Este regime, quando normal, caracteriza-se principalmente por uma estação relativamente chuvosa, com chuvas abundantes e um período muito seco, de duração variável, cujas chuvas são raras e pouco intensas.

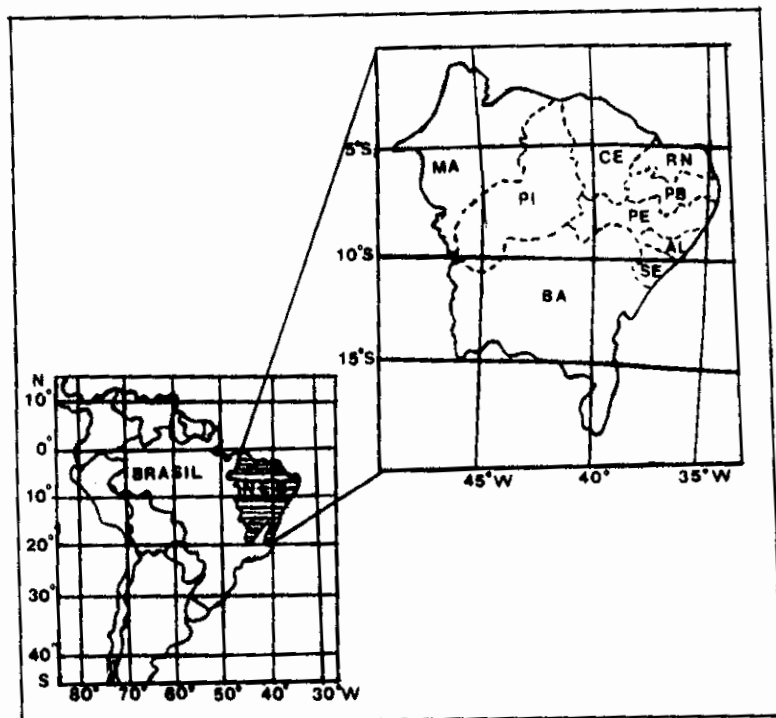


Fig. 1.1 - Localização da Região Nordeste do Brasil (NEB) em relação à América do Sul.

Diferentes regimes pluviométricos são identificados para regiões distintas do NEB: no norte, chuvas máximas ocorrem em fevereiro-março-abril (FMA); no sul, em novembro-dezembro-janeiro (NDJ) e na região costeira leste, do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, em maio-junho-julho (MJJ) (Strang, 1972). Além disso, foram observadas regiões com superposição de dois períodos de máxima precipitação, tais como a parte central e nordeste da Bahia, com máximos centrados em dezembro e março, e a parte costeira da Bahia com máximos centrados em dezembro e maio (Strang, 1972; Kousky e Chu, 1978). A Figura 1.2 apresenta os regimes pluviométricos do NEB.

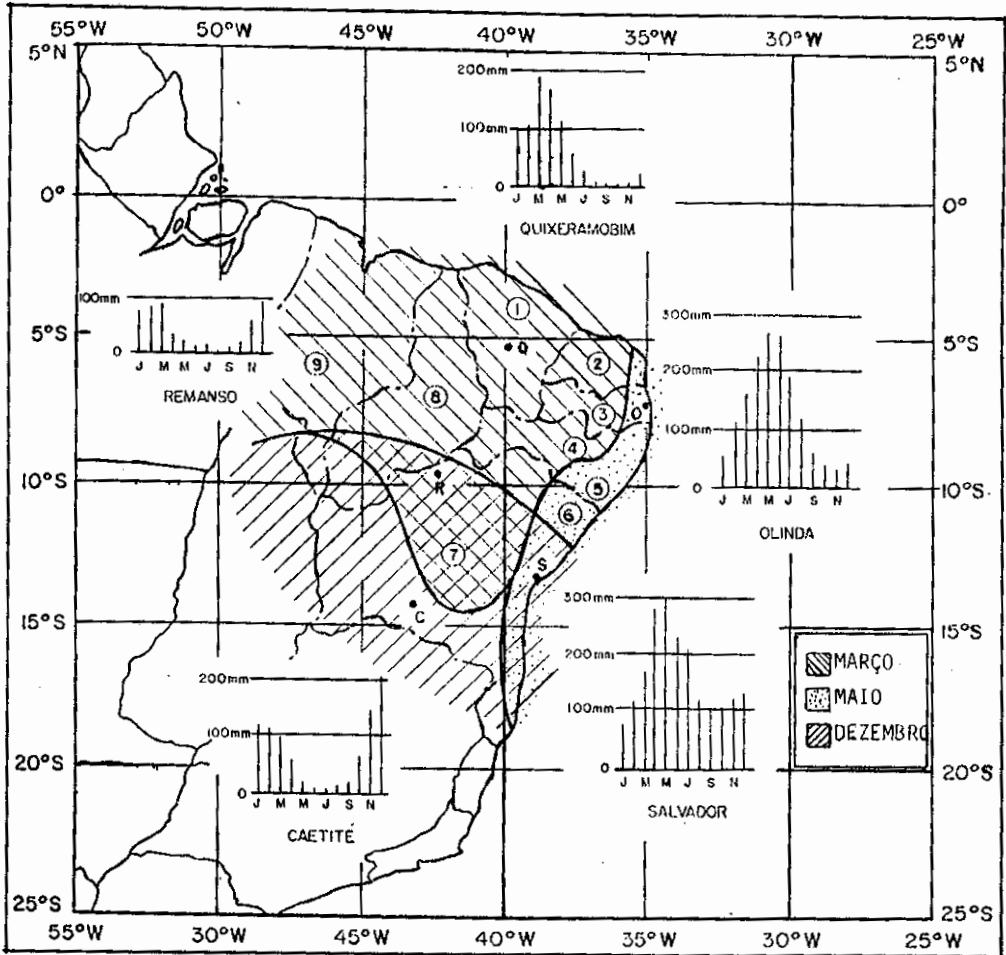


Fig. 1.2 - Regimes pluviométricos do NEB, com uma climatologia de 1931-1960, e a distribuição da precipitação máxima média mensal.  
 FONTE: Climanálise (1986), p. 17.

A localização das estações está indicada pelas letras Q (Quixeramobim), R (Remanso), S (Salvador), C (Caetité) e O (Olinda).

A variabilidade espacial da precipitação de uma região para outra é muito grande, com regiões onde a precipitação anual média é da ordem de 500-700mm, ou menor, como verificado no sertão semi-árido - regime de precipitação de fevereiro a abril - (Strang, 1972; Ramos, 1975;

Kousky e Chu, 1978), enquanto chove anualmente até 2.000mm ou mais no litoral norte e leste do NEB (Kousky, 1979). Observa-se também grande variabilidade temporal do seu regime de chuvas, o que ocasiona em alguns anos secas prolongadas ou precipitações excessivas, os quais causam sérios problemas à agricultura, base econômica da maior parte da região.

As causas da grande variabilidade climática do NEB ainda não são completamente entendidas, mas vários estudos sobre o clima dessa região têm apontado alguns sistemas da circulação geral atmosférica dos dois hemisférios bem como fenômenos do tipo El Niño (EN)/Oscilação Sul (OS) - ENOS, como os responsáveis pela ocorrência dos seus regimes distintos de precipitação.

Embora seja caracterizado por um regime de chuvas satisfatório, em termos de regularidades e volume de chuvas, o Litoral Leste do NEB merece atenção especial, uma vez que 32% da população nordestina vive nessa área (Magalhães et al., 1987), tendo suas condições de vida e economia afetadas por eventos climáticos extremos (secas/enchentes) que se verificam em alguns anos nessa região.

Além disso, ainda é bastante discutível quais os mecanismos dinâmicos que favorecem a atividade pluviométrica no Litoral Leste do NEB, enquanto no norte e no sul do NEB estes são melhor conhecidos. Isso se deve, provavelmente, à diversidade de sistemas da circulação atmosférica, em várias escalas, que atuam nessa região, influenciando seu regime de chuvas, podendo-se destacar os distúrbios de leste (Yamazaki e Rao, 1977), as linhas de instabilidade associadas à brisa marítima e à terrestre (Kousky, 1980; Cavalcanti e Kousky, 1982; Cohen et al., 1989), a Alta Subtropical do Atlântico Sul (Strang, 1983) e os sistemas frontais (Kousky, 1979). Outros sistemas que, interagindo



com estes, podem influenciar o clima do Litoral Leste do NEB são os Vórtices Ciclônicos dos altos níveis (Lobo, 1982; Oliveira, 1982; Gan, 1983) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Essa última, influenciando de maneira mais marcante o regime de chuvas no norte do NEB, (Lobo, 1982; Oliveira, 1982; Uvo et al., 1988).

O objetivo dessa pesquisa, em face do que foi exposto acima, é estudar as características do regime de chuvas do Litoral Leste do NEB, tentando identificar os mecanismos dinâmicos que contribuem para produzir as precipitações nessa região. Para tal, é proposto:

- definir a climatologia da precipitação visando identificar as características regionais das chuvas nessa área;
- estudar a variação interanual das precipitações no Litoral Leste do NEB;
- verificar se há eventos climáticos extremos e a que estão relacionados;
- verificar o papel do fenômeno ENOS em relação às anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB;
- verificar como o vento (componentes zonal e meridional), em baixos níveis, no Oceano Atlântico Sul, relaciona-se com as anomalias de precipitação nessa região;
- verificar como as variações da temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Tropical se relacionam às anomalias de precipitação que ocorrem no Litoral Leste do NEB;
- fazer um estudo climatológico que caracteriza quatro anos de contraste: dois anos secos (1983 e 1987) e dois anos chuvosos (1988 e 1989), respectivamente.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica sobre o clima do NEB, com ênfase no Litoral Leste do NEB.

O Capítulo 3 apresenta o conjunto de dados utilizados e a metodologia aplicada para alcançar os objetivos propostos. No Apêndice A estão relacionadas as estações pluviométricas utilizadas, suas coordenadas e períodos de registros.

No Capítulo 4 discutem-se os aspectos climatológicos regionais das chuvas no Litoral Leste do NEB com ênfase na variabilidade interanual da precipitação nessa região; a relação entre o Índice de Oscilação Sul (IOS) e outros parâmetros meteorológicos no Atlântico Sul com a precipitação no Litoral Leste do NEB; e as condições climatológicas que caracterizam quatro anos de contraste, para dois anos secos e dois anos chuvosos. Os resultados referentes à climatologia da precipitação são apresentados no Apêndice B. As isolinhas de correlações simultâneas sazonais de três e quatro meses entre as anomalias de TSM e as anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB são apresentadas no Apêndice C. As configurações dos campos atmosféricos e oceânicos para os anos de 1987, 1988 e 1989 são apresentadas nos Apêndices D, E e F, respectivamente.

As conclusões e sugestões deste trabalho estão no Capítulo 5.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como na literatura encontram-se poucos estudos específicos sobre o clima do Litoral Leste do NEB, fez-se inicialmente uma revisão bibliográfica considerando o NEB como um todo, abordando os aspectos mais relevantes para a caracterização do problema climático dessa região. Em seguida, ressaltam-se algumas características climáticas do Litoral Leste do NEB com o intuito de melhor situar a região de estudo.

#### 2.1 - SISTEMAS ATMOSFÉRICOS QUE INFLUENCIAM NO CLIMA DO NEB

Devido à localização no extremo leste da América do Sul, na faixa tropical, o NEB está submetido à influência de sistemas meteorológicos, os quais, interagindo entre si, conferem-lhe características climáticas peculiares. A Figura 2.1 ilustra alguns desses sistemas.

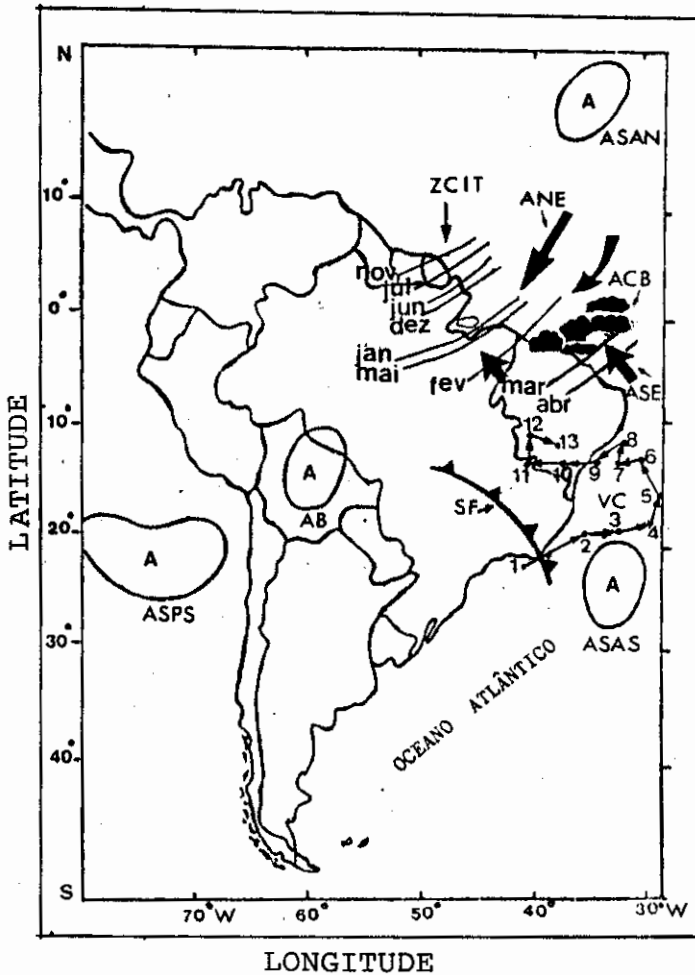


Fig. 2.1 - Sistemas meteorológicos que atuam na região tropical e influenciam no clima do NEB.

As siglas identificam Alta da Bolívia (AB), Altas Subtropicais do Pacífico Sul, Atlântico Norte e Atlântico Sul (ASPS, ASAN e ASAS, respectivamente), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Sistemas Frontais (SF), Vórtices Ciclônicos do Altos Níveis (VC), Ventos Alísios de Nordeste e Sudeste (ANE e ASE, respectivamente) e aglomerados de cúmulos-nimbos associados à Brisa Marítima (ACB).

A ZCIT localiza-se na região do cavado equatorial entre os dois anticiclones subtropicais dos dois hemisférios. Nessa região encontra-se uma zona de baixa pressão à superfície que coincide com uma região de TSM mais alta. Localiza-se também nessa área o eixo de confluência dos ventos alísios de nordeste e de sudeste, os quais fazem parte do ramo equatorial dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Norte e do Atlântico Sul, respectivamente, e a convergência do escoamento em baixos níveis.

Namias (1972) sugeriu que variações nos alísios de nordeste e de sudeste alteram a intensidade da convergência na ZCIT e talvez mude sua posição. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente  $14^{\circ}\text{N}$  em agosto-setembro, para sua posição mais ao sul, aproximadamente  $2^{\circ}\text{S}$  em março-abril (Ratisbona, 1976).

A estação chuvosa (seca) no norte do NEB coincide com o posicionamento da ZCIT mais para o sul (norte) (Lobo, 1982; Uvo et al., 1988). Em anos de condições mais chuvosas, no norte do NEB, a ZCIT desloca-se até  $5^{\circ}\text{S}$ - $6^{\circ}\text{S}$ , próximo à costa (Climanálise, 1986). Entretanto, a posição desse sistema não é por si só um bom precursor das anomalias de precipitação nessa região, apesar de sua permanência mais rápida ou mais demorada em torno do Equador ser um fator importante para a qualidade da estação chuvosa no norte do NEB (Uvo et al., 1988). Um melhor precursor das anomalias de precipitação nessa região parece ser a Zona de Confluência dos Alísios (Uvo e Nobre, 1989).

Uvo e Nobre (1989) verificaram as relações entre a ZCIT (em  $35^{\circ}\text{W}$ ), as tensões de cisalhamento zonal e meridional do vento à superfície e as anomalias de TSM no Atlântico Tropical. Seus resultados mostram que o mês de março define a qualidade da estação chuvosa no norte do NEB

de tal forma que, se em março mantêm-se os padrões de TSM, cisalhamento zonal e meridional do vento, característicos de um ano chuvoso, estes padrões tendem a manter-se até maio. Se os padrões são para anos secos, dificilmente será revertido para um padrão de ano chuvoso.

Cavalcanti e Kousky (1982) fizeram um estudo observacional sobre a interação da linha de cúmulo-nimbos, observada na costa norte-nordeste da América do Sul, com a circulação de brisa marítima nessa região. Eles concluíram que a linha de cúmulo-nimbos é melhor definida nos meses de inverno do Hemisfério Sul, e a mudança na sua posição acompanha a variação sazonal da ZCIT e a variação latitudinal da região de confluência dos alísios. Além disso, a linha de cúmulo-nimbos sofre influências da aproximação de zonas frontais do Hemisfério Sul e impulsos dos alísios, além da ZCIT.

Algumas linhas de instabilidade geradas pelo deslocamento de superfícies frontais vindas do sul conseguem alcançar regiões mais ao sul do NEB, e afetam tanto a nebulosidade como seu regime de chuvas. Esses sistemas enfraquecem o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e produzem uma configuração de pressão à superfície, favorável à ocorrência de ventos de norte ou nordeste sobre o norte do NEB, os quais são observados frequentemente durante os períodos chuvosos nessa região (Kousky, 1979).

Abreu (1979), através de uma climatologia de 1967-1972, observou a penetração de sistemas frontais em Petrolina (9,4°S; 40,5°W), que ocorrem geralmente em novembro e dezembro. De acordo com Kousky (1979), a frequência desse tipo de sistema é maior de março a dezembro, enquanto nos meses de janeiro e fevereiro, a frequência é muito baixa, havendo uma tendência de os anos de maiores totais de precipitação no sul do NEB corresponderem a anos de

maior número de passagem de sistemas frontais. Lobo (1982) verificou um aumento da precipitação na parte norte do NEB quando a ZCIT interagia com zonas de convergência, tais como sistemas frontais e vórtices ciclônicos dos altos níveis.

Oliveira (1982) fez um esquema ilustrativo que mostra que a interação direta entre a ZCIT, os sistemas frontais do Atlântico Sul, adicionada à fraca atividade convectiva da Alta da Bolívia em 200hPa, aumenta a precipitação no período chuvoso no norte do NEB. Por outro lado, se a ZCIT e o sistema frontal não interagem diretamente e há intensa convecção sobre a Alta da Bolívia, os totais pluviométricos são reduzidos nessa região.

Oliveira (1986), através de uma climatologia de 1979-1984, verificou que os sistemas frontais frequentemente se associam e interagem com a convecção tropical, embora nem todos os sistemas frontais o façam com a mesma intensidade, havendo uma variação mensal no número de eventos de associação de sistemas frontais com a convecção tropical. Ressalta-se que, para haver forte interação entre os sistemas frontais e a convecção tropical, é necessário que os sistemas frontais apresentem grande penetração continental. A região entre 35°S e 25°S parece ser uma das regiões preferenciais para essas associações. A região entre 25°S e 20°S também é importante, sendo vista como o limite de penetração meridional para a maioria dos sistemas frontais que, às vezes, ficam estacionários na costa sudeste do Brasil. Os sistemas frontais que ultrapassam 20°S rumo ao NEB o fazem, na maior parte das vezes, com a convecção tropical associada à parte norte da Amazônia. Além disso, a maior frequência de interação entre os sistemas frontais e a convecção tropical, para os sistemas que ultrapassam 20°S, foi de abril a novembro, concordando com as observações de Kousky (1979).

Os vórtices ciclônicos dos altos níveis (baixas frias) são sistemas de baixa pressão formados na alta troposfera, possuindo uma circulação direta com movimentos ascendentes de ar quente e úmido na periferia e movimentos descendentes de ar frio e seco em seu centro (Gan, 1987). A época de maior incidência de vórtices ciclônicos de ar superior são os meses de dezembro a março (Kousky e Gan, 1981), e sua maior concentração ocorre sobre o NEB e em áreas oceânicas próximas à costa leste do NEB, afetando profundamente o clima dessa região (Gan, 1983). Oliveira (1986) observou que a formação dessas baixas frias formadas sobre o NEB parece estar relacionada com os sistemas frontais que organizam convecção tropical, pois aqueles que ultrapassam a latitude de  $25^{\circ}\text{S}$  costumam ficar estacionários por muitos dias, por ocasião da formação dessas baixas sobre o continente.

A importância do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, principalmente para o Brasil, foi ressaltada por Strang (1983), o qual mostrou o deslocamento geográfico médio do centro desse sistema ao nível do mar e nos níveis de 850, 700, 500 e 300hPa. O eixo desse sistema, em média, inclina-se com a altura sobre o Continente Sul-americano, mais ou menos em ângulo perpendicular à costa, atravessando o litoral no sul da Bahia. Verificou-se em um ano seco (1970) que o eixo do anticiclone inclinou-se meridionalmente para o norte, permanecendo sobre o oceano. Durante um ano chuvoso (1974), o eixo inclinou-se zonalmente para oeste, com grande penetração continental. Ele concluiu que o sentido em que se inclina o eixo do anticiclone parece ser importante para determinar as condições da estação chuvosa na região semi-árida do NEB (março a maio - MAM), e que em anos de chuva mais ou menos regulares o eixo deve inclinar-se em qualquer ângulo intermediário no quadrante noroeste.



A liberação de calor latente nas áreas de precipitação convectiva causam distúrbios que se propagam de leste para oeste, mais conhecidos como distúrbios de leste por tomar a forma de ondulações na corrente de leste, os quais possuem características distintas em várias regiões da faixa tropical, sendo melhor conhecidos no Hemisfério Norte do que no Hemisfério Sul.

Yamazaki e Rao (1977) destacaram algumas características dos distúrbios que se propagam para oeste no Hemisfério Sul através da inspeção visual de imagens de satélite, de tal modo que, a velocidade média de propagação dos distúrbios foi de 10m/s, o qual ocorreu com mais frequência entre as latitudes de 5°S-15°S. Os autores sugerem que tais distúrbios façam parte dos sistemas que causam precipitação no Litoral Leste do NEB.

Hall (1989) encontrou distúrbios com características de ondas de leste no Atlântico Sul. Ele concluiu que sua origem está quase certamente na África Equatorial Central e que os meses de máxima atividade convectiva são março e abril.

Ferreira et al. (1990) observaram distúrbios ondulatórios que se propagam de leste para oeste no Oceano Atlântico Equatorial. A maior frequência de ocorrência destes distúrbios se deu no trimestre MAM, seguido dos trimestres setembro-outubro-novembro (SON) e junho-julho-agosto (JJA) e, por último, do trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF). As características dos distúrbios foram distintas em MAM e JJA. Em MAM as ondas foram mais lentas, o período de vida foi em torno de cinco dias, a velocidade de propagação foi de aproximadamente 10m/s, e o comprimento das ondas foi de 4300km. Em JJA, as ondas foram mais longas (6900km), propagaram-se mais rapidamente

(13m/s), e o período de onda foi estimado em seis dias. Em DJF esses distúrbios pareceram ocorrer entre  $0^{\circ}$  e  $10^{\circ}\text{W}$  sobre o oceano.

## 2.2 - ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS DO NEB

Três regimes pluviais predominam no NEB de acordo com Strang (1972), os quais provêm de diferentes regiões e ocorrem em épocas distintas do ano. Os meses centrais de cada regime são dezembro, no interior sul da Bahia; março, na região compreendida pelo Estado do Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e seções interiores da Paraíba e Pernambuco, e maio, representativo das seções costeiras leste, do Rio Grande do Norte até o sul da Bahia (Figura 1.2).

A análise da precipitação feita por Strang (1972) mostrou que mais de 50% da precipitação anual ocorre em apenas três meses. Ele ressaltou que na região do alto e médio São Francisco, 60% dos totais anuais ocorrem de novembro a janeiro; na região formada pelo Estado do Maranhão, Piauí e Ceará, toda a região árida a oeste do Planalto da Borborema até o extremo norte da Bahia, mais de 60% dos totais anuais são distribuídos de fevereiro a abril, e que na costa leste do NEB 50% da precipitação anual ocorre de maio a julho.

A distribuição espacial dos trimestres mais chuvosos e mais secos para o Brasil, com uma climatologia de 1958-1978 (Climanálise, 1986), mostrou que a região NEB apresentou o trimestre mais chuvoso iniciando em dezembro, a sudoeste da região, e terminando em julho, a leste da região. O trimestre mais seco, que se desloca de sul para norte, começou em julho, prolongando-se até dezembro. Essas características também foram observadas por Aldaz (1971), Strang (1972), Azevedo (1974) e Marques (1981), com clima-

tologias analisadas nos períodos de 1914-1960; 1931-1960; 1931-1970 e 1971-1978, respectivamente.

Ramos (1975) ressaltou que o mecanismo principal que contribui para a ocorrência de precipitação no NEB é a convecção cúmulos, cujo desenvolvimento é causado pela convergência em baixos níveis e divergência em níveis superiores.

Kousky e Chu (1978) analisaram as variações interanuais na precipitação do NEB, encontrando picos de três a cinco anos na parte norte dessa região (Ceará, partes do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas) e picos de dois a três anos na parte sul da Bahia (a maior parte do Estado da Bahia, norte de Minas Gerais, partes de Sergipe e Alagoas e Rio Grande do Norte). A significância dos picos foi maior na parte sul do NEB, e o provável mecanismo responsável por estes picos são os sistemas frontais. Os picos observados na parte norte do NEB possivelmente estão relacionados a mudanças na Circulação do Hemisfério Norte.

Marques (1981), estudando a energética e o fluxo de vapor d'água na atmosfera sobre o NEB, encontrou que os mecanismos de convergência e divergência de vapor d'água na troposfera exercem um papel relevante na caracterização das estações seca e chuvosa da região NEB. As maiores diferenças entre as duas estações, em termos de exportação e importação de vapor d'água ocorreram nas partes norte e sul do NEB. O resultado mais importante é que as diferenças fundamentais entre as duas estações são reveladas através das fronteiras norte/nordeste e sul/sudeste. Isso leva a crer que as mudanças relevantes no balanço de vapor d'água na região devem estar ligadas à variação do posicionamento da ZCIT, associadas com possíveis penetrações de ar procedentes do sul do continente.

### 2.3 - EL NINO/OSCILAÇÃO SUL (ENOS)

A Oscilação Sul foi originalmente descrita por Walker (1923, 1924, 1928) e por Walker e Bliss (1930, 1932, 1937), citados por Ropelewski e Halpert (1987), para descrever uma flutuação (see-saw) global na PNM entre a Alta Subtropical do Pacífico Sudeste e a região de baixa pressão da Indonésia. O sinal desse fenômeno varia na escala de tempo de poucos meses a alguns anos (2-7 anos) (Trenberth, 1976), podendo ser identificado em vários campos meteorológicos e oceanográficos através de um índice denominado "Índice de Oscilação Sul", que indica sua intensidade e fase.

Há muitos índices da Oscilação Sul, computados de diversas variáveis meteorológicas, sendo os de pressão os mais comumente usados em sua representação e monitoramento (Chen, 1982; Wright, 1984). Estes índices geralmente são calculados tomando a diferença de pressão entre os dois centros de ação considerados representativos da Oscilação Sul, ou calculando os desvios de pressão em relação à média ou desvio padrão ( $\sigma$ ).

Trenberth (1976) aconselha o uso de valores sazonais (três meses) na construção dos IOS, uma vez que tal procedimento elimina algumas flutuações de períodos curtos (ruídos) não-relacionados à Oscilação Sul, que aparecem quando se consideram anomalias mensais.

A fase da Oscilação Sul é dada pelo sinal do IOS, sendo definida a fase positiva/negativa (valor positivo/negativo do IOS) quando o sistema de baixa pressão sobre a Indonésia e a alta pressão sobre o Pacífico Central Leste estão anormalmente fortes/fracos. Na fase positiva da Oscilação Sul, a atividade convectiva na região equatorial

permanece ao norte da sua posição normal no Pacífico Leste, resultando em condições mais secas na região equatorial. Na fase negativa, a atividade convectiva é maior nessa região e menor na região da Indonésia e norte da Austrália (Caviedes, 1973).

Trenberth (1976) resumiu a Oscilação Sul como sendo uma variação na intensidade da Circulação de Walker (CW). Este conceito foi confirmado por Stoeckenius (1981) ao estudar as anomalias anuais e sazonais da precipitação para os trópicos, observando que as variações da CW na troposfera tropical ocorre em fase com as variações da Oscilação Sul.

A CW refere-se à circulação na direção leste-oeste com movimento ascendente sobre o continente e descendente sobre o oceano (Figura 2.2). Na América do Sul a CW apresenta movimento ascendente sobre a Amazônia e descendente sobre o Atlântico, incluindo o NEB e possivelmente a costa oeste da África.

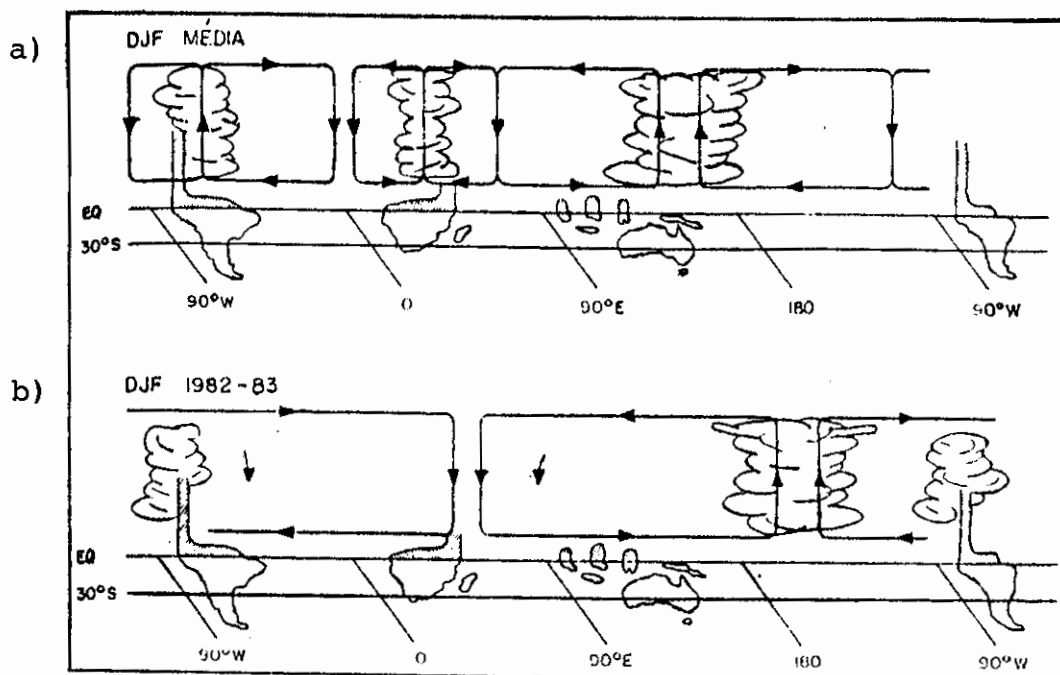


Fig. 2.2 - Diagrama esquemático da Circulação de Walker para (a) um ano normal (DJF) e (b) um ano de El Niño (DJF de 1982-1983).

FONTE: Climanálise (1987), p. 50.

Quando a CW é forte, as TSMs no Pacífico Leste Equatorial são baixas; a precipitação e a nebulosidade são baixas na mesma área e altas na Indonésia e Austrália; a pressão é relativamente baixa sobre o Oceano Índico, Indonésia e Austrália e alta sobre a maior parte do Pacífico Leste e sudoeste do Atlântico Norte, e há anomalias de tempo e circulação associadas em muitas partes do globo. Quando a CW é fraca ocorrem anomalias inversas.

Bjerknes (1966) estabeleceu as bases das relações entre as mudanças na estrutura termal dos oceanos e na circulação de grande escala no Pacífico. Ele mostrou que flutuações nas TSMs e na precipitação estão associadas com variações de larga escala no sistema de ventos alísios equatoriais que, por sua vez, refletem as principais variações do padrão de pressão ao nível do mar (PNM) na Oscila-

lação Sul, sugerindo haver uma relação entre este fenômeno e o El Nino. O fenômeno El Nino refere-se a um aumento anômalo das TSMs no Pacífico Leste Equatorial durante o verão do Hemisfério Sul, o qual ocorre durante a fase negativa da OS.

O fenômeno conjunto El Nino/Oscilação Sul é denominado de fenômeno ENOS. Extensa revisão sobre este fenômeno é encontrada em Hastenrath (1985), e as principais características comuns da maior parte dos eventos ENOS são encontradas em Rasmusson e Carpenter (1982), Yasunari (1987a, b) e Schneider e Fleer (1989).

As anomalias climáticas associadas com os eventos ENOS são altamente persistentes e ocorrem aproximadamente em todo o globo. A associação entre eventos ENOS e a precipitação vem sendo examinada para várias regiões, inclusive o NEB.

Ropelewski e Halpert (1986) apresentaram uma metodologia consistente para a definição geográfica das respostas da precipitação ao fenômeno ENOS, destacando na América do Sul duas regiões onde provavelmente isso ocorre. Seus resultados mostram que o norte da América do Sul (norte do Brasil Equatorial, Guiana Francesa, Suriname, Guiana e Venezuela) apresenta uma das mais consistentes relações entre a precipitação e o ENOS, e a intensidade dessa relação é dada pelo fato de nove das onze estações secas ocorrerem em associação com ENOS e nenhuma das estações chuvosas aparecerem durante anos de ENOS. No sul da América do Sul (sul do Brasil, Uruguai e parte nordeste da Argentina) essa relação não é tão forte, mas nota-se uma tendência para aumento da precipitação nessa região em anos de ENOS.

Aceituno (1988) estudando a atuação da Oscilação Sul sobre a América do Sul e áreas adjacentes nos Oceanos Atlântico Tropical e Pacífico Leste, encontrou configurações distintas de anomalias sobre o Atlântico Tropical em ambos os hemisférios relacionados à Oscilação Sul, principalmente no semestre do verão do Hemisfério Sul. Durante o período de janeiro a abril, a fase negativa da Oscilação Sul está associada com uma tendência para a pressão ser mais baixa no Atlântico Norte Tropical. Além disso, o cavado equatorial parece estar mais deslocado para o norte e os alísios de nordeste tendem a ser relativamente fracos. Anomalias opostas de vento e pressão prevalecem durante a fase positiva da Oscilação Sul no Pacífico Tropical e Atlântico Norte. Ele concluiu que a Oscilação Sul parece ser um fator importante para a variabilidade interanual do clima da América do Sul e, nessa época, esse fenômeno se manifesta em anomalias de precipitação sobre a maior parte dessa região.

#### 2.4 - FATORES RESPONSÁVEIS PELA VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO NO NEB

Com o estudo de teleconexões, as anomalias de precipitação no NEB têm sido associadas com anomalias de vários elementos meteorológicos em outras regiões do globo, e muitos sistemas dinâmicos da circulação atmosférica, além do fenômeno ENOS, são apontados como os responsáveis por tais flutuações.

Covey e Hastenrath (1978), estudando padrões de anomalias de campos meteorológicos e oceânicos na região do Atlântico Tropical e do Pacífico Leste mostraram que eventos extremos no Equador/Peru também estão associados a padrões de configurações distintos no Atlântico Tropical. A tendência para uma ligação entre eventos climáticos extremos no NEB e na costa do Equador/Peru parece estar relacio-



nada às variações de PNM invertidas nos dois oceanos. Eles observaram que em maio, desvios positivos de PNM no Atlântico Tropical antecedem anos secos em 84-89%, e que em anos extremamente chuvosos, desvios negativos de PNM em julho do ano precedente são da ordem de 89-93%.

Moura e Kagano (1982) mostraram que a variabilidade interanual da precipitação em anos extremamente secos no NEB não é um fenômeno local, mas estende-se desde a América do Sul até a África, e mais além.

Chu (1983) ressaltou que as características da circulação relacionadas às anomalias de precipitação na parte sul do NEB são menos distintas do que no norte dessa região, tendo-se apenas um conhecimento incompleto dos mecanismos da circulação associados com a variabilidade interanual das precipitações nessas regiões. As anomalias de precipitação na parte norte do NEB, ao contrário, são claramente definidas em termos de circulação de grande escala.

Buchmann et al. (1984) sugeriram que a ocorrência de secas no NEB é uma manifestação regional das variações atmosféricas de grande escala nos trópicos, assim como dos sistemas sinóticos de latitudes médias e altas. A resposta tropical aos sistemas forçantes de latitudes extratropicais parecem ser mais fortes no Atlântico Norte Tropical para anos chuvosos no NEB do que para anos secos nesta região.

As conexões entre a precipitação no NEB e a circulação geral de inverno no Hemisfério Norte, ao nível de 700hPa, foram estudadas por Rao e Brito (1985). Seus resultados mostraram que parece existir uma relação entre a Oscilação Sul no verão do Hemisfério Sul e a precipitação do NEB, com uma defasagem de dois meses. Observaram ainda

que as anomalias positivas de pressão sobre a alta do Estreito de Bering e a baixa pressão da Groenlândia, e anomalias negativas de PNM sobre a Sibéria e a parte sul da Europa causam uma tendência para a precipitação do NEB ser inferior à sua normal.

Nicholls (1988), comparando os mapas de variabilidade relativa da precipitação anual construídos por Conrad (1941), citado por Nicholls (1988), e o mapa de áreas onde a precipitação é consistentemente relacionada aos eventos ENOS, feitos por Ropelewski e Halpert (1987), testou a possibilidade de a precipitação ser mais variável em áreas onde as variações interanuais são relacionadas ao ENOS. Ele concluiu que a variabilidade da precipitação anual tende a ser substancialmente mais alta em áreas afetadas pelo ENOS, mesmo naquelas fora das áreas imediatas de influência do El Niño. Além disso, há uma amplificação da magnitude das flutuações da precipitação interanual nessas áreas de um terço a um meio, na maior parte das estações e que são devido ao ENOS.

## 2.5 - O LITORAL LESTE DO NEB

A faixa costeira leste do NEB, que estende-se do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, também conhecida como Zona da Mata, apresenta clima quente e úmido, totais pluviométricos elevados (1500-2000mm anuais), chuvas máximas no outono e inverno e curto período seco na primavera ou verão. A atividade básica da economia regional é a agricultura, onde o cultivo da cana-de-açúcar destaca-se desde a época do seu povoamento, embora haja outras culturas de significativa importância econômica. Dentre estas, podem-se citar o coco-da-baía, o fumo, o cacau, o algodão, o arroz, o tabaco, a banana, a agave, entres outros produtos tropicais. A criação de rebanhos é outra atividade que se destaca.

O Planalto da Borborema constitui a mais notável feição geomorfológica do Litoral Leste do NEB, que apesar de não possuir a importância das escarpas e maciços da Região Sudeste, o conjunto de relevos planálticos que compõem a Borborema, imprime características morfogenéticas, biogeográficas e pedológicas ao interior do NEB (Moureira, 1977).

Orientada de leste para oeste com uma escarpa em degraus ligeiramente paralelas à costa, a Borborema apresenta altitudes que variam de 700-800m, de onde emergem superfícies de altitudes superiores a 1000m (Serra do Triunfo, 1175m e Serra do Teixeira, 1090m). Além dessas superfícies elevadas, surgem outras superfícies embutidas com altitudes de 400-450m e, finalmente, superfícies rebaixadas com altitudes que variam de 100-300m (Moureira, 1977).

A costa leste do NEB está sob a influência da massa de ar tropical marítima que de um modo geral é condicionalmente instável, profunda e úmida, sendo uma consequência das perturbações nos ventos alísios e da penetração do ar frio polar nessa região (Ratisbona, 1976).

A penetração de ar frio das massas de ar polar normalmente está associada à formação de frentes frias em latitudes médias. Kousky (1979) observou que os sistemas frontais, ou seus restos, que atingem o sul da Bahia, podem safetar o regime de chuvas no norte e leste do NEB quando as condições da circulação atmosférica são favoráveis. Assim, os sistemas frontais, associados a cavados na média troposfera, poderiam reduzir a pressão em baixas latitudes e favorecer o movimento para o sul do cavado equatorial, aumentando a precipitação ao longo da costa leste do NEB. Oliveira (1986) ressaltou que este mecanismo não é fator suficiente para a formação da faixa convectiva, pois essa

advecção acontece sempre que o sistema frontal penetra em baixas latitudes e deve, principalmente, estabilizar a camada atmosférica em baixos níveis, fazendo com que a faixa convectiva tenha a mesma direção em que se dá essa penetração de ar frio. À medida que o sistema frontal se desloca, aumenta a região de penetração de ar frio, havendo também o deslocamento da região de céu claro.

Kousky (1980) sugere que a variabilidade mensal da precipitação na costa leste do NEB está diretamente relacionada à intensidade da brisa terrestre.

Cohen et al. (1989) observaram que a linha de instabilidade costeira, associada à brisa marítima que afeta o regime de chuvas no Litoral Leste do NEB é aquela que não se propaga continente adentro. Eles sugerem que o fator principal para o máximo pluviométrico junto à costa em maio-junho é o número de linhas que se formam nessa região. Essas linhas possuem uma largura até 170km, 68% dessas linhas apresentam um tempo de duração entre 6-12h e o máximo de linhas formadas na costa ocorre no mês de julho com um máximo secundário em abril. Cavalcanti e Kousky (1982) observaram que essas linhas se formam entre 10°S e 5°S.

CAPÍTULO 3DADOS E METODOLOGIA

A climatologia para o Litoral Leste do NEB baseou-se na análise da precipitação, elemento meteorológico que melhor evidencia as características das anomalias climáticas nos trópicos. Para tal, utilizaram-se séries temporais de totais mensais de precipitação e de totais mensais de dias com chuva, obtidas no Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), disponíveis na forma publicada (Brasil.DNOCS, 1969). Considerou-se um dia de chuva como sendo aquele em que a precipitação foi maior ou igual a 0,1mm. Foram usadas 49 estações pluviométricas com registro no período 1914-1958 e 14 estações com registro de 1921-1958, totalizando assim 63 estações pluviométricas bem distribuídas na área objeto desse estudo. A escolha das estações baseou-se na ocorrência do máximo pluviométrico nos meses de maio, junho ou julho, meses considerados chuvosos no Litoral Leste do NEB, segundo Strang (1972).

A distribuição espacial das 63 estações pluviométricas é visualizada na Figura 3.1, e a relação das estações, bem como suas coordenadas (latitude, longitude e altitudes), são apresentadas na Tabela A.1 (Apêndice A).

Com o conjunto de dados obtidos do DNOCS, calcularam-se as médias climatológicas anuais da precipitação (normais) e as médias climatológicas anuais de números de dias com chuva. Em seguida, as isolinhas dos dois campos foram traçadas e analisadas.

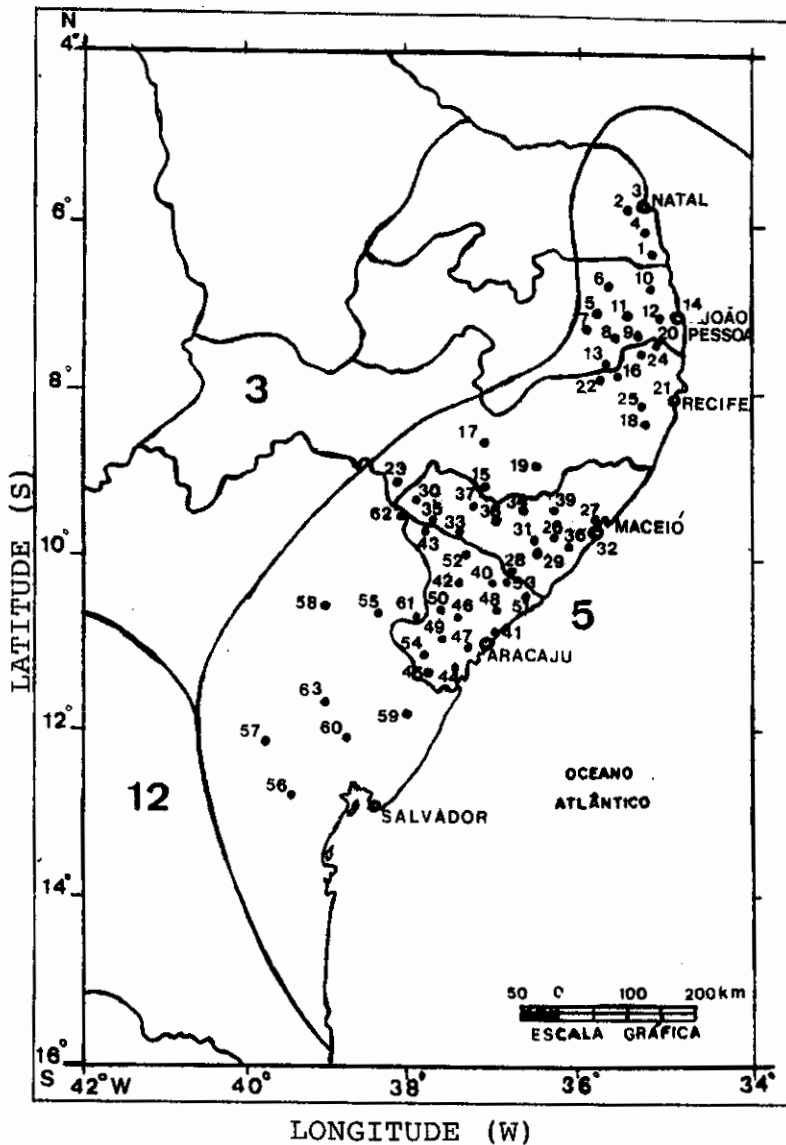


Fig. 3.1 - Distribuição espacial das estações pluviométricas no Litoral Leste do NEB, do conjunto de dados obtidos do DNOCS.

O período de dados é de 1914-1958. Os números referem-se às estações listadas na Tabela A.1 (Apêndice A).

Para definir os períodos chuvosos e secos no Litoral Leste do NEB, foram calculadas todas as combinações possíveis dos totais de precipitação nos dois, três e quatro meses consecutivos. Calcularam-se também as porcentagens de contribuições desses períodos em relação à média anual. Este é um dos critérios usados para medir a concentração sazonal do regime de chuvas (Azevedo, 1974; Nimer, 1979). Por este critério supõe-se que, caso as chuvas fossem igualmente distribuídas pelos doze meses do ano, cada mês receberia 8,33% do total anual. Então, os períodos de dois, três e quatro meses assim estabelecidos poderiam ser classificados em chuvosos ou secos, dependendo de as porcentagens de contribuições em relação à média anual estarem acima ou abaixo dos índices de 17%, 25% e 33%, respectivamente. Teoricamente, as chuvas são melhor distribuídas quanto mais próximas as porcentagens de contribuições, em relação à média anual, estiverem desses índices e são mais concentradas quanto mais se afastarem desses valores (Nimer, 1979).

Alguns parâmetros estatísticos foram calculados para cada estação pluviométrica usada nessa climatologia. Esses parâmetros são o  $\sigma$  e o coeficiente de variação (CV), este último definido com a razão percentual entre o  $\sigma$  e a normal climatológica da precipitação anual.

Embora o  $\sigma$  seja uma medida de dispersão temporal, este não exprime o grau de variabilidade interanual da pluviometria, mas apenas o posicionamento padrão dos desvios pluviométricos em relação à média climatológica, ano a ano. O grau de variabilidade interanual da precipitação é melhor visto através dos CVs, os quais exprimem os índices de dispersão da precipitação anual em torno da média climatológica. Assim, isolinhas de CVs foram traçadas e analisadas para o Litoral Leste do NEB.

Outro conjunto de dados de totais mensais de precipitação foi cedido pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e encontra-se disponível em fita magnética. Foram selecionadas 64 estações pluviométricas deste conjunto de dados, com vários registros dentro do período 1914-1983, cuja distribuição espacial é vista na Figura 3.2. A Tabela A.2 (Apêndice A) fornece suas coordenadas (latitude, longitude e altitude) de acordo com a publicação Brasil.DNAEE (1987) e os respectivos períodos de dados. Esse conjunto de dados foi utilizado nas demais etapas da pesquisa por apresentar um registro maior (70 anos).

A consistência do conjunto de dados do DNAEE foi feita utilizando o Método Estatístico para Teste automático de dados de precipitação (Fonseca et al., 1988). Este método consiste em uma análise estatística/meteorológica que visa a consistência climatológica. A análise estatística objetiva avaliar a variabilidade espacial dos dados desse banco. Para tal, organizaram-se as estações pluviométricas pertencentes a este banco de dados em quadrículas de 1° de latitude/1° de longitude, onde existem várias estações. O número de estações por quadrícula é variável (Fonseca et al., 1988).

Calculou-se a precipitação média mensal para cada quadrícula e, em seguida, os  $\sigma$  das séries mensais para cada estação, calculados em relação à média da quadrícula.

Um filtro foi aplicado a cada uma das estações da quadrícula, visando detectar valores de precipitação discordantes do campo médio da quadrícula. Esse filtro consistiu em impor que o valor da precipitação média em cada uma das estações não era superior ou inferior a três desvios padrões (Fonseca et al., 1988).



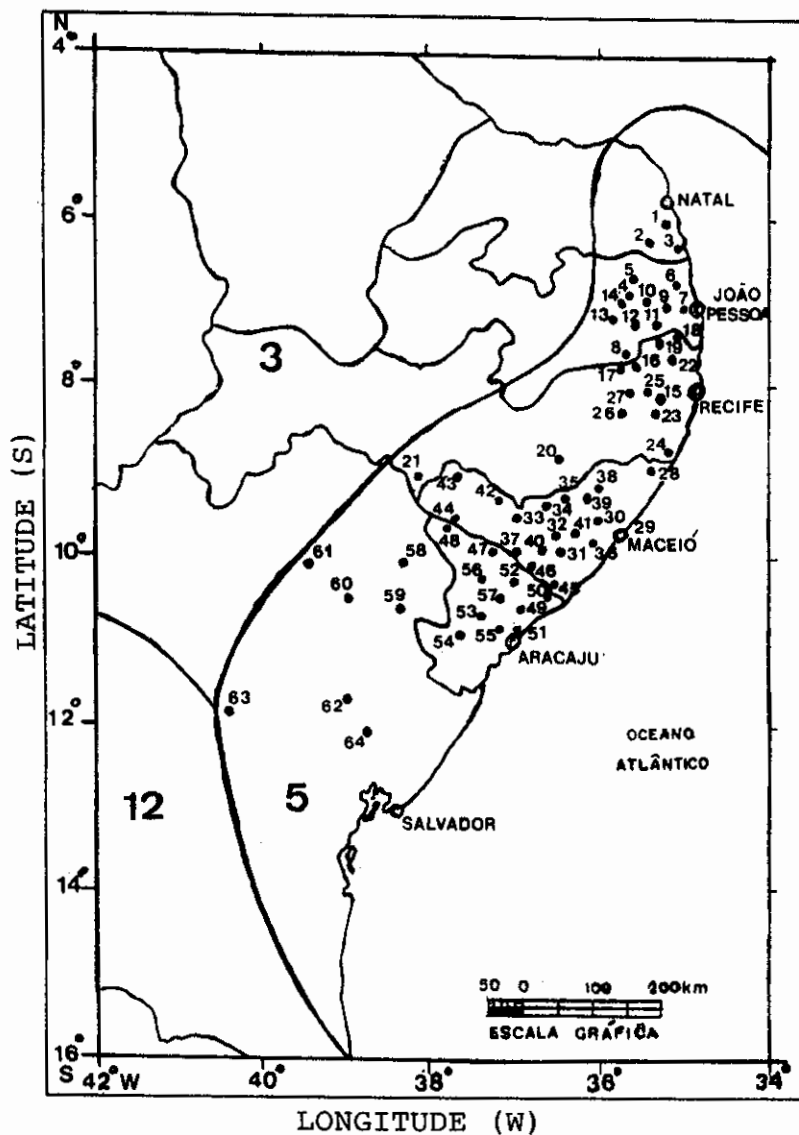


Fig. 3.2 - Distribuição espacial das estações pluviométricas no Litoral Leste do NEB, do conjunto de dados obtidos do DNAEE.

O período de dados é de 1914 a 1983. Os números referem-se às estações listadas na Tabela A.2 (Apêndice A).

A técnica usada para estudar a variabilidade interanual da precipitação foi o uso de séries temporais de índices pluviométricos (Ip). Esses índices são definidos

como desvios médios normalizados da precipitação anual (sazonal), calculados conforme metodologia descrita a seguir.

Inicialmente, calculam-se os totais anuais (sazonais) da precipitação para as  $n$  estações pluviométricas selecionadas para compor o índice. A seguir, calculam-se a média, os desvios da média e o desvio padrão das séries de totais anuais (sazonais) para todas as estações. Dividindo os desvios da média pelos desvios padrões obtêm-se os desvios normalizados para cada estação, em todos os anos. Finalmente, computa-se a média dos desvios normalizados das  $n$  estações para cada período de doze meses (janeiro-dezembro) e de dois meses (ou três ou quatro meses). Desse modo, o Índice Pluviométrico Anual (IPA) e o Índice Pluviométrico Sazonal (IPS) podem ser expressos, respectivamente, por:

$$IPA_i = (1/n) \sum_{j=1}^n (PA_{ij} - \overline{PA}_j) / \sigma_j, \quad (3.1)$$

$$IPS_i = (1/n) \sum_{j=1}^n (PS_{ij} - \overline{PS}_j) / \sigma_j, \quad (3.2)$$

onde

- PA (PS) = precipitação total anual (sazonal);
- $\overline{PA}$  ( $\overline{PS}$ ) = precipitação média anual (sazonal);
- $\sigma$  = desvio padrão da série de totais anuais (sazonais);
- $n$  = número de estações que compõem o IPA (IPS);
- $i, j$  = subíndices representativos do ano e da estação pluviométrica, respectivamente.

A distribuição espacial das estações consideradas para o cálculo dos IPA e IPSs para o norte, para o sul e para todo o Litoral Leste do NEB pode ser visualizada na Figura 3.3. A divisão do Litoral Leste do NEB em norte e sul foi considerada para verificar se a distribuição espacial das estações pluviométricas influenciaria nos resultados, uma vez que o maior número de estações localizava-se nessas áreas, enquanto na parte central do Litoral Leste do NEB, poucas estações estavam disponíveis. Dessa forma, considerou-se o norte do Litoral Leste do NEB (N), o sul do Litoral Leste do NEB (S) e todo o Litoral Leste do NEB (T.L.) nas análises, com 21, 32 e 53 estações, respectivamente, para o período 1914-1983.

A variabilidade interanual da precipitação, sob a escala temporal, foi investigada através da plotagem das séries temporais de índices pluviométricos anuais e da estação chuvosa do Litoral Leste do NEB, as quais mostram uma alternância de anos secos e chuvosos. Com base nesses índices, verificaram-se quais os anos onde as chuvas foram abaixo ou acima da média, identificando-se então os anos extremos secos e chuvosos nessa região.

Define-se que índices pluviométricos maiores ou iguais a  $0,6\sigma$  e menores ou iguais a  $-0,6\sigma$  são representativos dos anos chuvosos e secos, respectivamente. Anos que apresentam índices pluviométricos maiores ou iguais (menores ou iguais) a  $+1,0\sigma$  ( $-1,0\sigma$ ) são considerados extremamente chuvosos (extremamente secos).

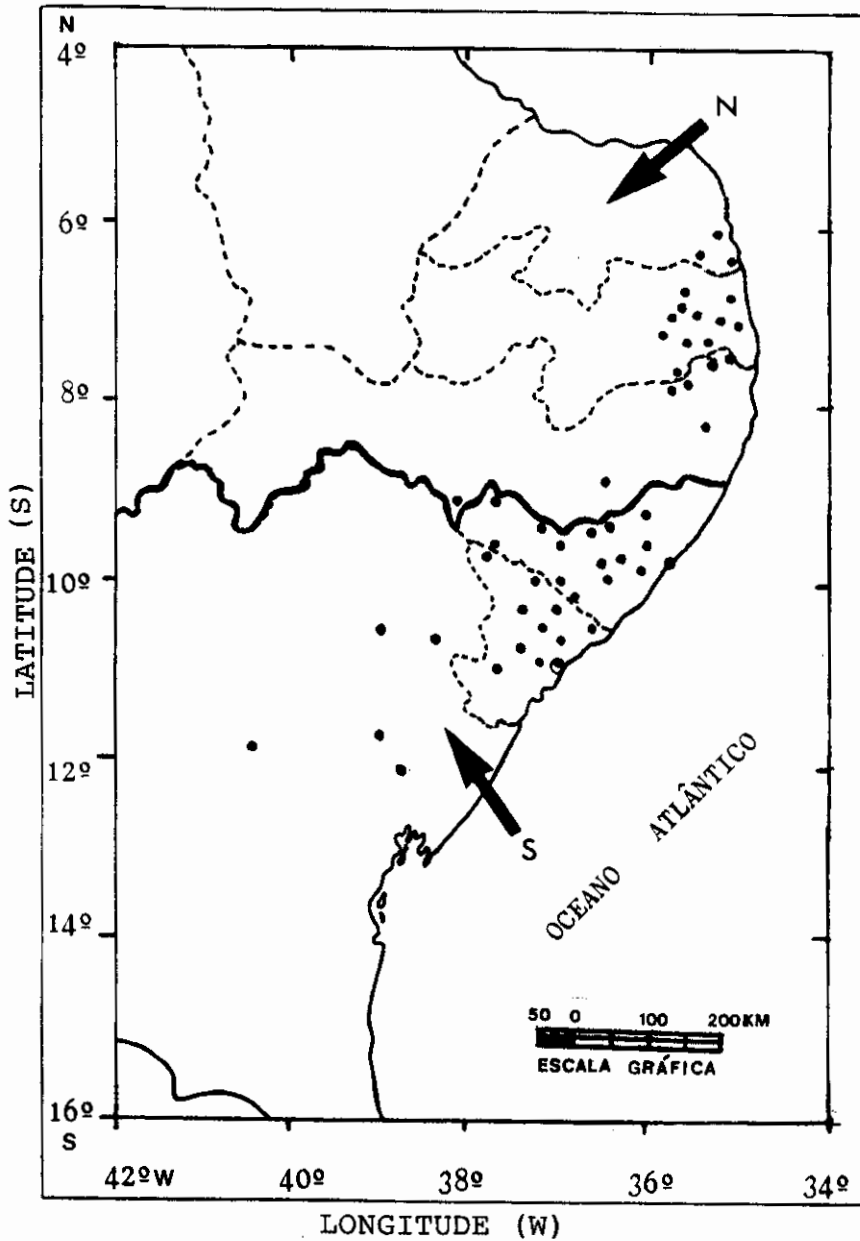


Fig. 3.3 - Distribuição espacial das estações pluviométricas usadas no cálculo dos índices pluviométricos anuais e sazonais referentes ao norte, ao sul e à todo Litoral Leste do NEB.

Consideraram-se 21, 32 e 53 estações em cada índice, respectivamente. A linha sólida grossa delimita o norte e o sul do Litoral Leste do NEB.

A variabilidade interanual da precipitação, sob a escala espacial, foi estudada através de composições da precipitação da estação chuvosa do Litoral Leste do NEB. Dez anos da precipitação da estação chuvosa considerados mais secos e dez anos mais chuvosos foram selecionados para as composições. Essa seleção, baseada nos limites estabelecidos acima para os índices pluviométricos, seguiu o seguinte critério: primeiro, escolheram-se os anos que foram extremamente chuvosos, seguidos dos anos chuvosos, no Litoral Leste do NEB como um todo. Finalmente, escolheram-se os anos extremamente chuvosos em uma das partes do Litoral Leste do NEB (norte ou sul) e que apresentavam índices pluviométricos positivos na outra parte (sul ou norte). Procedimento semelhante foi aplicado na seleção dos anos secos.

Então, foram construídas, para cada estação pluviométrica, séries temporais de desvios normalizados da precipitação da estação chuvosa, referentes aos dez anos mais chuvosos (secos). Uma média climatológica dos anos chuvosos (secos) foi efetuada para cada estação pluviométrica. Os mapas médios para os anos chuvosos (secos) foram confeccionados, plotando esses desvios médios, e as isolinhas foram traçadas e analisadas.

A fim de verificar a existência ou não de algum padrão temporal para a variabilidade interanual da precipitação no Litoral Leste do NEB, possíveis relações entre parâmetros da circulação atmosférica e a precipitação nessa região foram estudadas através do cálculo de correlações lineares entre tais parâmetros e índices pluviométricos anuais e sazonais construídos para o Litoral Leste do NEB. Os índices pluviométricos sazonais foram calculados para todas as combinações possíveis de períodos de dois, três e quatro meses. Esse procedimento foi tomado para verificar as relações entre o ciclo sazonal de tais parâmetros e a

precipitação no Litoral Leste do NEB. Os parâmetros de interesse nessa pesquisa são o IOS, as TSMs e o vento (componentes zonal e meridional). O teste t-student foi usado para verificar a significância estatística desses coeficientes de correlação linear.

O IOS considerado foi tabulado por Parker (1983), sendo definido como diferenças mensais de PNM entre Tahiti ( $18^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\text{W}$ ) e Darwin ( $12^{\circ}\text{N}$ ,  $131^{\circ}\text{W}$ ).

Como a normalização do Índice de Parker (anomalias de PNM sazonais (anuais) divididas pelo  $\sigma$  da série de diferenças de PNM sazonais (anuais) entre as duas estações citadas) não afeta sensivelmente as correlações (Elliott e Angell, 1988), considerou-se a série temporal de IOS normalizada para o período 1948-1983.

Os índices pluviométricos anuais e sazonais usados nas correlações com o IOS foram calculados com base na distribuição espacial das estações pluviométricas apresentadas na Figura 3.3. Considerou-se o período de 1948-1983.

As séries de IOS anuais e sazonais foram correlacionadas simultaneamente com as séries temporais de índices pluviométricos anuais e sazonais apropriados, considerando o período 1948-1983.

As séries mensais de TSM foram compiladas por Servain e Sévea (1987), estando disponíveis numa grade quadrada de  $2^{\circ}$  de latitude/ $2^{\circ}$  de longitude, no Oceano Atlântico Tropical, na área compreendida entre  $30^{\circ}\text{N}$  e  $20^{\circ}\text{S}$  e  $60^{\circ}\text{W}$  e o continente africano. Maiores informações sobre o processamento desses dados são encontradas em Servain et al. (1985). Por conveniência, utilizaram-se essas séries de

TSM numa grade quadrada de  $4^{\circ}$  de latitude/ $4^{\circ}$  de longitude, na área definida previamente. Esse conjunto de dados foi usado para verificar possíveis conexões entre anomalias anuais (sazonais) de TSM no Atlântico Tropical e as anomalias de precipitação sobre a costa leste do NEB, considerando o período 1964-1983.

No cálculo dos índices pluviométricos usados nas correlações com as séries temporais de anomalias de TSM, consideraram-se 53 estações pluviométricas selecionadas do conjunto de dados do DNAEE. A localização das estações é visualizada na Figura 3.4. Usaram-se 23, 30 e 53 estações no cálculo dos índices referentes ao norte, ao sul e a todo Litoral Leste do NEB, respectivamente.

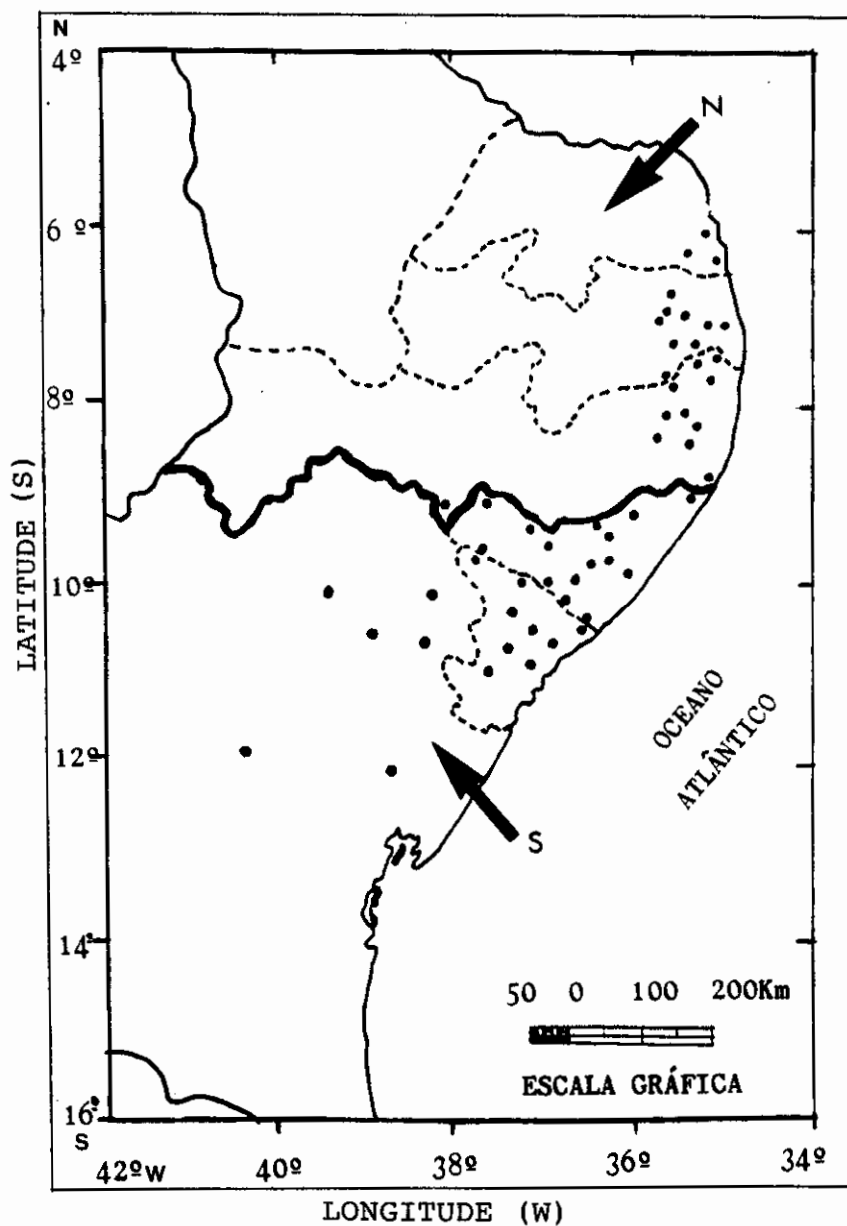


Fig. 3.4 - Distribuição espacial das estações pluviométricas usadas no cálculo dos índices pluviométricos anuais e sazonais referentes ao norte, ao sul e à todo Litoral Leste do NEB.

Consideraram-se 23, 30 e 53 estações em cada índice, respectivamente, no período 1964-1983.



Fez-se a correlação cruzada entre as séries temporais de anomalias normalizadas anuais e sazonais de TSM e as séries temporais de índices pluviométricos normalizados para o norte, o sul e todo o Litoral Leste do NEB. Calcularam-se correlações simultâneas e com "lags" até +5, isto é, a série de anomalias de TSM em um dado período foi correlacionada com as séries de anomalias de precipitação dos cinco períodos imediatamente posteriores. Essas correlações foram calculadas para todas as combinações possíveis de períodos de dois, três e quatro meses consecutivos. As isolinhas de coeficientes de correlação foram traçadas e analisadas.

No inverno do Hemisfério Sul (JJA) as características da circulação atmosférica no Atlântico Sul mostram o Anticiclone Subtropical mais intenso e os alísios de sudeste associados, também mais intensos, soprando perpendicular à costa leste do NEB. Essa configuração da circulação é favorável a um maior transporte de umidade para o continente. Para verificar como a posição e intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul, em baixos níveis, relacionam-se com as anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB, calcularam-se correlações lineares entre as componentes zonal (u) e meridional (v) do vento nas estações Ilha de Trindade ( $20^{\circ}30'S$ ;  $29^{\circ}19'W$ ) e Abrolhos ( $17^{\circ}58'S$ ;  $38^{\circ}42'W$ ) e a precipitação no Litoral Leste do NEB. A localização das estações Ilha de Trindade e Abrolhos é vista na Figura 3.5.

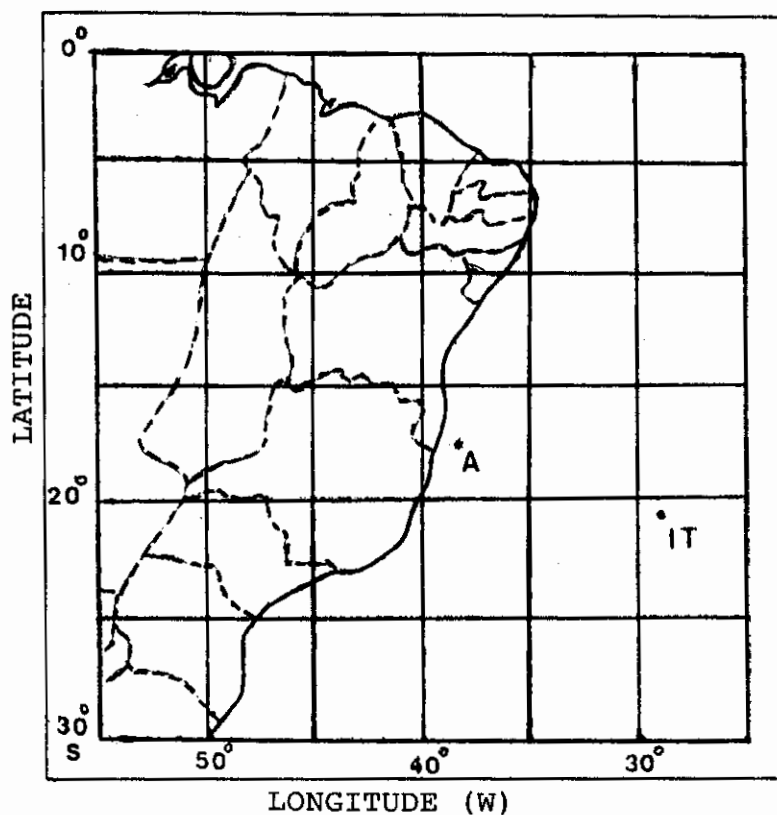


Fig. 3.5 - Localização geográfica das estações Ilha de Trindade (IT -  $20^{\circ}30'S$ ;  $29^{\circ}19'W$ ) e Abrolhos (A -  $17^{\circ}58'S$ ;  $38^{\circ}42'W$ ).

Os dados diários de vento à superfície na Ilha de Trindade e em Abrolhos foram cedidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - Brasil.DHN. Foram usados dados das 12UTC, no período 1964-1983.

Através de programas computacionais, calcularam-se as componentes zonal e meridional do vento para cada dia do mês, de cada ano. Em seguida, construíram-se séries temporais de médias mensais para cada componente. No cálculo das médias mensais, até sete falhas foram consideradas. Meses com mais de sete falhas foram desprezados.

Foram construídas séries temporais de médias sazonais das componentes zonal e meridional do vento para todas as combinações possíveis de períodos de dois, três e quatro meses, para as duas estações selecionadas. Também foram construídas séries temporais anuais para ambas as componentes do vento nessas estações. A normalização das séries assim estabelecidas seguiu a mesma metodologia descrita para o cálculo dos índices pluviométricos anuais e sazonais.

As séries normalizadas das componentes zonal e meridional do vento na Ilha de Trindade ( $u_1$  e  $v_1$ , respectivamente) e em Abrolhos ( $u_2$  e  $v_2$ , respectivamente) foram correlacionadas simultaneamente e com "lags" até +5 períodos sazonais posteriores, com os índices pluviométricos para o norte, o sul e todo Litoral Leste do NEB. Os índices pluviométricos são os mesmos usados nas correlações com as séries temporais de anomalias de TSM.

As características da circulação atmosférica em quatro anos considerados extremos foram analisadas através de um estudo climatológico. Os anos selecionados foram 1983 e 1987 como secos, e 1988 e 1989 como anos chuvosos, no Litoral Leste do NEB. Nesses anos, condições adversas (secas e enchentes) foram registradas, causando grande perda de vidas humanas e muitos prejuízos materiais. Para tal estudo, utilizaram-se dados de totais mensais de precipitação e de porcentagem da normal mensal, para os quatro anos, coletados da publicação Boletim Agroclimatológico (1983, 1987, 1988, 1989). Esses dados foram usados para o cálculo dos desvios mensais de precipitação, normalizados pela respectiva média mensal, para os meses de abril, maio, junho e julho.

Mapas mensais, para os quatro anos selecionados, foram construídos plotando para cada estação pluviométrica, os desvios normalizados da precipitação correspondente àquele mês. Os mapas se estendem além dos limites da área de estudo, pois usaram-se todas as estações pluviométricas do Estado do Rio Grande do Norte até o Estado da Bahia, disponíveis nos boletins, para ajudar no traçado das isolinhas.

Mapas de anomalias de TSM, coletados do Oceanographic Monthly Summary, disponíveis apenas para os anos de 1983 e 1987 (para os meses de abril, maio, junho e julho), foram usados para verificar como as configurações de anomalias de TSM no Atlântico Tropical se relacionam às anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB nesses anos extremos. As anomalias de TSM, para os anos de 1988 e 1989, nos quatro meses considerados, foram obtidas da publicação Climanálise, da Secretaria da Ciência e Tecnologia - SCT/INPE.

Além disso, fez-se uso de mapas de pressão ao nível do mar, anomalias de vetor vento em 850hPa, localização geográfica média do eixo da ZCIT no Atlântico, anomalias de Radiação de Onda Longa (ROL), seções estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no litoral do Brasil, disponíveis nos boletins Climanálises de 1987, 1988 e 1989, para ajudar na análise das condições atmosféricas durante esses eventos extremos.

A Tabela A.3 (Apêndice A) sumaria as fontes de dados utilizados, períodos de registros, e informações sobre a utilização de cada conjunto de dados.

## CAPÍTULO 4

### DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo discutem-se os aspectos regionais das chuvas no Litoral Leste do NEB com ênfase na variabilidade interanual da precipitação nessa região, a qual é estudada nas escalas espacial e temporal. A seguir, procura-se estabelecer relações entre o IOS e outros parâmetros meteorológicos com a precipitação no Litoral Leste do NEB. Apresenta-se uma análise climatológica de quatro anos de contraste (dois anos secos e dois anos chuvosos) no Litoral Leste do NEB.

#### 4.1 - CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO

A Figura 4.1 apresenta as normais climatológicas da precipitação anual. Observa-se que toda a costa leste do NEB possui valores anuais relativamente altos (acima de 600mm/ano) e inclui regiões onde a precipitação atinge 1600mm/ano (estreita faixa costeira de Pernambuco e Paraíba e uma pequena região no litoral de Sergipe). As isolinhas se distribuem paralelas à costa, apresentando um decréscimo brusco no sentido do litoral para o interior, notado pela distribuição das isoietas estreitamente compactadas. A isoietas de 600mm/ano indica a aproximação para a região mais árida do NEB, onde os totais pluviométricos são muito reduzidos (400mm/ano). Observa-se a oeste do Estado de Alagoas e na parte central de Pernambuco um centro de 1200mm/ano. Possivelmente, esse centro está associado a chuvas orográficas, devido à presença do Planalto da Borborema nessa região.

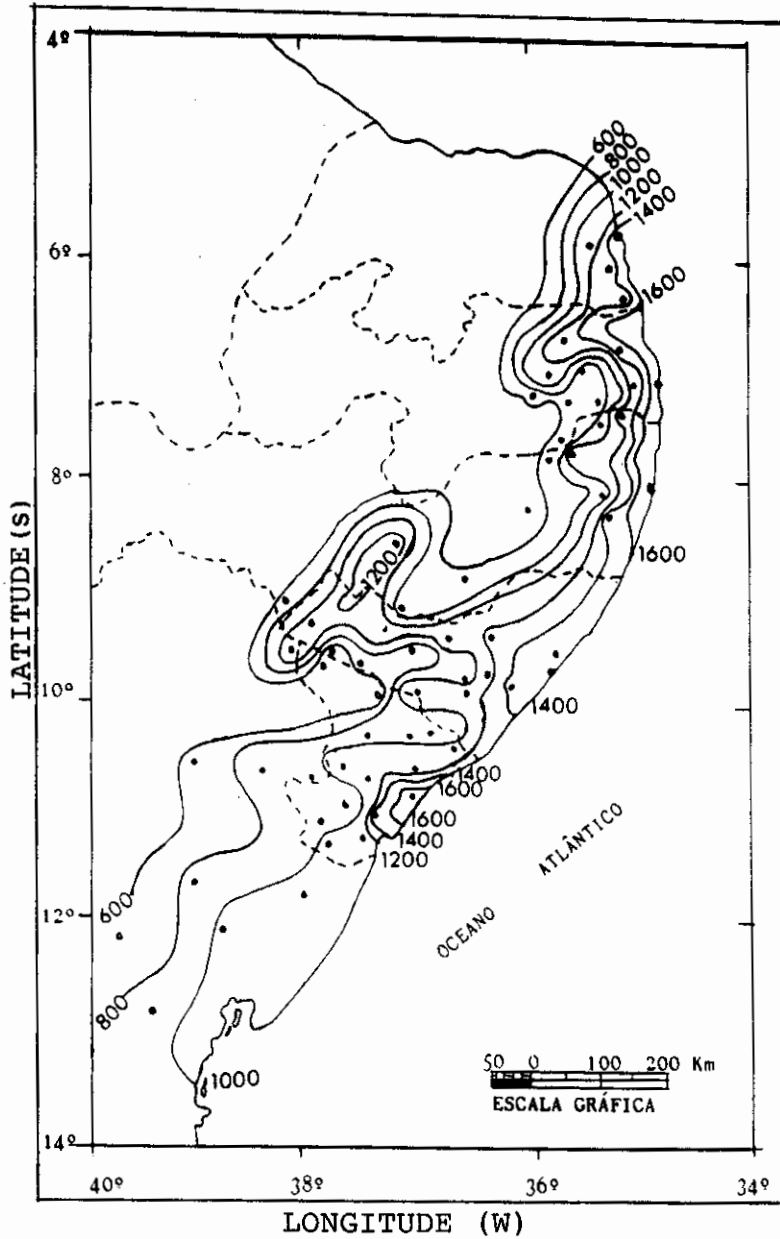


Fig. 4.1 - Isoietas médias anuais para o período 1914-1958, numeradas em milímetros.

As isolinhas de médias climatológicas de número de dias por ano com chuva são apresentadas na Figura 4.2. Os maiores números de dias por ano com chuva (180-220 dias/ano) foram encontrados em uma faixa estreita da costa leste do NEB, desde a Paraíba até o Estado da Bahia. O valor das isolinhas vai diminuindo à medida que se avança

para o continente, chegando a 80 dias/ano nas regiões mais interioranas.

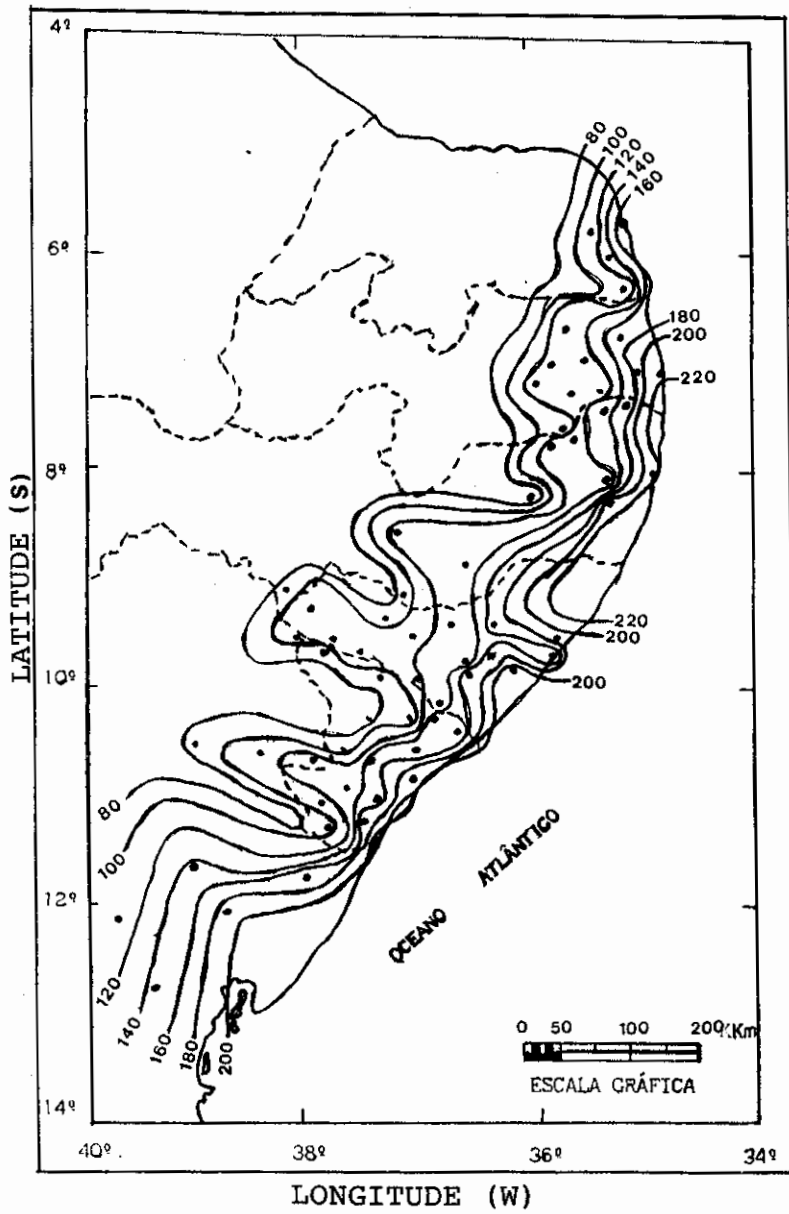


Fig. 4.2 - Isolinhas médias anuais de dias com chuva para o período 1914-1958, numeradas em dias.

Chuvas intensas parecem ocorrer na área onde se observou o máximo pluviométrico anual de 1200mm, pois ela coincide com a região de menor número de dias por ano com chuva (100 dias/ano). Esse fato reforça a hipótese de que esse máximo é causado por efeitos orográficos.

Comparando as Figuras 4.1 e 4.2, verifica-se que os maiores totais anuais da precipitação correspondem ao maior número de dias por ano com chuva, ambos decrescendo do litoral para o interior.

A Tabela B.1 (Apêndice B) apresenta parâmetros estatísticos referentes a cada estação pluviométrica usada nessa climatologia. Esses parâmetros são  $\sigma$ , o CV, as normais climatológicas da precipitação anual e as normais climatológicas de números de dias por ano com chuva (MC). Observa-se nessa tabela que os desvios padrões variaram de 200-400mm, chegando a ultrapassar 500mm em algumas regiões. Esses índices podem ser considerados altos, quando comparados com os índices para o sertão semi-árido (inferiores a 250mm).

A Figura 4.3 apresenta as isolinhas de CVs para o Litoral Leste do NEB. De modo geral, a variabilidade interanual da precipitação é relativamente grande nesta região (CVs que variam de 20% a 40%). Nas regiões mais para o interior do Litoral Leste do NEB, os CVs foram superiores a 40% (índices característicos do sertão semi-árido).



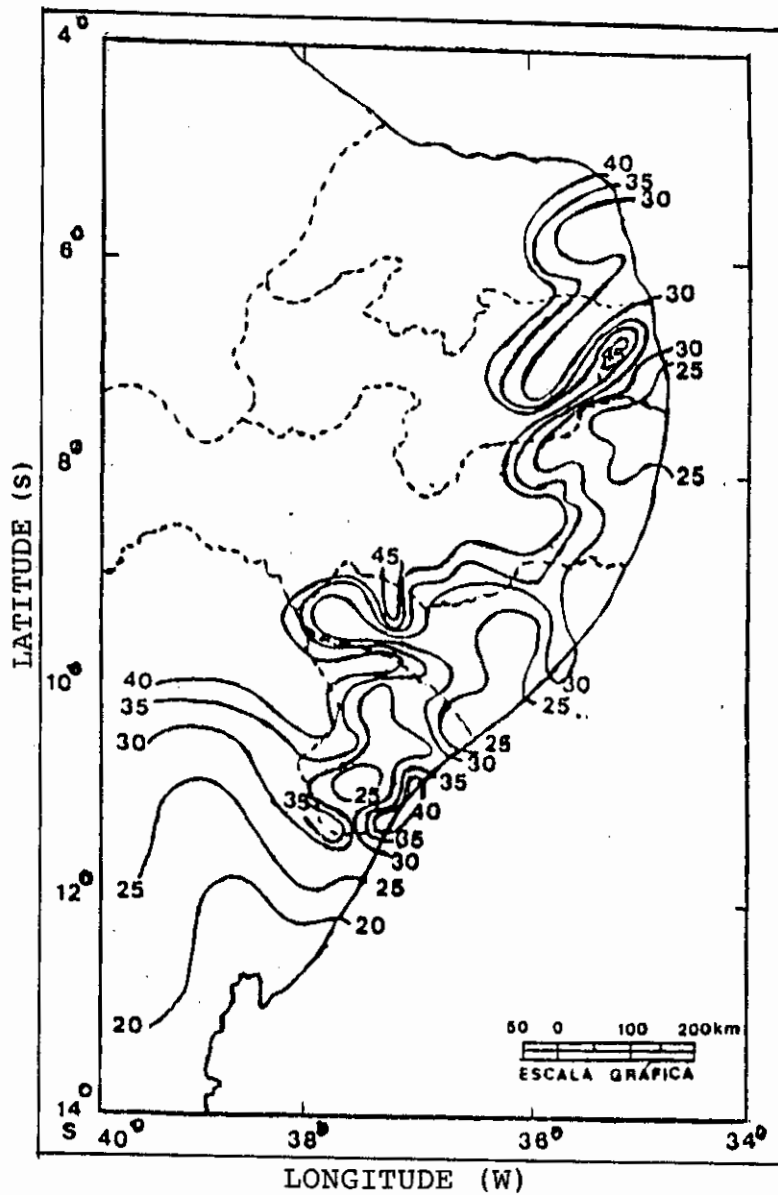


Fig. 4.3 - Isolinhas de coeficientes de variação (CV), considerando o período 1914-1958, numeradas em porcentagem.

As características da precipitação, relativas à variabilidade interanual em anos extremos (chuvosos e secos), serão discutidas no próximo item.

As distribuições espaciais dos bimestres, trimestres e quadrimestres mais chuvosos e mais secos são apresentadas nas Figuras 4.4, 4.5 e 4.6, respectivamente. As Tabelas B.2 e B.3 (Apêndice B) sumarizam esses resultados com as respectivas porcentagens de contribuições em relação à média anual.

A Figura 4.4a mostra que o período maio-junho (MJ) é o mais representativo do bimestre chuvoso em praticamente todo o Litoral Leste do NEB e contribui com 30% para a média anual (Tabela B.2). Para o bimestre mais seco (Figura 4.4b), dois regimes são identificados. Um deles ocorre em outubro-novembro (ON), que abrange toda a parte litorânea leste do Estado do Rio Grande do Norte, estendendo-se até a parte centro-leste do Estado de Alagoas. Sua contribuição para a média anual é de aproximadamente 4%. O outro, no sul do Litoral Leste do NEB, apresenta períodos secos mais regionais: em setembro-outubro (SO), na parte oeste do Estado de Alagoas, parte centro-sul de Pernambuco, noroeste de Sergipe e parte central do Estado da Bahia; em janeiro-fevereiro (JF), em uma estreita faixa na parte central de Sergipe, e em dezembro-janeiro (DJ), nas demais regiões do sul do Litoral Leste do NEB. As máximas contribuições desses bimestres, para a média anual, foram em torno de 7%, 8% e 7%, respectivamente.

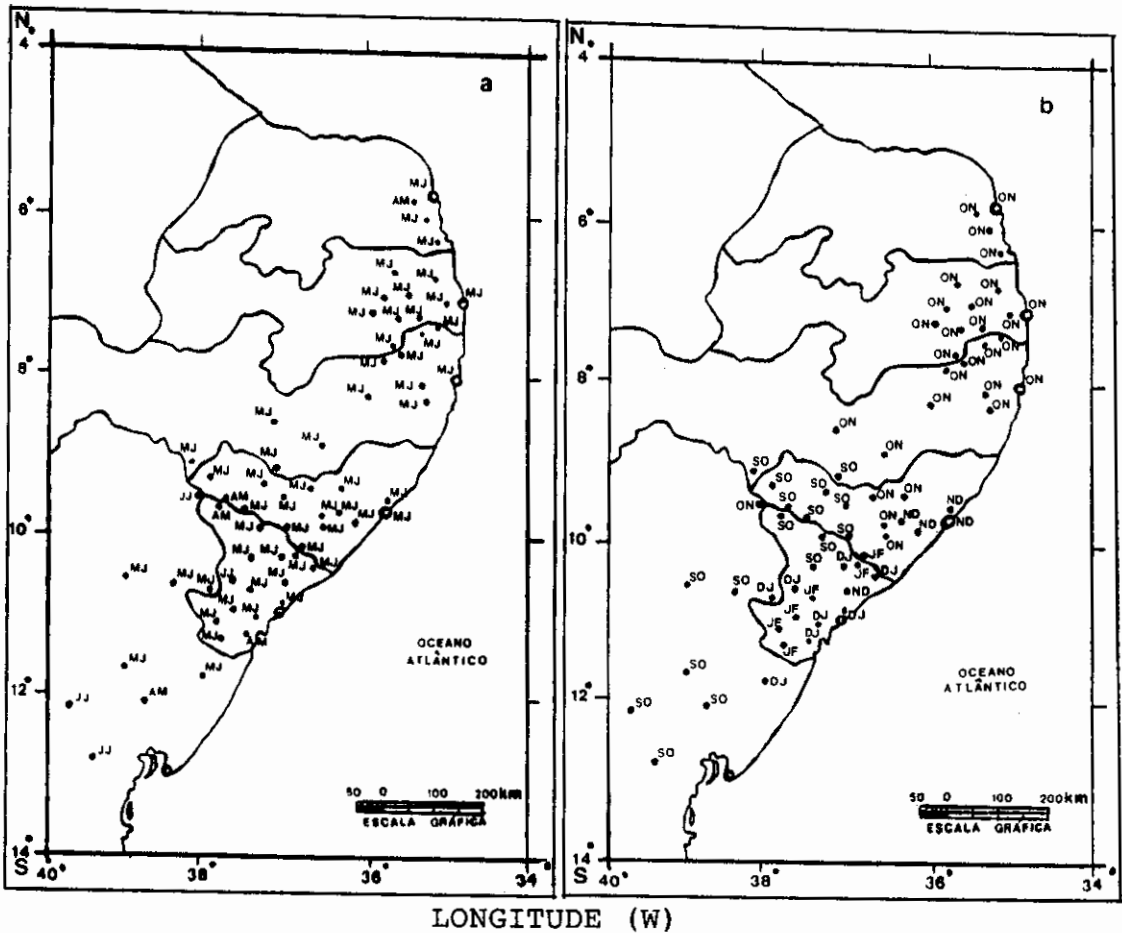


Fig. 4.4 - Distribuição espacial dos bimestres a) mais chuvosos e b) mais secos para o Litoral Leste do NEB, com uma climatologia de 1914-1958.

Dois regimes bem definidos foram identificados nas partes norte e sul do Litoral Leste do NEB em termos de trimestres chuvosos (Figura 4.5a). No norte da região, o trimestre AMJ contribui com 40% para a média anual. No sul, o trimestre MJJ contribui com 45% para a média anual.

A Figura 4.5b apresenta a distribuição espacial dos trimestres mais secos, onde OND é o trimestre mais seco no norte do Litoral Leste do NEB, incluindo a parte leste do Estado de Alagoas. Sua contribuição para a média anual foi em torno de 5%. No sul do Litoral Leste do NEB,

observaram-se períodos secos de três meses distribuídos mais regionalmente. Na parte centro-sul de Pernambuco, oeste de Alagoas, oeste de Sergipe e nordeste da Bahia, o trimestre setembro-novembro (SON) contribui com 11% para a média anual; no litoral leste da Bahia, o trimestre agosto-outubro (ASO) contribui com 16% para a média anual e, no Estado de Sergipe, a contribuição do trimestre DJF, para a média anual, foi em torno de 11% .

Os quadrimestres mais chuvosos e mais secos (Figuras 4.6a e b, respectivamente) foram abril-maio-junho-julho (AMJJ) e setembro-outubro-novembro-dezembro (SOND) na maior parte da costa leste do NEB, os quais contribuem com aproximadamente 60% e 10% para a média anual, respectivamente.

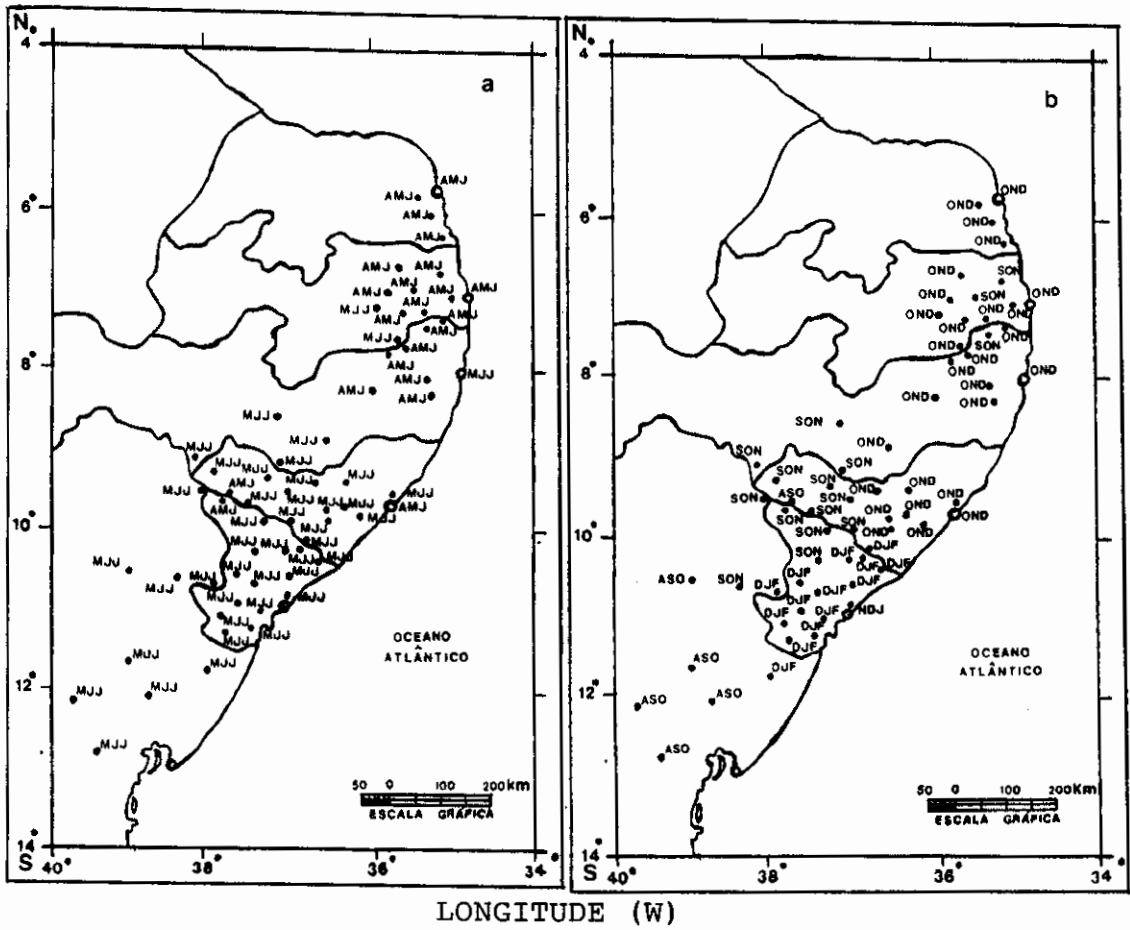


Fig. 4.5 - Distribuição espacial dos trimestres a) mais chuvosos e b) mais secos para o Litoral Leste do NEB, com uma climatologia de 1914-1958.

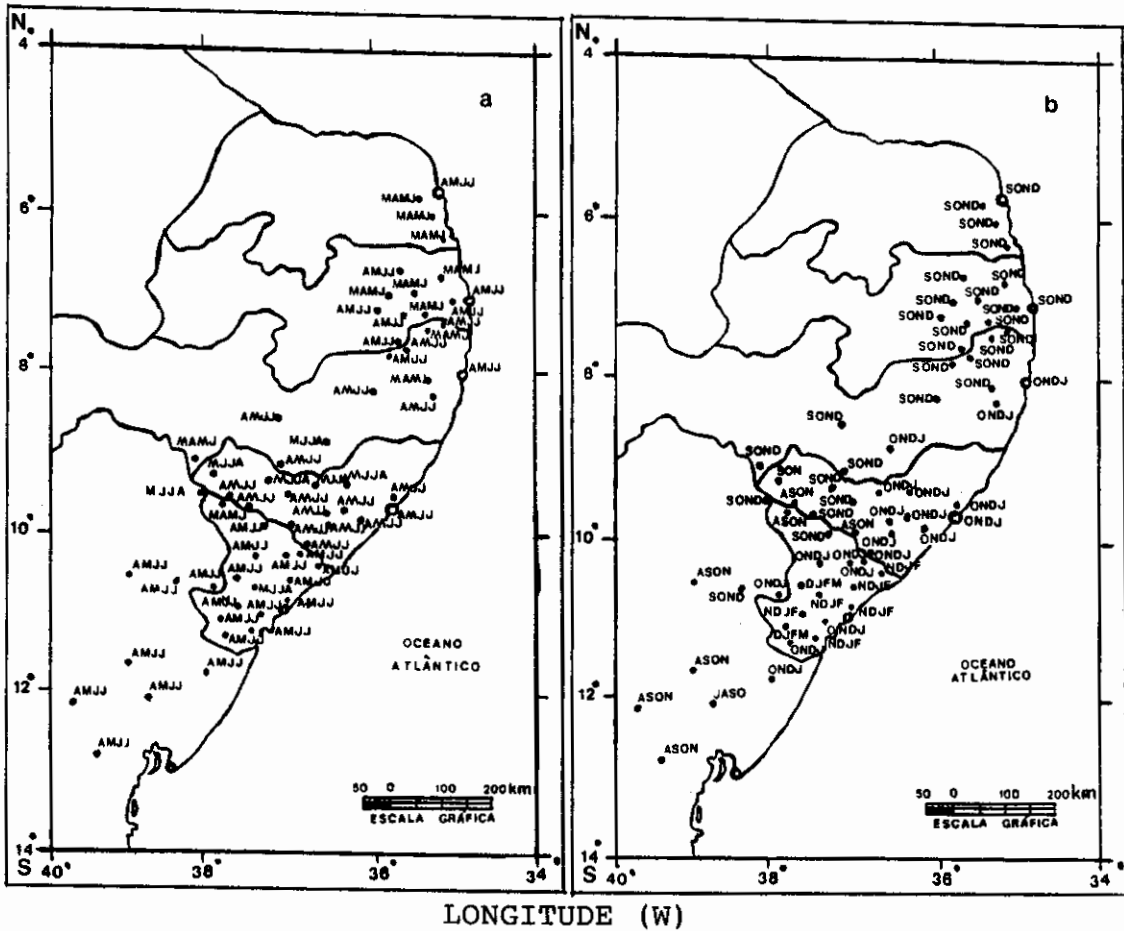


Fig. 4.6 - Distribuição espacial dos quadrimestres a) mais chuvosos e b) mais secos para o Litoral Leste do NEB, com uma climatologia de 1914-1958.

Do exposto acima, observa-se que MJ e ON são os meses centrais dos períodos chuvosos e secos, respectivamente. Estes resultados eram esperados, pois os meses mais chuvosos foram maio (contribuição em torno de 16% para a média anual) e junho (contribuição em torno de 14% para a média anual) para a maior parte do Litoral Leste do NEB. O mês de outubro foi o mais seco (contribuição em torno de 2% para a média anual), sendo os valores de setembro, novembro, dezembro e janeiro, os menores, porém não tão baixos.

Vale ressaltar que os períodos de dois, três e quatro meses chuvosos e secos foram homogeneamente distribuídos no norte do Litoral Leste do NEB, caracterizando um regime de chuvas mais sazonal. No sul do Litoral Leste do NEB as chuvas de mesmo regime distribuem-se em pequenas áreas, o que leva a supor que mais de um mecanismo atua nessa região, e podem ser ressaltados os sistemas frontais e os ventos associados à Alta Subtropical do Atlântico Sul.

Em termos de distribuição espacial, os bimestres definiram melhor o período chuvoso. Entretanto, pode-se considerar os quadrimestres AMJJ e SOND como representativos da estação chuvosa e seca, respectivamente, no Litoral Leste do NEB, uma vez que estes períodos contribuíram de maneira expressiva para a média anual.

#### 4.1.1 - VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DO NEB

A variabilidade interanual da precipitação da estação chuvosa (extremamente chuvosa e extremamente seca) no Litoral Leste do NEB foi investigada através de índices pluviométricos construídos para a região, considerando 70 anos de dados (1914-1983).

Os índices pluviométricos anuais para o norte, o sul e considerando o Litoral Leste do NEB como um todo, estão plotados nas Figuras 4.7a, b e c, respectivamente, na forma de séries temporais. Esses resultados estão sumariados na Tabela B.4 (Apêndice B), e as normais climatológicas e os  $\sigma$  para todas as estações selecionadas encontram-se na Tabela B.5 (Apêndice B). Comparando as Figuras 4.7a, b e c, e verificando a Tabela B.4 (Apêndice B), observaram-se que os anos de 1914, 1924 e 1964 foram extremamente chuvosos no Litoral Leste do NEB como um todo (con-

siderando tanto as partes norte e sul separadamente, como o Litoral Leste do NEB como um todo), apresentando os maiores índices positivos: em 1914 (1,84 $\sigma$ ; 1,49 $\sigma$ ; 1,61 $\sigma$ ), em 1924 (1,45 $\sigma$ ; 1,35 $\sigma$ ; 1,39 $\sigma$ ) e em 1964 (2,15 $\sigma$ ; 1,75 $\sigma$ ; 1,90 $\sigma$ ). Os números entre parênteses referem-se aos índices pluviométricos anuais para o norte, o sul e todo o Litoral Leste do NEB, respectivamente. A classificação adotada para anos chuvosos (secos) e extremamente chuvosos (extremamente secos) foi definida no Capítulo 3.

O ano de 1915 foi extremamente seco no Litoral Leste do NEB, com índices anuais de -1,07 $\sigma$  no norte; - 1,02 $\sigma$  no sul, e -1,04 $\sigma$  em toda a região.

Outros anos considerados extremamente chuvosos foram 1940, 1974 e 1978 no norte, e 1921, 1966 e 1977 no sul do Litoral Leste no NEB. Os anos 1928, 1932 e 1983 foram extremamente secos no sul do Litoral Leste do NEB, e o ano de 1952 foi extremamente seco no norte da região.



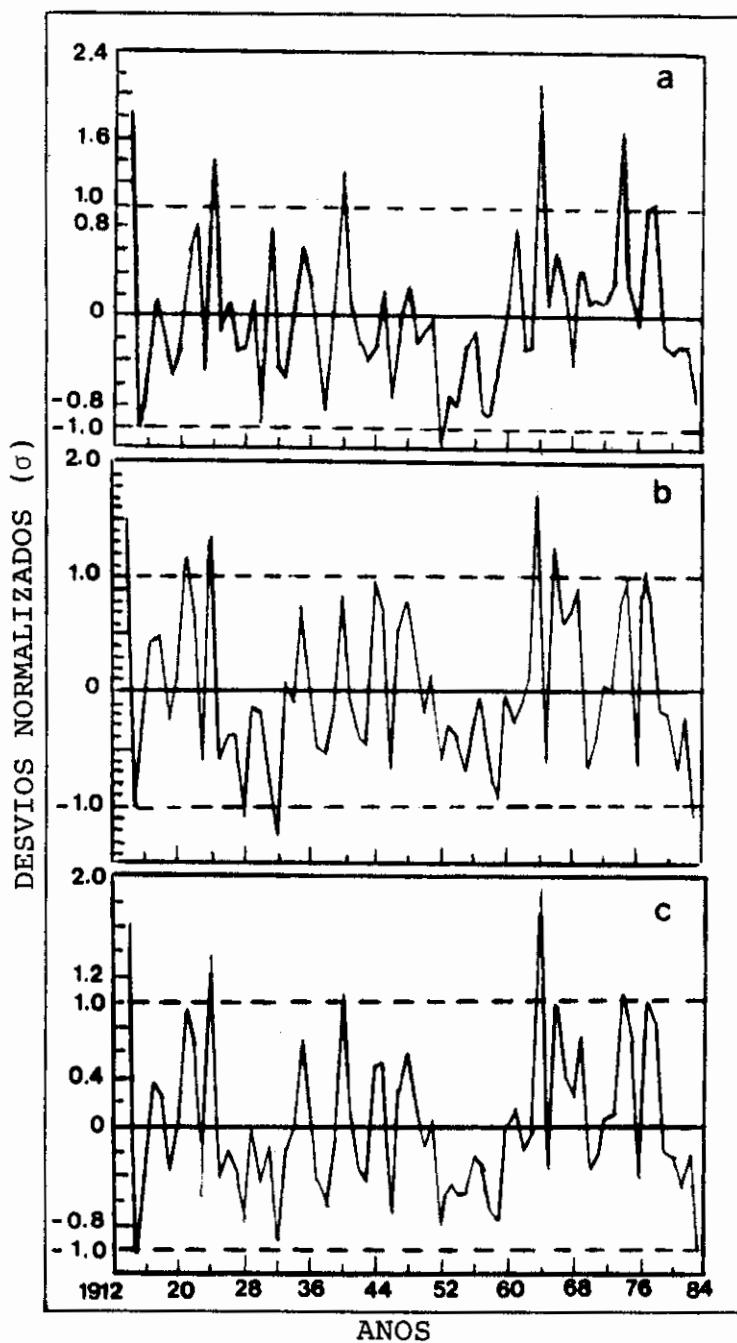


Fig. 4.7 - Séries temporais de desvios médios normalizados da precipitação anual para: a) o norte; b) o sul; c) todo Litoral Leste do NEB, no período 1914-1983.

Observou-se, em alguns anos, que quando o ano foi extremamente chuvoso na parte norte (sul) do Litoral Leste do NEB, foi chuvoso na parte sul (norte) dessa região. Esta característica também foi válida para o caso extremamente seco/seco. Assim, podem-se citar os anos de 1940, 1974 e 1978, como extremamente chuvosos no norte e chuvosos no sul do Litoral Leste do NEB; 1977, como extremamente seco no norte e seco no sul da região, e 1983, como extremamente seco no sul e seco no norte dessa região.

Um fato que merece destaque é que, em alguns anos secos no norte do Litoral Leste do NEB (1930, 1938, 1953, 1954, 1957 e 1958), os índices pluviométricos no sul da região foram negativos, mas baixos. Isso indica que, nestes anos, a precipitação no Litoral Leste do NEB foi abaixo ou próximo da normal em toda a região, embora a parte norte tenha apresentado condições mais secas.

Nos anos chuvosos essa característica ressaltada acima não foi tão marcante como nos anos secos. O ano de 1922 foi chuvoso no norte do Litoral Leste do NEB (índice de  $0.84\sigma$ ) e, no sul da região, o índice pluviométrico foi positivo e próximo do valor limite estabelecido para ano chuvoso ( $0.59\sigma$ ). Entretanto, os anos de 1931 e 1961 mostraram condições de mais chuvosos no norte ( $0,80\sigma$  e  $0,92\sigma$ , respectivamente) e de mais secos no sul do Litoral Leste do NEB (índices de  $-0,66\sigma$  e  $-0,31\sigma$ , respectivamente).

Esses resultados indicam que a variabilidade interanual da precipitação é alta, e a incidência de anos extremos (chuvosos e secos) é uma das características marcantes da precipitação nessa região.

Os índices pluviométricos da precipitação de AMJJ, considerando as partes norte, sul e todo o Litoral Leste do NEB, estão plotados nas Figuras 4.8a, b e c, respectivamente, na forma de séries temporais. A Tabela B.6 (Apêndice B) apresenta as séries temporais para cada uma dessas regiões. Verificaram-se que as estações chuvosas de 1924, 1964 e 1977 foram extremamente chuvosas; as de 1935, 1951(\*\*\*\*) e 1969(\*\*\*\*) foram chuvosas, e as estações chuvosas de 1981 e 1983(\*\*\*\*) foram extremamente secas, tanto no norte como no sul do Litoral Leste do NEB. Os números assinalados com um, dois, três e quatro asteriscos indicam anos de El Nino fraco, moderado, forte e muito forte, respectivamente, de acordo com a classificação de Quinn et al. (1978), citados por Rasmusson e Carpenter (1982).

As estações chuvosas de 1915(\*) e de 1980 foram secas no norte do Litoral Leste do NEB e extremamente secas no sul dessa região. A estação chuvosa de 1974 foi extremamente chuvosa no norte e chuvosa no sul da região, e a de 1966 foi chuvosa no norte e extremamente chuvosa no sul da região.

Os outros anos onde a estação chuvosa do Litoral Leste do NEB foi classificada como extremamente chuvosa foram 1914, 1922, 1940 e 1978 no norte e 1921, 1944(\*\*), 1945 e 1975 no sul desta região. Estações chuvosas consideradas extremamente secas ocorreram em 1938 no norte, e 1928, 1932(\*), 1956, 1970 e 1976(\*\*\*) no sul do Litoral Leste do NEB.

Em alguns anos seguintes à ocorrência de eventos ENOS, a precipitação de AMJJ no Litoral Leste do NEB foi acima da normal, como ocorreu nos anos de 1966, 1974 e 1977 (ENOS de 1965\*\*, 1973\*\*\*, 1976\*\*). Entretanto, nos anos anteriores à ocorrência dos eventos ENOS de

1925/1926\*\*\*\*, 1953\*\* e 1965\*\*, a precipitação de AMJJ foi acima da normal em 1924 e 1964 e abaixo da normal em 1952.

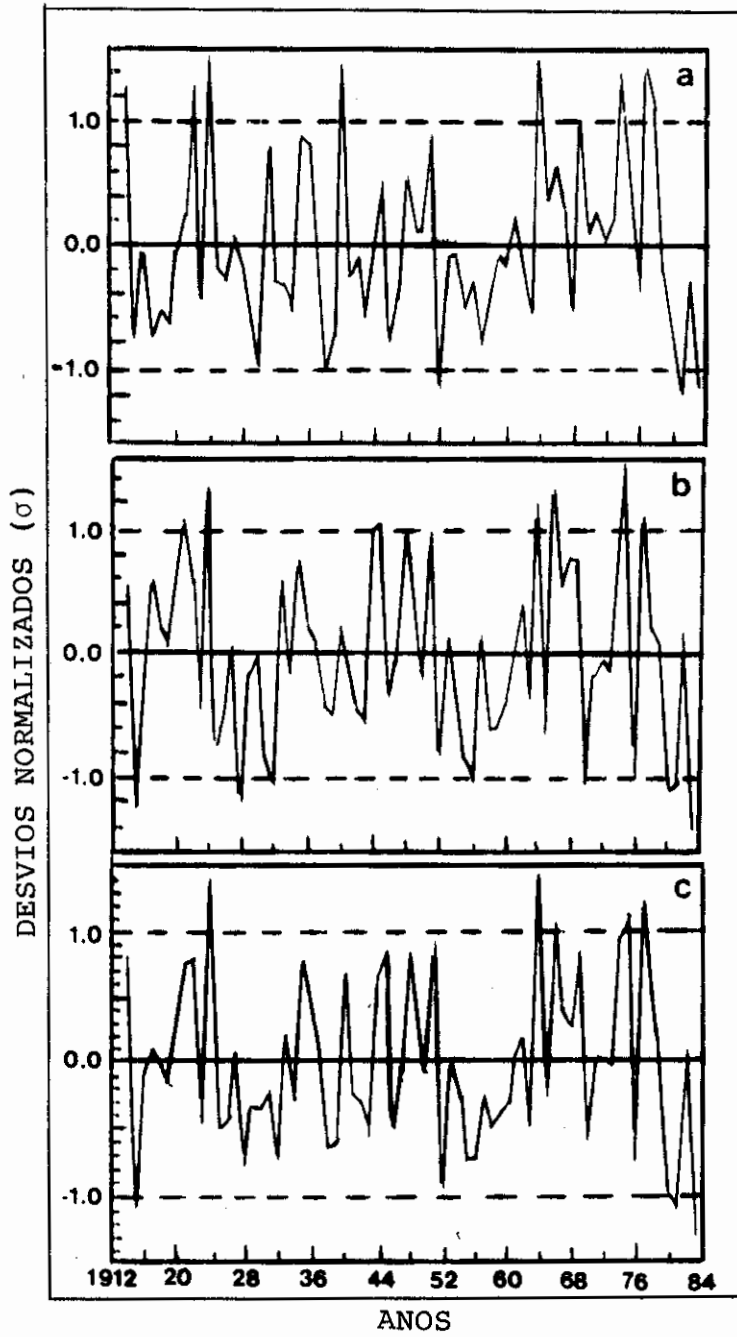


Fig. 4.8 - Séries temporais de desvios médios normalizados da precipitação da estação chuvosa (AMJJ) para: a) o norte; b) o sul; c) todo Litoral Leste do NEB, no período 1914-1983.

O ano de 1983 tem sido referido como extremamente seco em vários trabalhos sobre o clima do NEB (ano de El Nino). Rao et al. (1986) encontraram desvios normalizados de  $-1,0\sigma$  e  $-1,3\sigma$  na estação chuvosa do norte do NEB nos anos de 1980 e 1983, respectivamente. É ressaltado que períodos secos prolongados foram observados no período de 1979-1983 na estação chuvosa do interior do NEB. Verificou-se que nesse período também foi seco na estação chuvosa do Litoral Leste do NEB, com maiores desvios normalizados em 1981 ( $-1,23\sigma$ ;  $-1,05\sigma$ ;  $-1,12\sigma$ ) e 1983 ( $-1,15\sigma$ ;  $-1,42\sigma$ ;  $-1,31$ ). Os números entre parênteses referem-se aos valores dos índices pluviométricos de AMJJ para o norte, o sul e todo o Litoral Leste do NEB, respectivamente, conforme a Tabela B.6 (Apêndice B).

As características espaciais da precipitação de AMJJ no Litoral Leste do NEB para condições extremas secas e chuvosas são ilustradas nas Figuras 4.9a e b, respectivamente. Essas figuras apresentam composições dos dez anos mais secos e dez anos mais chuvosos no Litoral Leste do NEB, em termos de desvios da precipitação de AMJJ normalizados pelo desvio padrão. Os anos secos foram 1915, 1938, 1939, 1943, 1946, 1952, 1955, 1976, 1980 e 1981. Não se incluiu o ano de 1983 para garantir que o El Nino, extremamente forte neste ano, não iria mascarar os resultados. Os anos chuvosos foram 1914, 1922, 1924, 1935, 1951, 1964, 1966, 1969, 1974 e 1977.

Na estação chuvosa considerada seca (Figura 4.9a), as chuvas no norte do Litoral Leste do NEB foram reduzidas de  $0,6\sigma$  no litoral, com os desvios chegando a ser  $1,0\sigma$  negativos mais para o interior da região. No sul do Litoral Leste do NEB houve uma redução gradativa da precipitação, no sentido do sul para o norte, com valores que variam de  $0,4\sigma$  a  $0,8\sigma$  negativos. No oeste do Estado de Sergipe, norte da Bahia e na maior parte do Estado de Alagoas,

a precipitação foi reduzida em  $0,8\sigma$  em relação à média de AMJJ, chegando a valores superiores a  $1,0\sigma$  negativos em pequenas áreas no Estado de Alagoas.

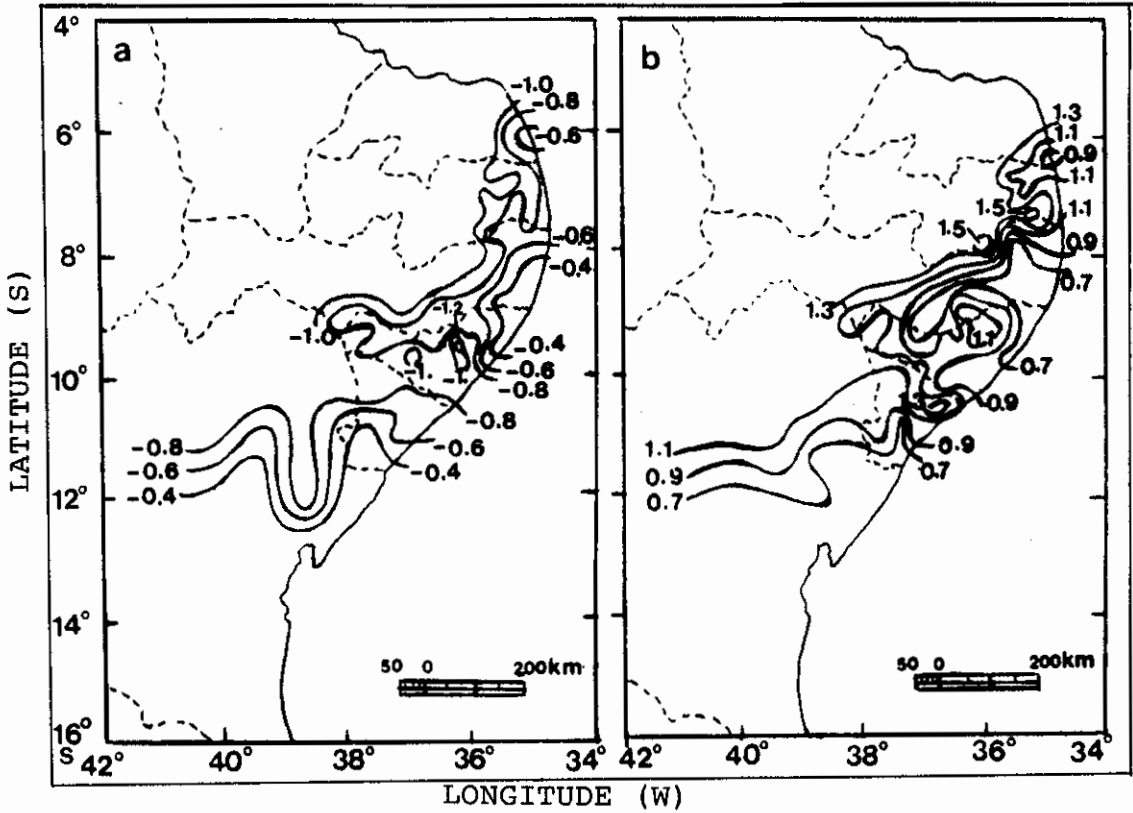


Fig. 4.9 - Composições da precipitação de AMJJ para os dez anos: a) mais secos (1915, 1938, 1939, 1943, 1946, 1952, 1955, 1976, 1980, 1981) e b) mais chuvosos (1914, 1922, 1924, 1935, 1951, 1964, 1966, 1969, 1974, 1977) do Litoral Leste do NEB.

Na estação extremamente chuvosa (Figura 4.9b) notou-se um aumento de  $0,7\sigma$  a  $0,9\sigma$  da precipitação no Litoral Leste do NEB. No interior dessa região, os índices foram superiores a  $1,1\sigma$ . Pequenas áreas localizadas nos Estados da Paraíba e Pernambuco foram caracterizadas por um aumento de  $1,5\sigma$  da precipitação, em relação à média de AMJJ. Esse valor alto pode ser relacionado à maior ocorrência de chuvas orográficas.

Comparando as Figuras 4.9a e b, verificou-se que as enchentes no Litoral Leste do NEB foram mais intensas do que as secas. Além disso, a extensão das secas (enchentes) abrangeu todo o Litoral Leste do NEB, com os menores (maiores) valores mais para o interior da região.

Outra característica interessante é que a diminuição da precipitação no norte e no sul do Litoral Leste do NEB ocorre em sentidos distintos. No norte da região a seca aumenta gradativamente no sentido de leste para oeste. No sul da região o sentido é de sul para norte. A mesma característica foi observada nas estações extremamente chuvosas. É provável que a orientação dos sistemas dinâmicos que atuam no sul do NEB (sistemas frontais) e leste do NEB (alísios de sudeste, brisas e distúrbios de leste) sejam responsáveis por tais configurações.

Para verificar se as partes norte e sul do Litoral Leste do NEB são, ou não, regiões distintas em termos de regimes de chuvas, correlacionaram-se os índices pluviométricos construídos para estas regiões entre si. Os resultados são apresentados na Tabela 4.1. Nota-se que não houve grandes diferenças entre o norte e o sul do Litoral Leste do NEB (coeficiente de correlação superior a 0,6). Além disso, os altos coeficientes de correlação encontrados entre o norte (sul) e todo o Litoral Leste do NEB, superiores a 0,8, mostram que a região pode ser vista como tendo o mesmo regime de chuvas.



TABELA 4.1 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR (r) ENTRE OS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.)

ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS	r (N x S)	r (N X T.L.)	r (S X T.L.)
JANEIRO-DEZEMBRO (1914 - 1983)	0,69	0,88	0,95
ABRIL - JULHO (1914 - 1983)	0,61	0,84	0,94

Correlacionaram-se também os índices pluviométricos para o norte do NEB com os índices para o Litoral Leste do NEB, obtendo-se coeficientes de correlação linear baixos, conforme visto na Tabela 4.2. Estes resultados parecem indicar que os regimes de chuvas no norte e no Litoral Leste do NEB são distintos.

TABELA 4.2 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR (r) ENTRE ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.) E OS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO NORTE DO NEB

ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS	LITORAL LESTE DO NEB		
	r (N)	r (S)	r (T.L.)
NORTE DO NEB (fev. - maio) 1914 - 1981	0,40	0,44	0,48
NORTE DO NEB (março - maio) 1914 - 1983	0,30	0,35	0,37

FONTE: Nobre e Paião (1986)  
Nobre (1989).

#### 4.2 - RELAÇÃO ENTRE IOS E OUTROS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS E A PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DO NEB

##### a) IOS e Precipitação

A Tabela 4.3 apresenta os coeficientes de correlação bimensais entre o IOS e a precipitação no Litoral Leste do NEB. Nota-se que o padrão das correlações nas partes norte e sul do Litoral Leste do NEB é idêntico, exceto em JF, FM e AM, onde os sinais das correlações foram opostos. O mais alto coeficiente de correlação foi encontrado em agosto-setembro (AS), entre o IOS e a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB, sendo da ordem de 0,40 (significativo ao nível de 99%). Outros coeficientes de correlação altos, significativos estatisticamente a 95% ou

mais, foram obtidos em março-abril (MA), abril-maio (AM), MJ e AS, no norte do Litoral Leste do NEB; em fevereiro-março (FM), MJ e julho-agosto (JA), no sul dessa região; e em MJ, JA e AS considerando todo o Litoral Leste do NEB.

TABELA 4.3 - CORRELAÇÕES BIMENSAIS SIMULTÂNEAS ENTRE O IOS E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1948-1983

IOS X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T. L.
JF X JF	0,03	-0,19	-0,11
FM X FM	0,03	-0,29*	-0,18
MA X MA	0,29*	0,08	0,19
AM X AM	0,34**	-0,04	0,11
MJ X MJ	-0,35**	-0,30*	-0,36**
JJ X JJ	-0,13	-0,03	-0,07
JA X JA	0,23	0,33**	0,31*
AS X AS	0,29*	0,40***	0,40***
SO X SO	0,22	0,24	0,25
ON X ON	0,03	0,22	0,16
ND X ND	-0,23	-0,20	-0,23

(\*), (\*\*) e (\*\*\*) indicam significância a 95%, 97,5% e 99%, respectivamente.

A Tabela 4.4 apresenta todas as combinações possíveis de correlações sazonais entre o IOS e a precipitação no Litoral Leste do NEB, considerando períodos de três meses. Obtiveram-se os mais altos valores de correlação nos trimestres MAM (0,49, significativo ao nível de 99,5%) e ASO (0,33, significativo ao nível de 95%), no

norte do Litoral Leste do NEB, e em julho-setembro (JAS) e agosto-outubro (ASO) no sul da região (0,38 e 0,33, significativos ao nível de 97,5%). Os coeficientes de correlação entre o IOS e a precipitação em todo o Litoral Leste do NEB, significativos estatisticamente, foram obtidos em JAS e ASO, e são da ordem de 0,28; 0,36 e 0,37, respectivamente.

TABELA 4.4 - CORRELAÇÕES TRIMESTRAIS SIMULTÂNEAS ENTRE O IOS E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1948-1983

IOS X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T. L.
JFM X JFM	0,04	-0,25	-0,14
FMA X FMA	0,23	-0,06	0,07
MAM X MAM	0,49***	0,09	0,28*
AMJ X AMJ	-0,08	-0,13	-0,12
MJJ X MJJ	-0,17	-0,13	-0,16
JJA X JJA	-0,04	0,08	0,03
JAS X JAS	0,27	0,38**	0,36**
ASO X ASO	0,33*	0,33**	0,37**
SON X SON	0,11	0,26	0,22
OND X OND	-0,19	-0,10	-0,16

(\*), (\*\*) e (\*\*\*) indicam significância a 95%, 97,5% e 99%, respectivamente.

Como visto no item anterior, os trimestres chuvosos no norte e no sul do Litoral Leste do NEB foram AMJ e MJJ, respectivamente. Pela Tabela 4.4, baixos coefi-

cientes de correlação negativos, da ordem de  $-0,08$  e  $-0,13$ , foram obtidos nesses períodos, nessas regiões, respectivamente.

Observam-se pela Tabela 4.5 correlações muito baixas entre o IOS e a precipitação quadrimestral no Litoral Leste do NEB. Valores mais altos foram observados em FMAM e JASO no norte do Litoral Leste do NEB ( $0,42$  e  $0,28$ , significativos ao nível de  $99,5\%$  e  $95\%$ , respectivamente); em JASO e ASON no sul dessa região ( $0,33$  e  $0,29$ , significativos ao nível de  $97,5\%$  e  $95\%$ , respectivamente), e em JASO e ASON considerando todo o Litoral Leste do NEB ( $0,33$  e  $0,30$ , significativos ao nível de  $97,5\%$  e  $95\%$ , respectivamente).

TABELA 4.5 - CORRELAÇÕES QUADRIMESTRAIS SIMULTÂNEAS E ANUAIS ENTRE O IOS E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1948-1983

IOS X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T. L.
JFMA X JFMA	0,21	-0,05	0,06
FMAM X FMAM	0,42***	0,04	0,22
MAMJ X MAMJ	0,19	-0,01	0,07
AMJJ X AMJJ	0,00	-0,04	-0,03
MJJA X MJJA	-0,09	-0,04	-0,06
JJAS X JJAS	0,03	0,16	0,11
JASO X JASO	0,28*	0,33**	0,33**
ASON X ASON	0,23	0,29*	0,30*
SOND X SOND	-0,08	0,02	0,03
ANUAL X ANUAL	0,20	0,04	0,11

(\*), (\*\*) e (\*\*\*) indicam significância a 95%, 97,5% e 99%, respectivamente.

Verificando as Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 nota-se que, de um modo geral, as correlações entre o IOS e a precipitação no Litoral Leste do NEB foram baixas, não-significativas estatisticamente a 95% ou mais.

A Tabela 4.6 relaciona os períodos chuvosos e secos para o Litoral Leste do NEB com os respectivos coeficientes de correlação entre o IOS e a precipitação correspondente a tais períodos. Os períodos chuvosos e secos foram definidos no item 4.1. Os valores para as correlações são os mesmos apresentados nas Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5. Ob-

serva-se que em todos os períodos chuvosos o IOS correlacionou-se negativamente com a precipitação. Nos períodos secos, o IOS correlacionou-se positivamente com a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB e negativamente com a precipitação no norte dessa região. Exceção é feita ao período ON, onde a correlação entre o IOS e a precipitação no norte do Litoral Leste do NEB foi positiva.

TABELA 4.6 - PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS DE DOIS, TRÊS E QUATRO MESES E RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR (r) ENTRE O IOS E A PRECIPITAÇÃO (IPS)

LITORAL LESTE DO NEB			
PERÍODOS CHUVOSOS	r (IOS X IPS)	PERÍODOS SECOS	r (IOS X IPS)
MJ (T.L.)	-0,36**	ON (N) SO (S)	+0,03 +0,24
AMJ (N) MJJ (S)	-0,08 -0,13	OND (N) ASO/SON (S)	-0,19 0,33**/0,26
AMJJ (T.L.)	-0,03	SOND (T.L.)	-0,08

As letras entre parênteses significam norte do Litoral Leste do NEB (N), sul do Litoral Leste do NEB (S) e todo Litoral Leste do NEB (T.L.). (\*) e (\*\*) indicam significância a 95% e 97,5%, respectivamente.

As correlações positivas entre o IOS e a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB sugerem que quando o IOS é positivo, a precipitação é mais alta que a normal nessa região. Quando o IOS é negativo, a precipitação é

mais baixa que a normal no sul do Litoral Leste do NEB. Assim, em anos de El Nino, a estação seca fica mais seca no sul do Litoral Leste do NEB.

A correlação negativa na estação chuvosa de dois meses no Litoral Leste do NEB (MJ), da ordem de  $-0,36$  (significativo a 97,5%), sugere uma tendência para a precipitação nessa região ser mais alta em anos de El Nino. Os anos de 1940 e 1951 mostraram tal padrão. Entretanto, nas estações chuvosas de três e quatro meses, as correlações negativas foram muito baixas.

Aceituno (1988) encontrou o mesmo padrão de correlação entre o IOS e a precipitação de MJ no Litoral Leste do NEB. Entretanto, o autor não faz nenhum comentário sobre a implicação desse resultado na precipitação nesta região.

Pelo que foi exposto acima, as secas no Litoral Leste do NEB não devem ser associadas exclusivamente à influência de eventos El Nino. Esses resultados concordam com aqueles encontrados por Ropelewski e Halpert (1987) e por Rogers (1988), os quais mostraram não haver uma relação muito nítida entre o El Nino e a precipitação no NEB.

#### b) Vento (Componentes Zonal e Meridional) e Precipitação

A circulação à superfície no Atlântico Sul é dominada durante todo o ano pelo Anticiclone semi-estacionário. O vento associado a esse sistema é divergente, e na costa do Brasil tem direção entre sudeste e nordeste. A posição da linha de bifurcação da direção do vento de sudeste para nordeste, varia durante o ano: no período de abril a agosto ela situa-se ao sul de  $15^{\circ}\text{S}$ , movendo-se para o norte em setembro, e de outubro a março, ela localiza-se sobre a



costa leste do NEB, ao norte de  $15^{\circ}\text{S}$  (Ratisbona, 1976). As duas estações selecionadas (Ilha de Trindade e Abrolhos) localizam-se na região de bifurcação do vento e indicam como a posição e a intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul relacionam-se com as anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB. A Figura 3.5 mostra a localização geográfica das estações selecionadas.

A Tabela 4.7 apresenta as médias climatológicas (20 anos) e os desvios padrões sazonais de dois, três e quatro meses, das componentes zonal e meridional do vento na Ilha de Trindade ( $u_1$  e  $v_1$ , respectivamente) e em Abrolhos ( $u_2$  e  $v_2$ , respectivamente). As médias sazonais de dois meses mostram que o vento resultante na Ilha de Trindade localizou-se sempre no quadrante sudoeste, com direção nordeste durante todo o ano. Em Abrolhos, os ventos resultantes foram de nordeste em JF, SO e ND, e de sudeste em MA, MJ, JA. As médias sazonais de três meses mostram comportamento similar na Ilha de Trindade e em Abrolhos, apresentando ventos resultantes de nordeste (JFM e OND) e de sudeste (AMJ e JAS), embora, de modo geral, a intensidade dos ventos seja maior em Abrolhos, principalmente a componente zonal. A mesma característica é verificada em períodos sazonais de quatro meses, com ventos de nordeste em JFMA e SOND, e ventos de sudeste em MJJA. As médias climatológicas anuais mostram ventos resultantes de nordeste na Ilha de Trindade e em Abrolhos.

TABELA 4.7 - MÉDIAS CLIMATOLÓGICAS SAZONAIS (20 ANOS) DE DOIS, TRÊS E QUATRO MESES E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES, DAS COMPONENTES ZONAL E MERIDIONAL DO VENTO NA ILHA DE TRINDADE ( $u_1$  e  $v_1$ , RESPECTIVAMENTE) E EM ABROLHOS ( $u_2$  e  $v_2$ ), RESPECTIVAMENTE).

COMPONENTES		PERÍODOS (MESES)					
		JF	MA	MJ	JA	SO	ND
u1	MED (m/s)	-5,34	-3,96	-5,04	-5,97	-4,68	-3,57
	$\sigma$ (m/s)	1,44	1,43	1,47	1,74	1,24	1,33
v1	MED (m/s)	-0,79	-0,55	1,60	2,19	-0,05	-2,81
	$\sigma$ (m/s)	1,56	1,02	1,39	1,83	1,28	1,52
u2	MED (m/s)	-4,64	-3,91	-5,14	-7,03	-6,99	-4,90
	$\sigma$ (m/s)	1,50	1,52	0,97	1,39	1,27	1,91
v2	MED (m/s)	-4,05	0,51	3,23	0,93	-2,37	-5,06
	$\sigma$ (m/s)	1,61	1,31	2,38	2,04	1,51	2,19
		JFM	AMJ	JAS	OND		
u1	MED (m/s)	-5,04	-4,58	-5,80	-3,69		
	$\sigma$ (m/s)	1,37	1,24	1,57	0,97		
v1	MED (m/s)	-0,96	0,98	1,87	-2,32		
	$\sigma$ (m/s)	1,46	1,16	1,47	1,23		
u2	MED (m/s)	-4,37	-4,75	-7,24	-5,35		
	$\sigma$ (m/s)	1,32	0,93	1,11	1,55		
v2	MED (m/s)	-3,44	3,40	0,26	-4,59		
	$\sigma$ (m/s)	1,58	2,30	1,50	1,78		
		JFMA	MJJA	SOND	ANUAL		
u1	MED (m/s)	-4,65	-5,50	-4,13	-4,78		
	$\sigma$ (m/s)	1,22	1,39	0,95	0,78		
v1	MED (m/s)	-0,82	1,90	-1,43	-0,11		
	$\sigma$ (m/s)	1,21	1,42	1,05	0,96		
u2	MED (m/s)	-4,27	-6,09	-5,93	-5,43		
	$\sigma$ (m/s)	1,33	0,98	1,35	0,96		
v2	MED (m/s)	-1,64	2,08	-3,71	-1,09		
	$\sigma$ (m/s)	1,49	1,87	1,40	1,29		

Em todos os períodos sazonais analisados, observou-se uma componente de leste nas duas estações escolhidas. Ventos de leste mais intensos foram observados em JA, JAS e MJJA. A componente meridional, entretanto, apresentou-se de norte nos meses de setembro a abril, e de sul de maio a agosto. Esses resultados mostram que nos períodos chuvosos do Litoral Leste do NEB o vento resultante na Ilha de Trindade e em Abrolhos foi de sudeste, o qual parece contribuir para o aumento do fluxo de vapor d'água para o continente, favorecendo o aumento das precipitações nessa região. Exceção é feita aos períodos de MJ e JA na Ilha de Trindade, onde a resultante dos ventos foi de nordeste. No período seco, o vento resultante foi de nordeste em ambas as estações estudadas, podendo favorecer uma redução na precipitação do Litoral Leste do NEB.

Foram calculadas as correlações lineares multêneas e com "lags" entre o vento zonal e meridional na Ilha de Trindade (Abrolhos) e a precipitação no Litoral Leste do NEB para todas as combinações possíveis de períodos sazonais de dois, três e quatro meses consecutivos. Consideraram-se, nos cálculos das correlações, os índices pluviométricos referentes ao norte, ao sul e a todo Litoral Leste do NEB. Devido ao grande número de dados, apresentam-se apenas os resultados das correlações significativas a 95% ou superior. O teste de significância aplicado indica que correlações, em módulo, iguais ou maiores que 0,36 e 0,49, são significativas a 95% e 99% ou mais, respectivamente.

A Tabela 4.8 apresenta as correlações simultâneas entre o vento zonal e meridional na Ilha de Trindade e a precipitação no norte, no sul e em todo o Litoral Leste do NEB, respectivamente. Nota-se que, de modo geral, o vento zonal na Ilha de Trindade não se correlacionou significativamente com a precipitação no Litoral Leste do NEB,

exceto em ON e ND, cujos coeficientes de correlação linear foram da ordem de  $-0,40$  e  $-0,48$ , respectivamente. Entretanto, correlações que consideram o vento meridional na Ilha de Trindade e a precipitação no Litoral Leste do NEB mostraram valores mais altos e positivos. Além disso, o vento meridional na Ilha de Trindade correlacionou-se mais diretamente com a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB, uma vez que se verificou maior número de correlações significativas a 95% ou mais, nessa região. As mais altas correlações, significativas a 99% ou superior, obtidas entre a componente meridional do vento na Ilha de Trindade e a precipitação, foram encontradas nos períodos JA e JAS, no norte do Litoral Leste do NEB; em MJ, MAM, AMJ, MJJ, MAMJ e AMJJ, no sul dessa região, e em MJ, AS, MJJ e JAS, considerando todo o Litoral Leste do NEB.

A Tabela 4.9 apresenta as correlações simultâneas entre as componentes zonal e meridional do vento em Abrolhos e a precipitação no norte, sul e todo Litoral Leste do NEB, respectivamente. Correlações significativas a 99% entre o vento zonal em Abrolhos e a precipitação foram obtidas em SO (0,53) no norte do Litoral Leste do NEB; em JAS ( $-0,50$ ) no sul dessa região, e em SO e JAS (0,52 e  $-0,51$ , respectivamente), considerando todo o Litoral Leste do NEB. O maior coeficiente de correlação linear foi obtido entre o vento meridional em Abrolhos em MAMJ, e a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB, no mesmo período, e foi da ordem de 0,72.

**TABELA 4.8 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMULTÂNEOS ENTRE O VENTO ZONAL E MERIDIONAL NA ILHA DE TRINDADE ( $u_1$  e  $v_1$ , RESPECTIVAMENTE) E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1964-1983**

PERÍODOS (MESES)	LITORAL LESTE DO NEB					
	N		S		T.L.	
	$u_1 \times IPS$	$v_1 \times IPS$	$u_1 \times IPS$	$v_1 \times IPS$	$u_1 \times IPS$	$v_1 \times IPS$
AM X AM	-	-	-	0,41*	-	0,40
MJ X MJ	-	-	-	0,65**	-	0,58**
JJ X JJ	-	0,36*	-	0,43*	-	0,43*
JA X JA	-	0,51**	-	-	-	0,41*
AS X AS	-	0,49*	-	0,46*	-	0,53**
ON X ON	-0,40*	-	-	0,37*	-	-
ND X ND	-0,48*	-	-	-	-	-
MAM X MAM	-	-	-	0,52**	-	0,45*
AMJ X AMJ	-	-	-	0,51**	-	0,46*
MJJ X MJJ	-	0,41*	-	0,53**	-	0,51**
JJA X JJA	-	-	-	0,37*	-	0,37*
JAS X JAS	-	0,55**	-	0,42*	-	0,51**
FMAM X FMAM	-	-	-	0,47**	-	0,41*
MAMJ X MAMJ	-	-	-	0,58**	-	0,47*
AMJJ X AMJJ	-	0,39*	-	0,51**	-	0,49**
MJJA X MJJA	-	-	-	0,44*	-	0,43*
JJAS X JJAS	-	0,43*	-	0,46*	-	0,47**
ANUAL X ANUAL	-	-	-	0,43*	-	-

(\*) e (\*\*) indicam significância maior ou igual a 95% e 99%, respectivamente.

Na maior parte das correlações, quando uma das componentes (u ou v) na Ilha de Trindade e em Abrolhos foi significativa, a outra não foi. Entretanto, verificou-se em alguns períodos que ambas as componentes do vento em Abrolhos foram significativas, e apresentaram sinal negativo (vento zonal) e positivo (vento meridional) nas correlações com a precipitação nessa região, como ocorreu em JA (no sul do Litoral Leste do NEB) e JAS (no norte, sul e todo Litoral Leste do NEB). Verificou-se também que, nos períodos SON e ASON, ambas as componentes do vento em Abrolhos correlacionaram-se positivamente com a precipitação no Litoral Leste do NEB.

**TABELA 4.9 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMULTÂNEOS ENTRE O VENTO ZONAL E MERIDIONAL EM ABROLHOS ( $u_2$  e  $v_2$ , RESPECTIVAMENTE) E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L), NO PERÍODO 1964-1983**

PERÍODOS (MESES)	LITORAL LESTE DO NEB					
	N		S		T.L.	
	$u_2 \times IPS$	$v_2 \times IPS$	$u_2 \times IPS$	$v_2 \times JPS$	$u_2 \times IPS$	$v_2 \times IPS$
MA X MA	-	-	-	0,38*	-	-
AM X AM	-	-	-	0,62**	-	0,54**
MJ X MJ	-	-	-	0,65**	-	0,54**
JJ X JJ	-0,37*	-	-	0,44*	-	0,39*
JA X JA	-0,44*	-	-0,38*	0,36*	-0,43*	-
AS X AS	-	0,39*	-	0,62**	-	0,58**
SO X SO	0,53**	-	0,42*	-	0,52**	-
ON X ON	-	-	-	0,53**	-	0,43*
ND X ND	-	-0,42*	-	-	-	-
MAM X MAM	-	-	-	0,65**	-	0,53**
AMJ X AMJ	-	-	-	0,66**	-	0,58**
MJJ X MJJ	-	0,42*	-	0,62**	-	0,57**
JJA X JJA	-	-	-0,38*	-	-0,38*	-
JAS X JAS	-0,46*	0,41*	-0,50**	0,55**	-0,51**	0,52**
ASO X ASO	0,45*	-	-	-	0,40*	-
SON X SON	0,46*	-	-	0,49**	0,44*	0,37*
OND X OND	-	-0,37*	-	-	-	-
FMAM X FMAM	-	-	-	0,53**	-	0,45*
MAMJ X MAMJ	-	-	-	0,72**	-	0,62**
AMJJ X AMJJ	-	0,44*	-	0,69**	-	0,63**
MJJA X MJJA	-	-	-	0,53**	-	0,47*
JJAS X JJAS	-	0,36*	-0,44*	0,51**	0,41*	0,47*
ASON X ASON	0,41*	-	-	0,44*	0,39*	0,39*
SOND X SOND	0,36*	-	-	-	-	-
ANUAL X ANUAL	-	0,40*	-	0,57**	-	0,53**

(\*) e (\*\*) indicam significância igual ou maior a 95% e 99%, respectivamente.

Uma análise da variação sazonal da precipitação no Litoral Leste do NEB indicou que o vento de sudeste, mais intenso e soprando perpendicular à costa, é favorável para a precipitação da estação chuvosa nesta região. Essas correlações (negativas/positivas entre o vento meridional/zonal e a precipitação) mostram que o aumento dos ventos de leste e de sul é favorável ao aumento da precipitação na estação chuvosa, mesmo nas variações interanuais. Essas variações na intensidade e na direção do vento em Abrolhos devem ser associadas com a localização e intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Quando a Alta Subtropical estiver deslocada mais para o sul e próxima do continente sul-americano (menos de sul e mais a leste, próxima à África) pode-se ter um aumento (diminuição) da precipitação no Litoral Leste do NEB e uma diminuição (aumento) das precipitações nas regiões influenciadas mais diretamente por este sistema.

Correlações positivas para ambas as componentes do vento e a precipitação, por sua vez, sugerem que um aumento de ventos de leste e uma diminuição dos ventos de sul reduzem a precipitação no Litoral Leste do NEB, como ocorreu nos períodos SON e ASON, considerados secos nessa região, de acordo com resultados anteriores.

Como discutido inicialmente, a bifurcação na direção do vento, associada à Alta Subtropical do Atlântico Sul, é que determina se as estações Ilha de Trindade e Abrolhos estão mais ao norte ou mais ao sul desse sistema. Caso a mudança se dê ao norte de 15°S (setembro a março), a Ilha de Trindade e Abrolhos estão mais ao sul dessa região. Nesse caso, observam-se ventos de nordeste, os quais inibem as precipitações no Litoral Leste do NEB. Se a mudança na direção do vento ocorrer mais ao sul de 15°S (abril a agosto), ambas as estações localizam-se mais ao norte dessa



latitude, tendo-se, então, ventos resultantes mais intensos de sudeste e perpendiculares à costa, favorecendo as precipitações.

Devido à sua localização geográfica, Abrolhos parece ser mais sensível às mudanças de direção do vento, mostrando valores mais altos de correlação, do que a Ilha de Trindade.

Nos períodos MJ, AMJ, MJJ e AMJJ, os quais foram responsáveis, respectivamente, por 30%, 40%, 45% e 60% da precipitação anual do Litoral Leste do NEB, as correlações entre o vento meridional, na Ilha de Trindade e em Abrolhos, e a precipitação são positivas, enquanto as componentes zonais em ambas as estações não são significativas estatisticamente nesses períodos. Verificou-se que a maior correlação ocorreu em AMJJ entre o vento meridional em Abrolhos e a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB, e foi da ordem de 0,69, significativo a 99,5%. Esses resultados sugerem que o vento meridional, em ambas as estações, são determinantes para a qualidade da estação chuvosa no Litoral Leste do NEB.

As Tabelas 4.10 e 4.11 apresentam os coeficientes de correlação defasados entre as componentes zonal e meridional do vento na Ilha de Trindade e a precipitação, respectivamente. Nota-se que a maior parte das correlações foram positivas, exceto aquelas que consideram os meses secos do Litoral Leste do NEB (ON, ND e OND). Em alguns períodos, as correlações no "lag" - 1, entre ambas as componentes e a precipitação nos meses chuvosos do Litoral Leste do NEB, foram positivas. Por exemplo,  $u_1, v_1$  (AM) X precipitação (JJ);  $u_1, v_1$  (MJ) X precipitação (JA);  $u_1, v_1$  (MAM) X precipitação (JJA);  $u_1, v_1$  (FMAM) X precipitação (JJAS). Esses resultados sugerem que um enfraquecimento de ventos de leste e um fortalecimento dos ventos de sul, em um pe-

ríodo antes da estação chuvosa no Litoral Leste do NEB, favorecem um aumento das precipitações nessa região na estação chuvosa.

TABELA 4.10 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DEFASADOS ENTRE O VENTO ZONAL NA ILHA DE TRINDADE ( $u_1$ ) E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1964-1983

PERÍODOS $u_1$ X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T.L.
FM X ON	-	-0,45*	-0,47*
MA X MJ	0,41*	-	-
MA X ND	-0,47*	-0,51**	-0,61**
AM X JJ	-	-	0,36*
AM X AS	0,48*	-	0,39*
MJ X JA	0,39*	-	0,36*
JFM X OND	-0,36*	-	-0,40*
FMA X ASO	0,39*	-	-
MAM X JJA	0,45*	-	0,42*
AMJ X JAS	0,39*	-	-
AMJ X OND	-	-	-0,36*
FMAM X JJAS	0,40*	0,39*	0,42*

(\*) e (\*\*) indicam significância maior ou igual a 95% e 99%, respectivamente.

TABELA 4.11 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DEFASADOS ENTRE O VENTO MERIDIONAL NA ILHA DE TRINDADE ( $v_1$ ) E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1964-1983

PERÍODOS  v1 X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T.L.
FM X AM	0,44*	0,52**	0,54**
FM X JJ	0,36*	-	-
FM X AS	0,37*	-	0,37*
MA X MJ	-	0,40*	-
MA X JA	-	0,36*	0,38*
AM X JJ	-	0,43*	0,42*
MJ X JA	0,37*	0,48*	0,46*
JFM X AMJ	0,36*	-	0,40*
JFM X JAS	0,39*	-	-
MAM X JJA	0,38*	0,50*	0,48*
AMJ X JAS	-	0,41*	0,37*
AMJ X OND	-0,44*	-	-
FMAM X JJAS	0,40*	-	0,37*
MAMJ X JASO	-	0,43*	0,42*

(\*) e (\*\*) indicam significância igual ou maior a 95% e 99%, respectivamente.

As correlações defasadas entre o vento zonal e meridional em Abrolhos e a precipitação no Litoral Leste do NEB são apresentadas nas Tabelas 4.12 e 4.13, respectivamente. O maior coeficiente de correlação, significativo a mais de 99%, foi obtido entre a componente meridional do vento em Abrolhos em MAM e a precipitação de JJA, no sul do Litoral Leste do NEB, o qual foi da ordem de 0,87. O se-

gundo maior coeficiente de correlação foi obtido entre o vento meridional em Abrolhos em FMA e a precipitação de MJJ no sul dessa região, e foi da ordem de 0,79. Esses valores altos de correlação devem ser melhor considerados, pois sugerem a utilização da estação de Abrolhos para previsão de longo prazo da precipitação no Litoral Leste do NEB. Além disso, o alto valor de correlação entre o vento meridional em Abrolhos em MAMJ e a precipitação de MAMJ no sul dessa região (Tabela 4.9), o qual foi da ordem de 0,72 (significativo a 99,5%), reforça a hipótese de que, devido à sua localização geográfica, Abrolhos é mais sensível às variações interanuais da posição e da intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul.

TABELA 4.12 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DEFASADOS ENTRE O VENTO ZONAL EM ABROLHOS ( $u_2$ ) E A PRECIPITAÇÃO DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), NO PERÍODO 1964-1983

PERÍODOS $u_2$ X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T.L
JF X SO	0,47*	0,47*	0,51**
MA X MJ	-	-	0,38*
MJ X SO	0,70**	0,51**	0,69**
AS X ON	-	-	0,38*
SO X ND	-	-0,40*	-0,37*
FMA X MJJ	-	0,41*	0,38*
MAM X SON	0,38*	-	-
FMAM X JJAS	-	0,38*	-

(\*) e (\*\*) indicam significância igual ou maior a 95% e 99%, respectivamente.

TABELA 4.13 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO LINEAR DEFASADOS  
ENTRE O VENTO MERIDIONAL EM ABROLHOS (v<sub>2</sub>) E A PRECIPITAÇÃO  
DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO LITORAL LESTE DO NEB  
(T.L.), NO PERÍODO 1964-1983

PERÍODOS v <sub>2</sub> X IPS	LITORAL LESTE DO NEB		
	N	S	T.L
JF X MJ	0,38*	0,45*	0,46*
FM X AM	0,38*	0,40*	0,44*
FM X JJ	0,44*	0,44*	0,46*
MA X MJ	0,38*	0,70**	0,64**
MA X JA	0,50**	0,74**	0,68**
AM X JJ	0,47*	0,75**	0,67**
AM X AS	-	0,60**	0,45*
AM X ON	-0,46*	-0,52**	-0,57**
MJ X JA	0,37*	0,72**	0,60**
JFM X AMJ	0,39*	0,43*	0,46*
JFM X JAS	0,44*	0,44*	0,47*
FMA X MJJ	0,58**	0,79**	0,75**
MAM X JJA	0,51**	0,87**	0,77**
AMJ X JAS	0,42*	0,71**	0,62**
JAS X OND	-0,36*	-	-
JFMA X MJJA	0,58**	0,73**	0,72**
FMAM X JJAS	0,52**	0,77**	0,70**
MAMJ X JASO	0,42*	0,59**	0,55**

(\*) e (\*\*) indicam significância igual ou maior a 95% e 99%, respectivamente.

c) Anomalias de TSM no Atlântico Tropical e Precipitação

As variações interanuais da precipitação no Litoral Leste do NEB presumivelmente estão conectadas com as variações interanuais na posição e intensidade dos sistemas de grande escala que atuam no Atlântico Sul (ZCIT, Alta Subtropical e ventos alísios associados). Por sua vez, as variações interanuais de tais sistemas de grande escala estão associadas às variações interanuais do campo de TSMs no Atlântico Tropical.

A Figura 4.10 apresenta o ciclo sazonal e anual do campo de TSMs no Oceano Atlântico Tropical. Nota-se que as águas de temperaturas máximas migram para o norte com as estações. As águas mais quentes (temperaturas maiores que 27°C) situam-se ao longo de um cinturão zonal próximo ao equador, que coincide com a localização da ZCIT. O gradiente leste-oeste do campo de TSM durante todo o ano reflete as correntes de Benguela (fria) e do Brasil (quente). O gradiente norte-sul é mais forte na parte leste da bacia do Atlântico, onde ocorrem as ressurgências sazonais, isto é, na corrente das Canárias (costa noroeste da África) e na corrente de Benguela (sudeste do Atlântico). A ressurgência em ambas as regiões são mais intensas durante o inverno dos respectivos hemisférios (Nicholson e Nyenzi, 1990). Outras regiões de ressurgências aparecem no Atlântico Equatorial Leste (de julho a setembro) e na vizinhança de Cabo Frio (23°S), na costa sul do Brasil (de setembro a fevereiro). A Figura 4.11 apresenta a circulação à superfície no Oceano Atlântico, destacando as principais correntes oceânicas.

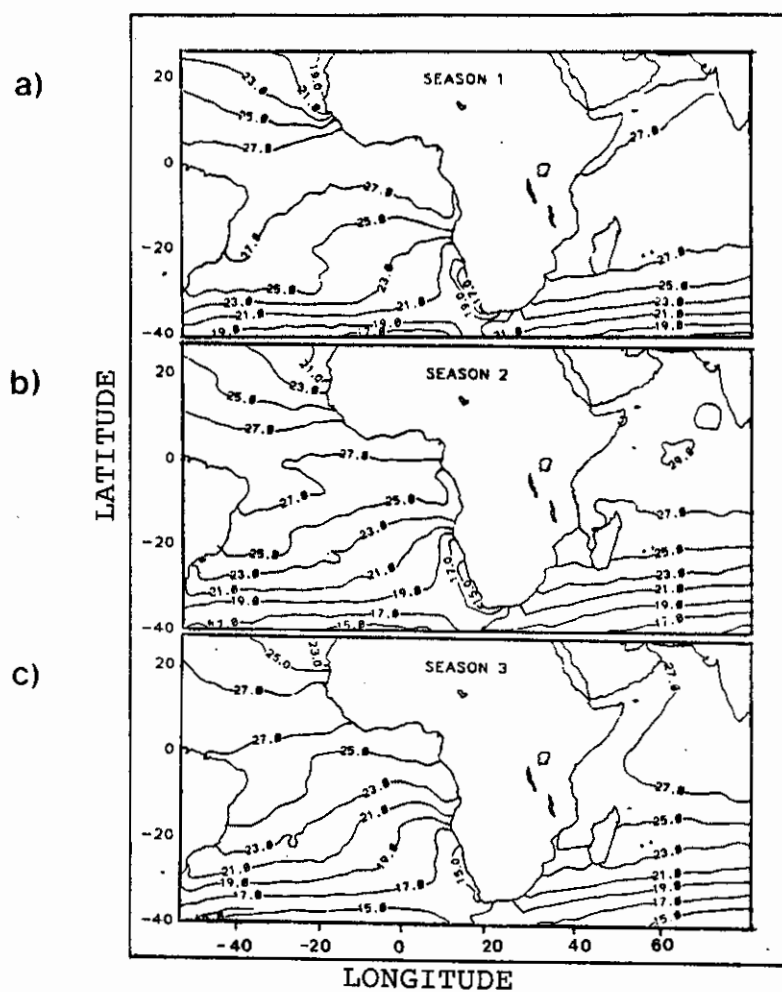


Fig. 4.10 - Ciclos sazonais e anual do campo de TSMs no Atlântico Tropical para: a) JFM; b) AMJ; c) JAS; d) OND; e) anual.

FONTE: Nicholson e Nyenzi (1990), p. 4.

Período de dados de 1948 a 1979.

(continua)

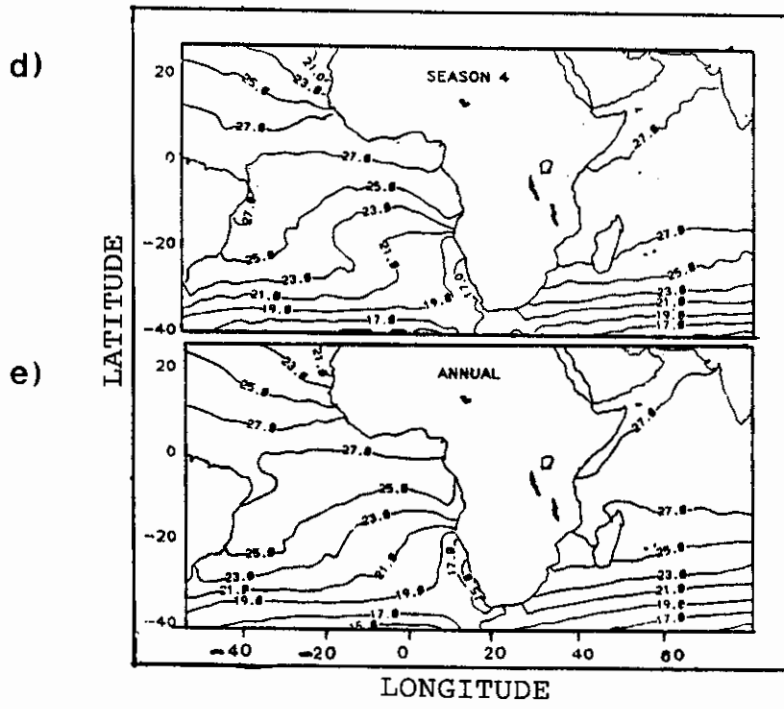


Fig. 4.10 - Conclusão.



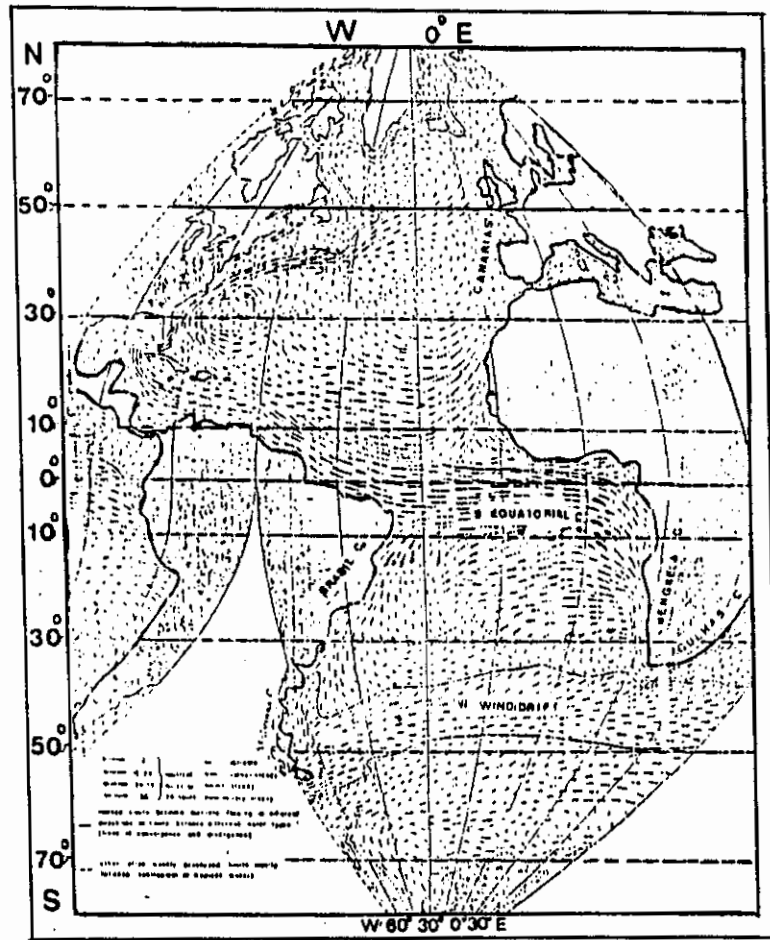


Fig. 4.11 - Circulação à superfície no Oceano Atlântico Sul.

FONTE: Defant (1961) segundo Garfield (1990), p. 20.

As correntes oceânicas estão indicadas.

A Figura 4.12 apresenta os mapas de correlações simultâneas sazonais de dois meses (JF, MA, MJ, JA, SO, ND) entre o campo de anomalias de TSM e o campo de anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB. O teste de significância aplicado indicou que valores pontuais de correlação, em módulo, igual ou maior a 0,36 e 0,49, são significativos a 95% e 99%, respectivamente. Correlações positivas (negativas) indicam que águas mais quen-

tes (frias) estão associadas a um aumento (redução) da precipitação.

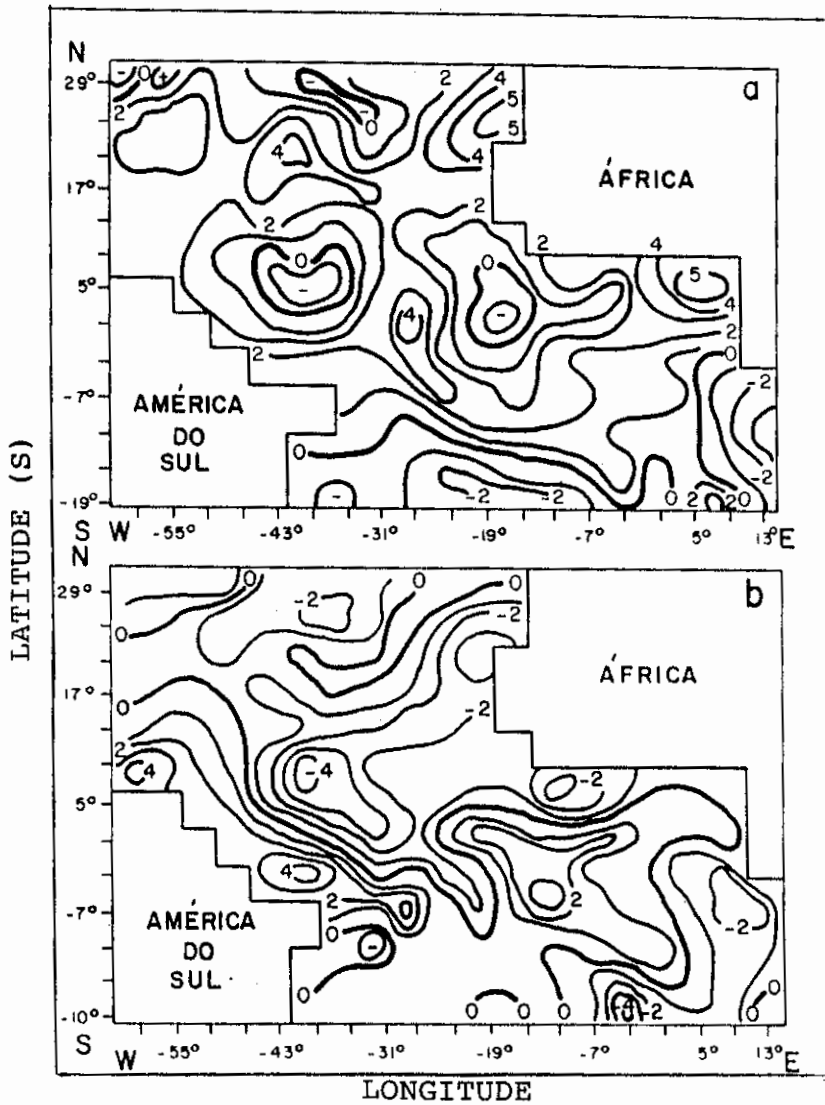


Fig. 4.12 - Isolinhas de correlação simultânea sazonal de dois meses entre anomalias de TSM e anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB para: a) JF; b) MA; c) MJ; d) JA; e) SO; f) ND.

O período de dados é de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

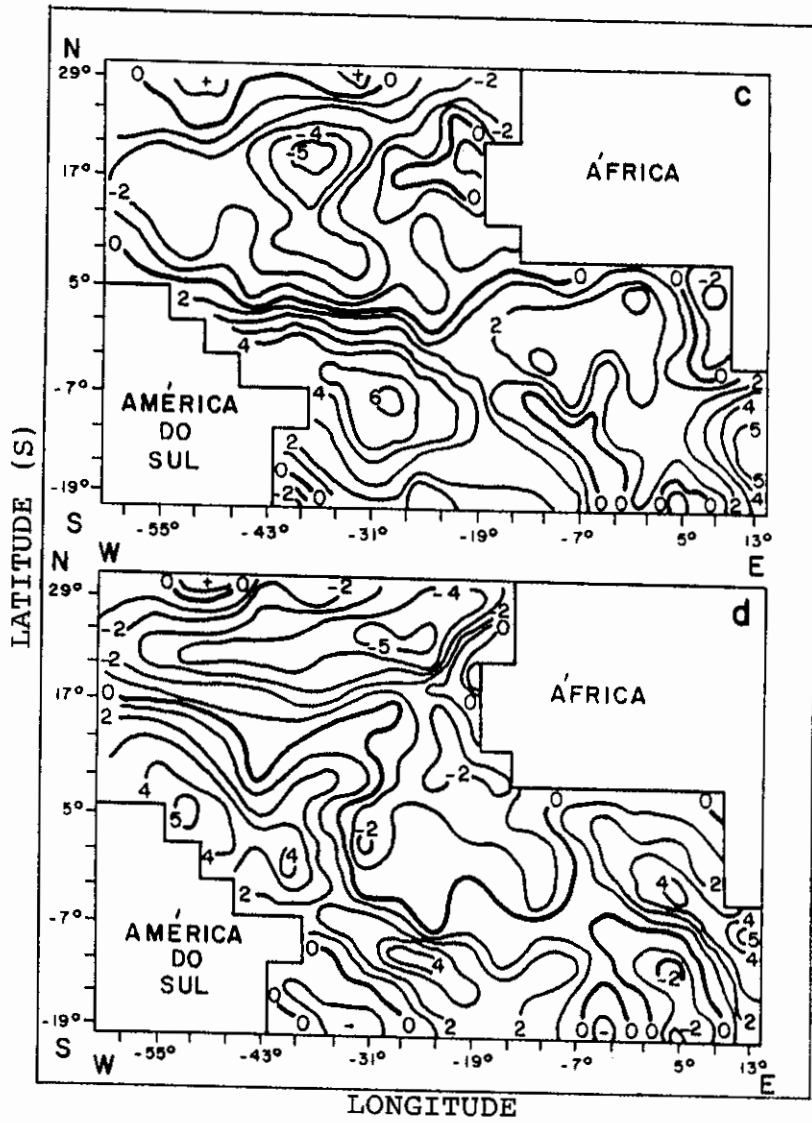


Fig. 4.12 - Continuação.

(continua)

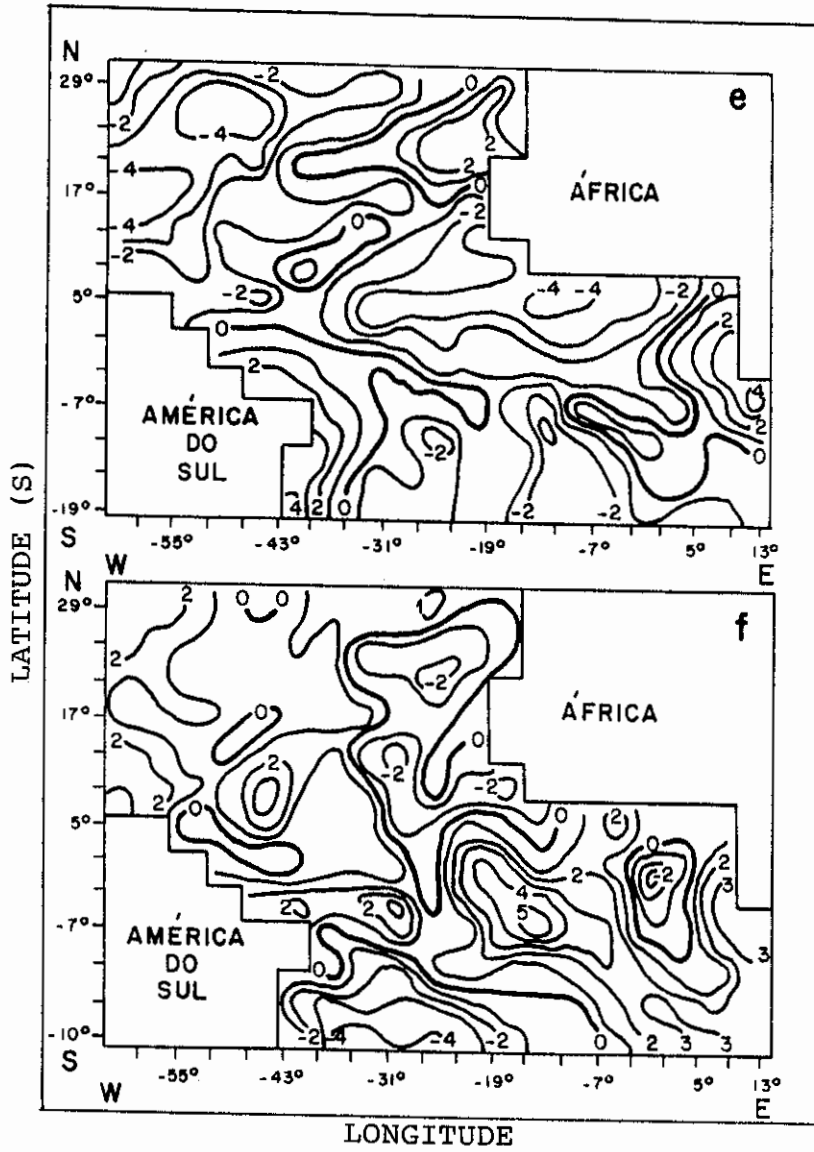


Fig. 4.12 - Conclusão.

Em JF (Figura 4.12a), a maior parte do Atlântico Tropical apresentou correlações positivas, cujas áreas significativas a mais de 99% localizaram-se nas partes costeiras noroeste e sudoeste da África. Pequenos centros negativos foram observados na faixa equatorial e no Atlântico Norte e no Atlântico Sul Subtropical, não significativos estatisticamente a 95% ou mais. Em MA (Figura 4.12b), começou a se estabelecer um dipolo, com águas mais frias no Atlântico Norte e mais quentes no Atlântico Sul, estando bem definido em MJ (Figura 4.12c). Nesse período, a linha de correlação zero na região equatorial separa nitidamente o Atlântico Norte do Atlântico Sul, e os centros de máximas correlações positivas localizaram-se próximo à costa leste do NEB (da ordem de 0,6) e na costa sudoeste da África (da ordem de 0,5). Na parte central do Atlântico Norte observou-se um centro negativo da ordem de 0,5.

Em JA (Figura 4.12d) permaneceu praticamente a mesma configuração de MJ, com exceção de um deslocamento dos centros de máximas correlações positivas e negativas. No Atlântico Sul, os centros de máxima correlação positiva citados acima deslocaram-se para sudoeste, enquanto no Atlântico Norte, o centro de máxima correlação negativa alongou-se zonalmente, ocupando extensa área nas latitudes entre  $21^{\circ}\text{N}$  e  $25^{\circ}\text{N}$  e longitudes de  $51^{\circ}\text{W}$  a  $19^{\circ}\text{W}$ . Em SO (Figura 4.12e) o padrão do tipo dipolo, observado nos períodos anteriores, desconfigurou-se, apresentando áreas com correlações positivas na área próximo à costa do Brasil e da África, enquanto no restante do Atlântico as correlações foram negativas. Em ND (Figura 4.12f) houve uma inversão no padrão da configuração do campo de correlações, observando-se correlações positivas na maior parte do Atlântico, exceto a costa norte e leste do Brasil, costa noroeste e sudoeste da África e pequenas células no Atlântico Norte, onde as correlações foram negativas.

As Figuras C.1 e C.2 (Apêndice C) apresentam os mapas de correlações simultâneas sazonais de três e quatro meses, respectivamente, entre as anomalias de TSM e as anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB. A configuração das correlações, vistas nessas figuras, assemelha-se às configurações apresentadas na Figura 4.12.

Com base nesses resultados, observa-se que a configuração de um dipolo com águas mais quentes (frias) no Atlântico Sul (Norte), encontrado por Moura e Shukla (1981) para o norte do NEB, também foi verificada na estação chuvosa do Litoral Leste do NEB. Entretanto, a localização dos centros de máxima correlação foram diferentes. O centro de máxima correlação positiva localizou-se na costa leste do NEB, e o centro negativo no Atlântico Norte foi semelhante ao obtido por Moura e Shukla (1981) em MA (Figura 4.12b). No entanto, esse centro negativo foi mais alongado zonalmente em JA (Figura 4.12d), diferenciando daqueles resultados de Moura e Shukla (1981). Além disso, a magnitude das correlações foram menores do que aquelas obtidas por estes autores.

Outro fato a ser considerado é que os campos de correlações cujas magnitudes foram mais altas ocorreram nos períodos em que a circulação do Hemisfério Sul é mais intensa, como mostrado em MJ, JA, AMJ, JAS e MJJA (Figuras 4.12c e d; C.1b e c; C.2b, respectivamente).

Também foram calculados os mapas de correlações simultâneas entre anomalias de TSM e a precipitação no norte e sul do Litoral Leste do NEB. As configurações obtidas são similares às apresentadas nas Figuras 4.12, C.1 (Apêndice C) e C.2 (Apêndice C), exceto em magnitudes que são mais altas em alguns períodos, em ambas as regiões. Assim, apresentam-se apenas os mapas de correlações entre os campos de anomalias de TSM e anomalias de precipitação da

estação chuvosa (AMJJ) (Figura 4.13) e as correlações anuais entre essas duas variáveis (Figura 4.14), considerando o norte, o sul e todo Litoral Leste do NEB.

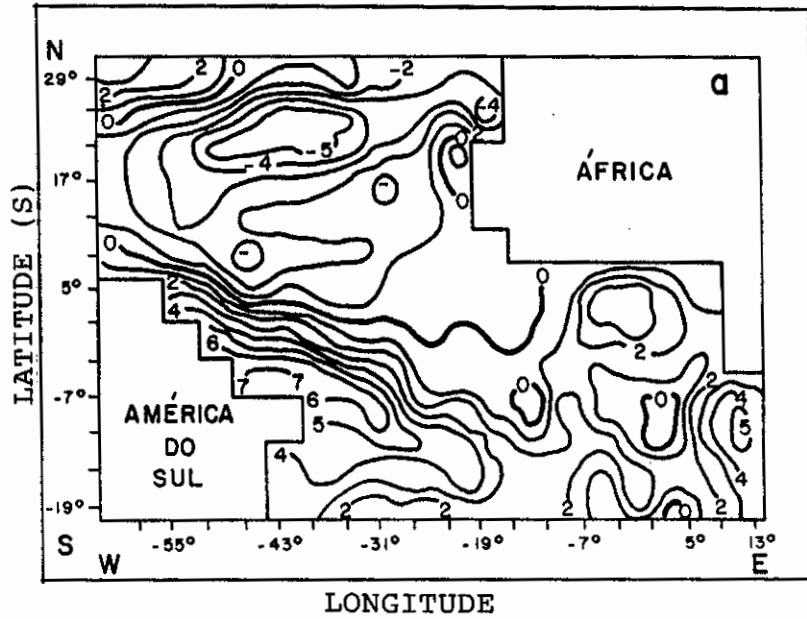


Fig. 4.13 - Isolinhas de correlação simultânea entre anomalias de TSM no Atlântico Tropical e anomalias da precipitação de AMJJ para: a) o norte; b) o sul; c) todo Litoral Leste do NEB.

Período de dados de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

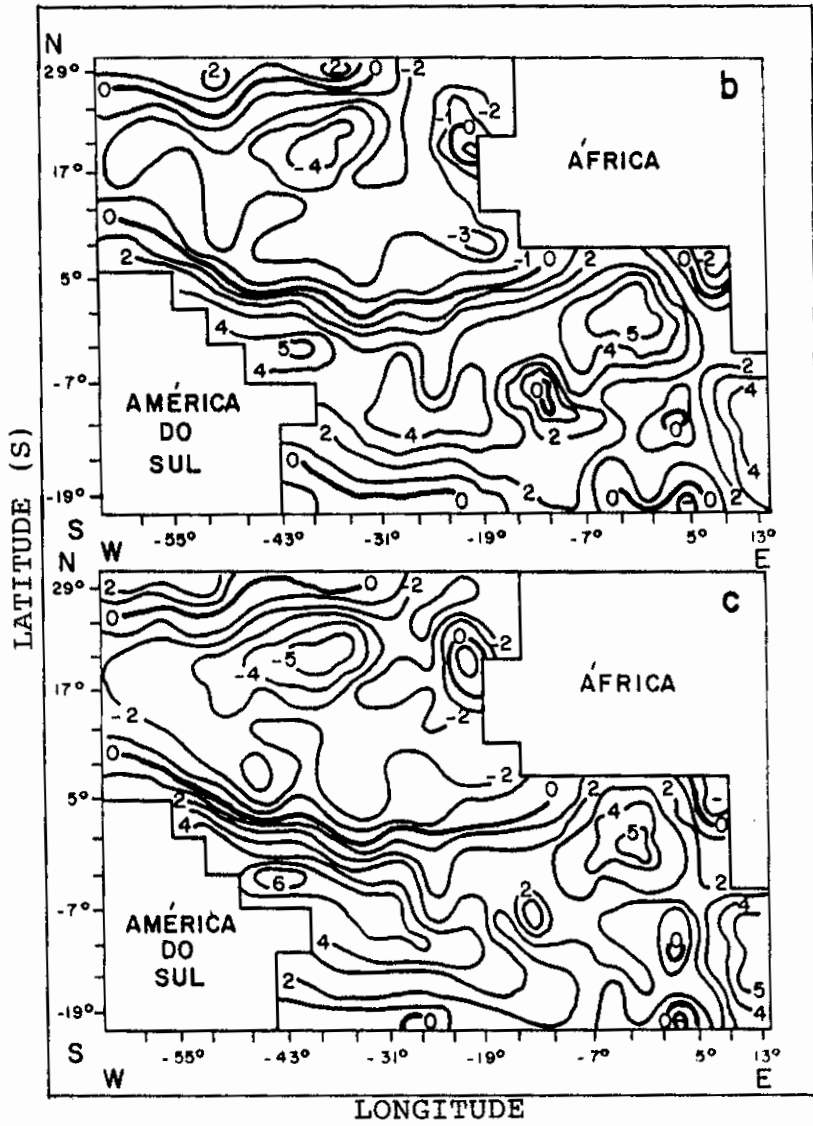


Fig. 4.13 - Conclusão.



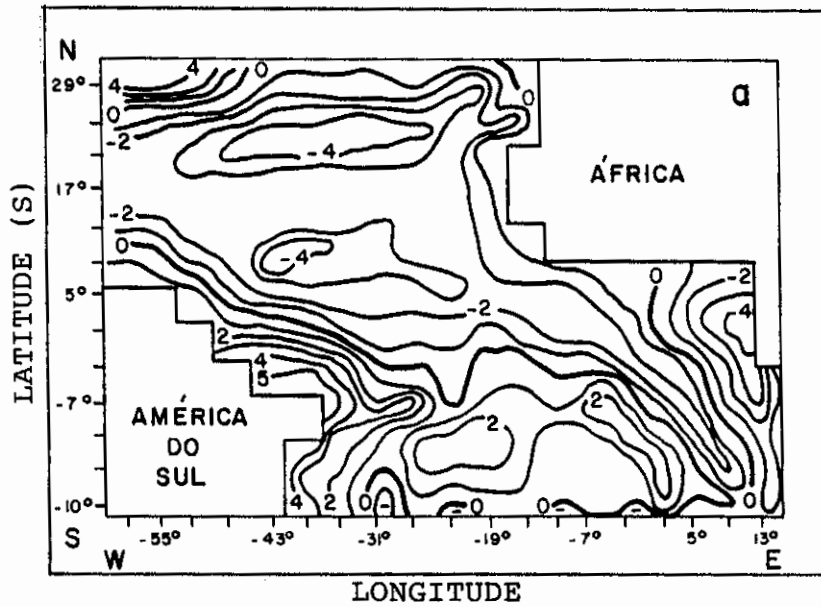


Fig. 4.14 - Isolinhas de correlação simultâneas anuais entre anomalias de TSM e anomalias de precipitação para: a) o norte; b) o sul; c) todo Litoral Leste do NEB.

O período de dados é de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

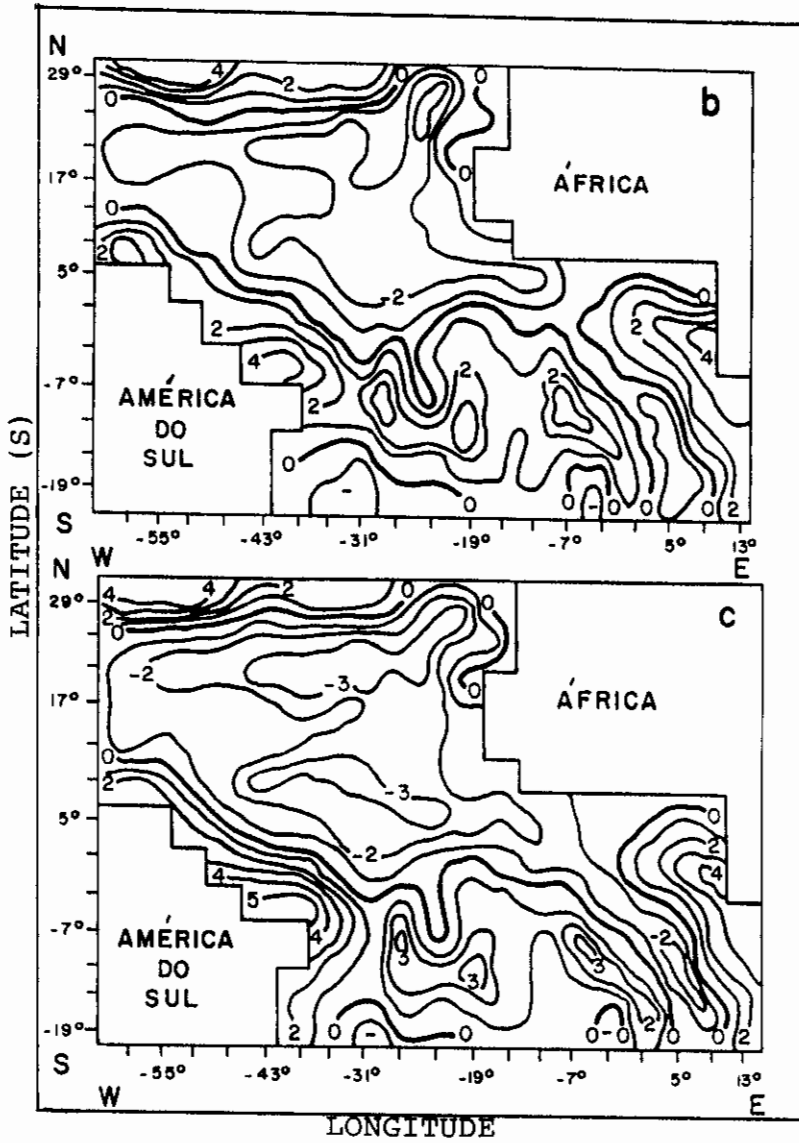


Fig. 4.14 - Conclusão.

A tendência para as anomalias de TSM terem sinais opostos no Atlântico Norte e no Atlântico Sul, como discutido anteriormente, foi observada em todos os resultados apresentados nas Figuras 4.12, 4.13 e 4.14. Ressalta-se, entretanto, que a configuração global da distribuição das correlações entre anomalias de TSM no Atlântico Tropical e a precipitação no Litoral Leste do NEB assemelha-se mais aos resultados obtidos por Franchito et al. (1988) do que dos resultados de Moura e Shukla (1981), para a parte norte do NEB.

Tem sido sugerido na literatura que as anomalias de TSM prevêm bem as anomalias de precipitação em várias partes do globo. Para verificar a possibilidade de que anomalias de TSM no Atlântico Tropical são, ou não, úteis para previsão climática da estação chuvosa no Litoral Leste do NEB, calcularam-se as correlações defasadas entre essas duas variáveis. Os "lags" no tempo referem-se apenas ao campo de anomalias de TSMs. Os períodos chuvosos básicos para essas correlações foram MJ, AMJ, MJJ e AMJJ. Anomalias de TSM pré-durante e pós-estação chuvosa foram correlacionadas com os períodos chuvosos assim estabelecidos. A Tabela 4.14 apresenta a seqüência dos mapas que serão apresentados. Os "lags" negativos significam a influência das TSMs sobre as precipitações e os "lags" positivos, o efeito da precipitação sobre as TSMs. Discutem-se as correlações com "lags" negativos e, em seguida, as de "lags" positivos.

TABELA 4.14 - SEQUÊNCIA DE MAPAS DE ISOLINHAS DE CORRELAÇÃO DEFASADAS ENTRE AS ANOMALIAS DE TSM E DE PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DO NEB NOS PERÍODOS CHUVOSOS DE DOIS, TRÊS E QUATRO MESES. OS "LAGS" NO TEMPO SÃO PARA AS TSMS.

PERÍODOS CHVOSOS NO LITORAL DO NEB	TSM ("lags" em meses)					
	-2	-1	0	1	2	3
MJ	JF	MA	MJ	JA	SO	ND
AMJ		JFM	AMJ	JAS	OND	
MJJ		FMA	MJJ	ASO	OND	
AMJJ			AMJJ	ASON	SOND	

A Figura 4.15 apresenta as correlações defasadas entre as anomalias sazonais de dois meses entre os campos de anomalias de TSM e de precipitação. Nota-se que antes e durante a estação chuvosa de MJ (Figura 4.15a, b e c) a configuração das anomalias de TSM no Atlântico Tropical foi bem definida, apresentando sinal de correlação positivo e negativo no Atlântico Sul e no Atlântico Norte, respectivamente. O centro de máxima correlação positiva observado no "lag" -2 na parte central do Atlântico (da ordem de 0,5) deslocou-se para oeste, localizando-se na costa leste do NEB no "lag" zero (Figura 4.15c), com centro de 0,6. O centro de correlação máximo negativo, localizado no norte do Brasil no "lag" -2, deslocou-se para a parte central do Atlântico Norte ("lag" -1), estando mais ao norte no "lag" zero. As anomalias de TSM, ao longo do Litoral Leste do NEB, atingiram seus picos máximos no "lag" zero.

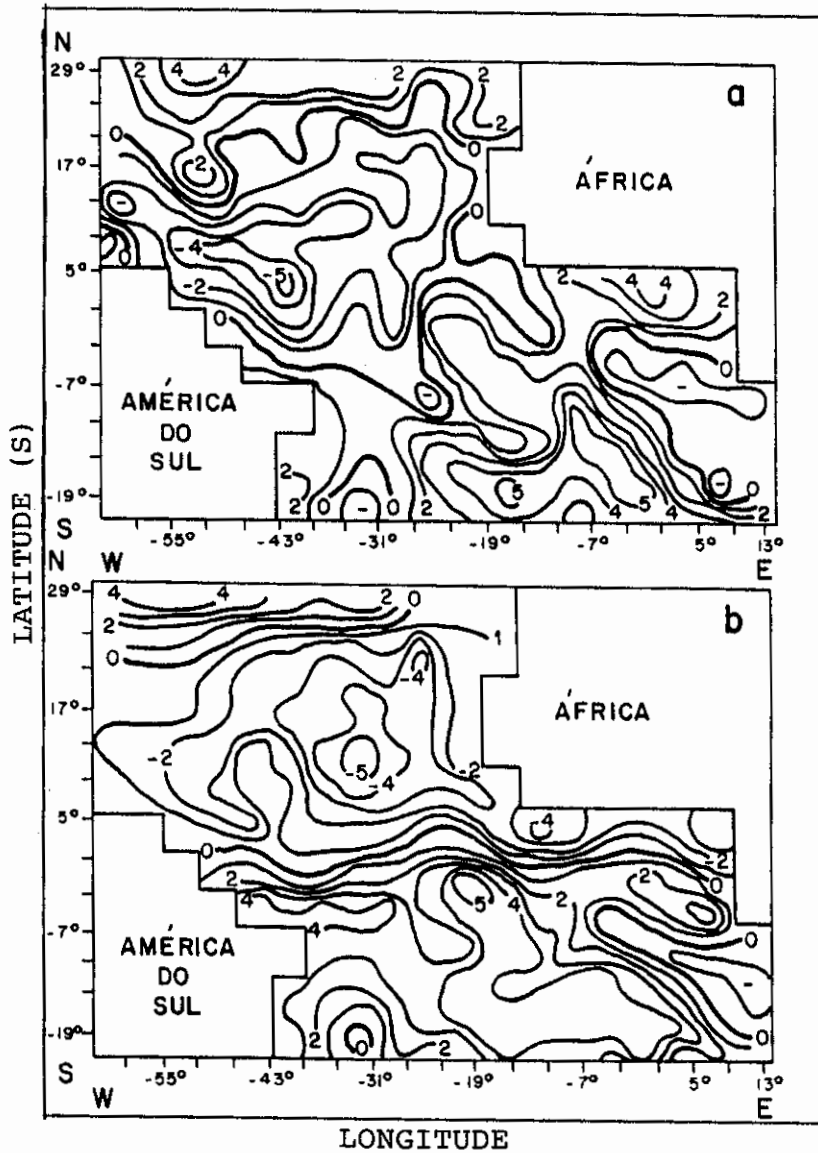


Fig. 4.15 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (dois meses) e da precipitação de MJ para: a) "lag" -2; b) "lag" -1; c) "lag" 0; d) "lag" +1; e) "lag" +2; f) "lag" +3.

Período de dados de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

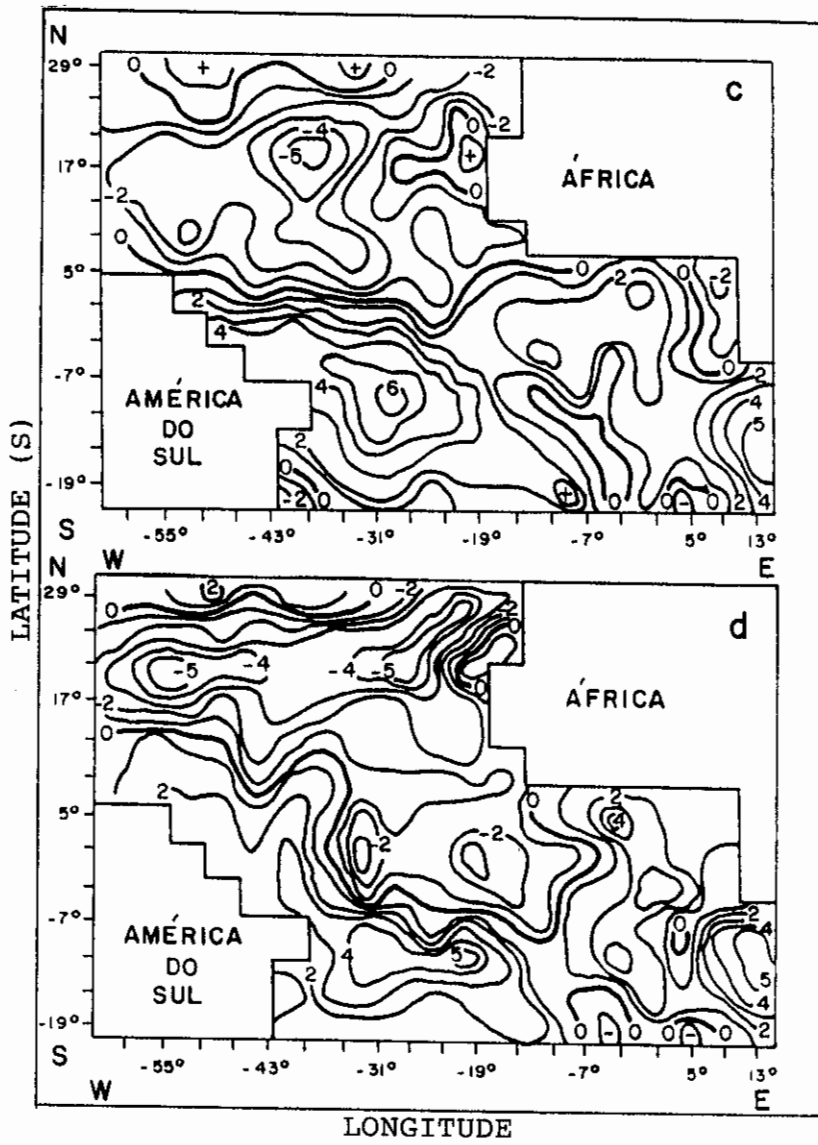


Fig. 4.15 - Continuação.

(continua)

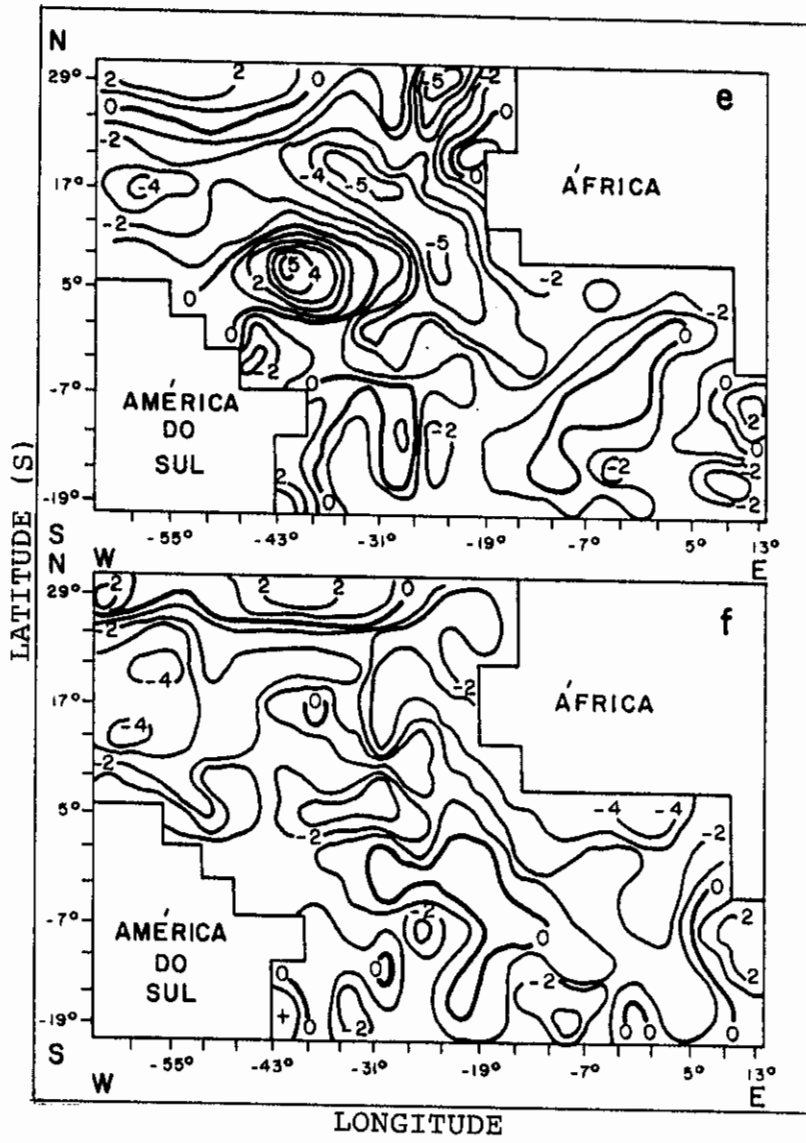


Fig. 4.15 - Conclusão.

A Figura 4.16 apresenta as correlações defasadas entre o campo de anomalias de TSM pré- ("lag" -1), durante ("lag" zero) e pós-estação chuvosa de AMJ ("lags" +1 e +2), e a Figura 4.17 apresenta os mesmos "lags" para a estação chuvosa de MJJ. A Figura 4.18 apresenta os resultados das correlações entre os campos de anomalias de TSM e de precipitação de AMJJ para os "lags" de +1 e +2. O mapa de isolinhas de correlação no "lag" zero entre esses dois campos é o mesmo da Figura C.2b (Apêndice C). As discussões referentes a Figura 4.15 são extensivas à todas estas figuras.

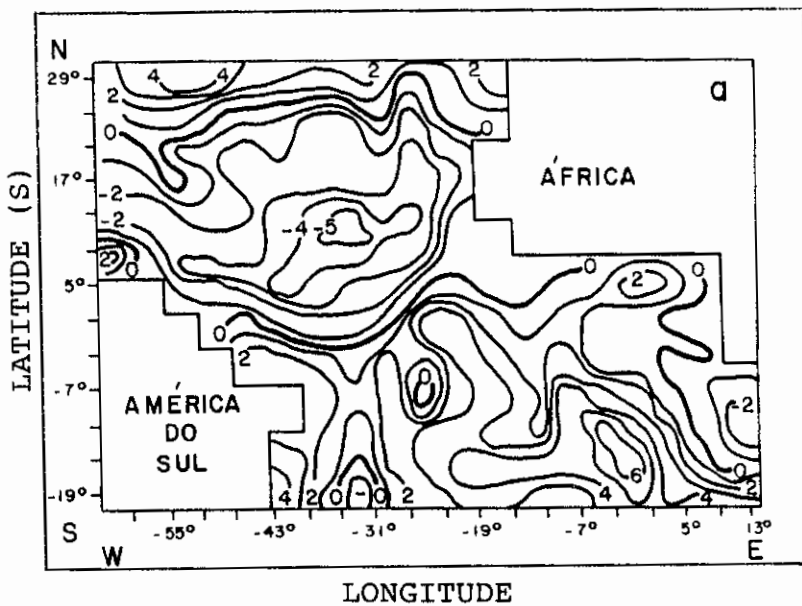


Fig. 4.16 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (três meses) e da precipitação de AMJ para: a) "lag" -1; b) "lag" 0; c) "lag" +1; d) "lag" +2.

O período de dados é de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)



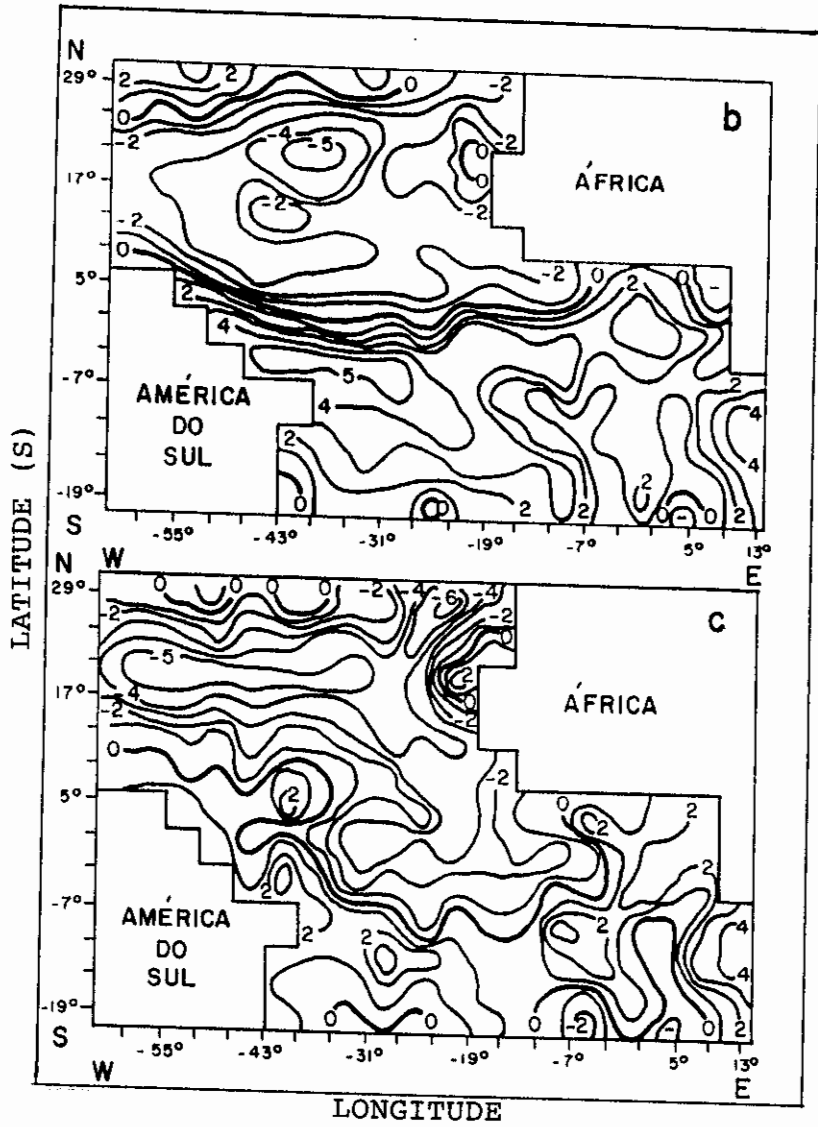


Fig. 4.16 - Continuação.

(continua)

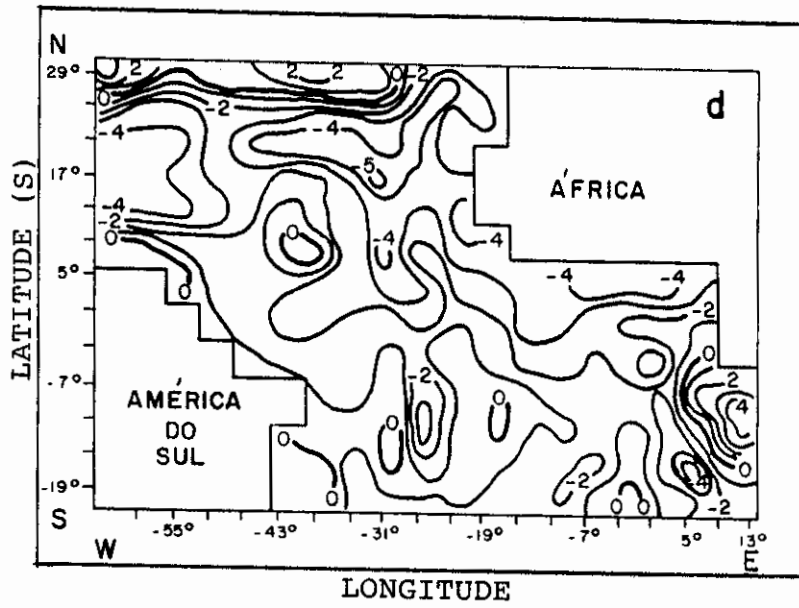


Fig. 4.16 - Conclusão.

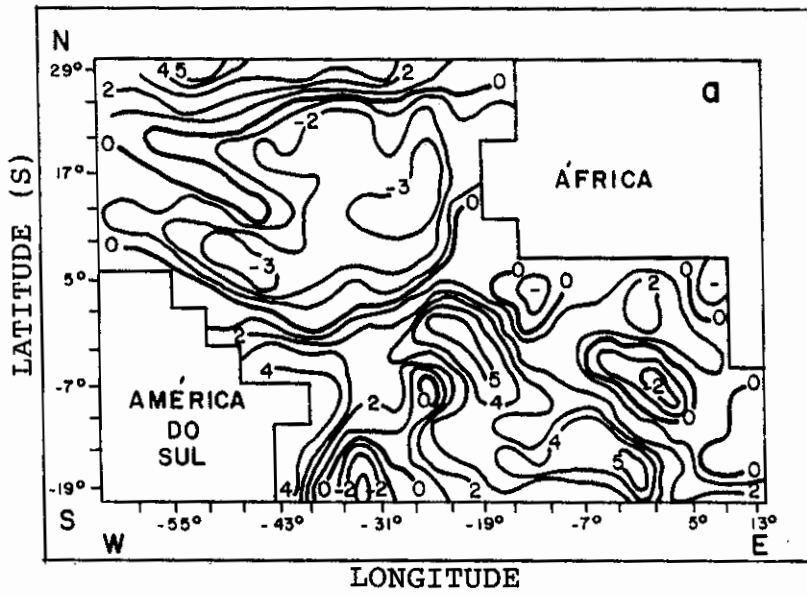


Fig. 4.17 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (três meses) e da precipitação de MJJ para: a) "lag" -1; b) "lag" 0; c) "lag" +1; d) "lag" +2.

O período de dados é de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

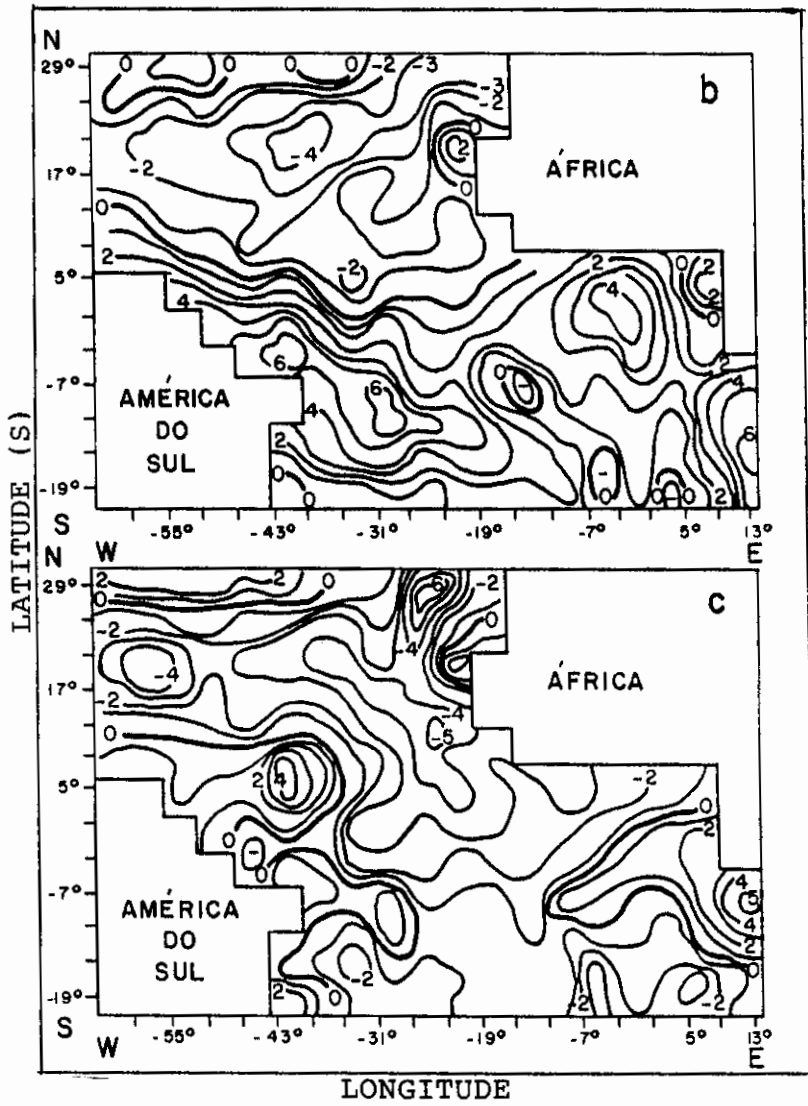


Fig. 4.17 - Continuação.

(continua)

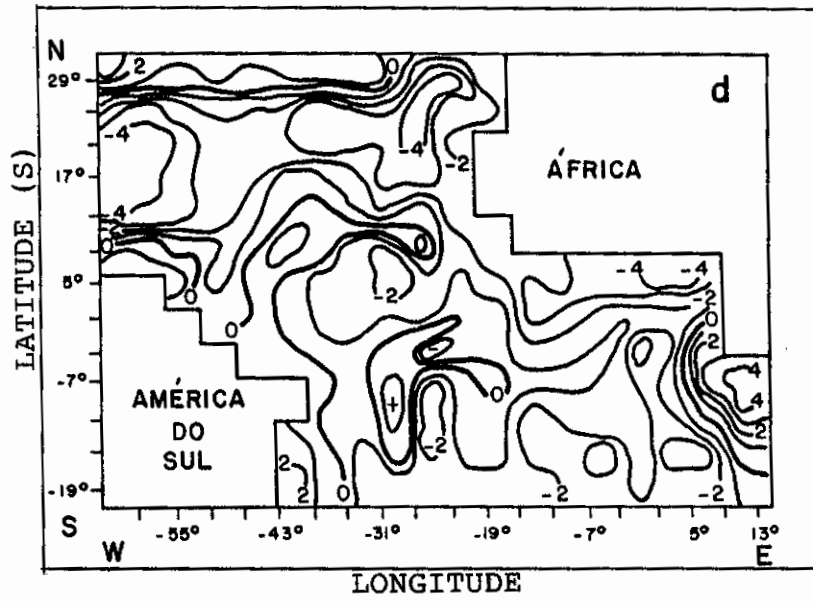


Figura 4.17 - Conclusão.

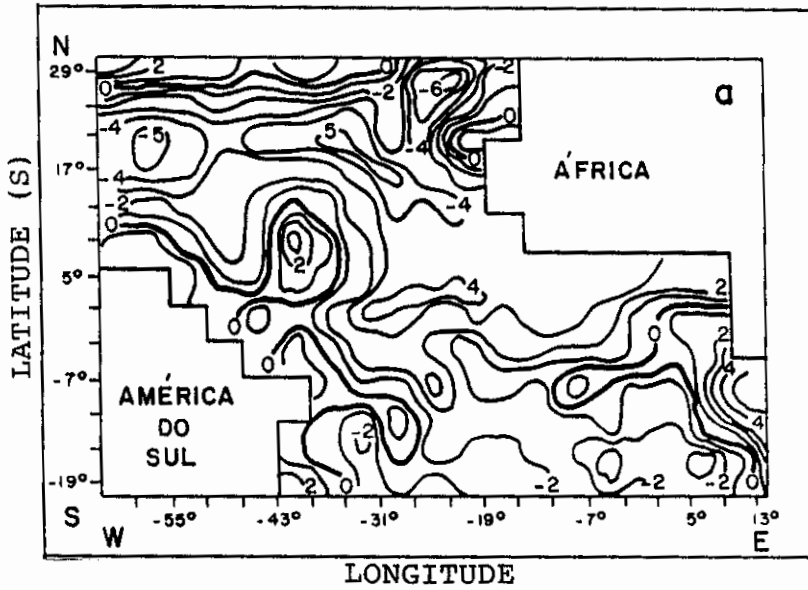


Fig. 4.18 - Isolinhas de correlação entre anomalias sazonais de TSM (quatro meses) e da precipitação de AMJJ para: a) "lag" +1; b) "lag" +2.

O período de dados é de 1964 a 1983. Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

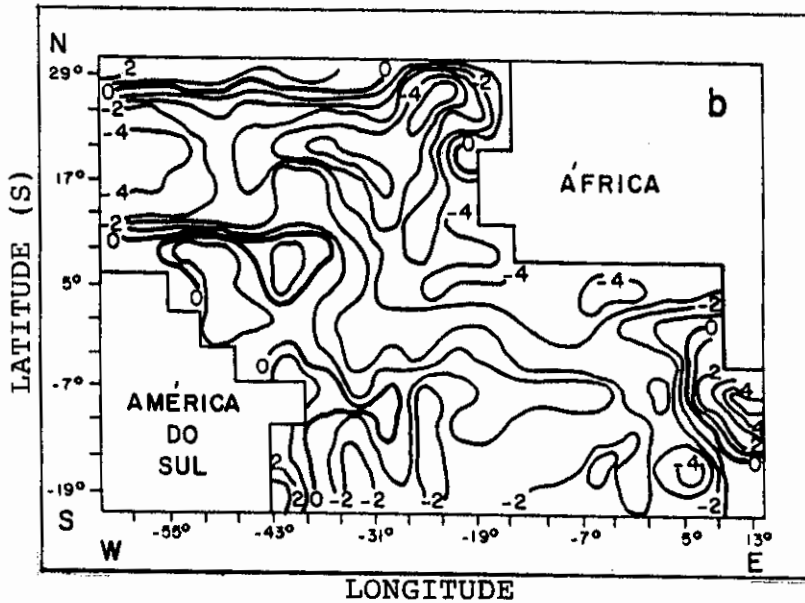


Fig. 4.18 - Conclusão.

As isolinhas de correlação defasadas entre as anomalias de TSM e da precipitação da estação chuvosa do Litoral Leste do NEB (para períodos sazonais de dois, três e quatro meses) mostram que o padrão do tipo dipolo (águas mais quentes/frias no Atlântico Sul/Atlântico Norte) se estabelece antes da estação chuvosa, e as magnitudes são maiores durante a estação chuvosa dessa região. Essa configuração sugere que um aumento (redução) nas anomalias de TSM antes da estação chuvosa aumenta (reduz) a precipitação no Litoral Leste do NEB.

A Figura 4.19 apresenta um esquema ilustrativo da localização dos centros de máxima correlação positiva e negativa, vistos na Figura 4.15. Observa-se um deslocamento para oeste das correlações positivas no Atlântico Sul. Nicholson e Nyenzi (1990) observaram uma propagação das anomalias de TSM do NEB para leste, continuando dentro da parte leste do Oceano Índico. Sugere-se que as correntes oceânicas sejam responsáveis por essa propagação para

oeste, com águas mais quentes sendo levadas pela corrente Sul Equatorial.

Um mecanismo físico que pode relacionar as anomalias de TSM com as anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB é semelhante ao proposto por Moura e Shukla (1981) para o norte do NE: maiores TSMs podem propiciar maior evaporação sobre o Atlântico Sul, causando maior transporte de vapor d'água para o continente, dependendo da direção do vento, o qual normalmente sopra mais intenso e perpendicular à costa durante a estação chuvosa nessa região. Além disso, os resultados das correlações entre as componentes zonal e meridional do vento e a precipitação, discutidos anteriormente, dão suporte a esta hipótese.

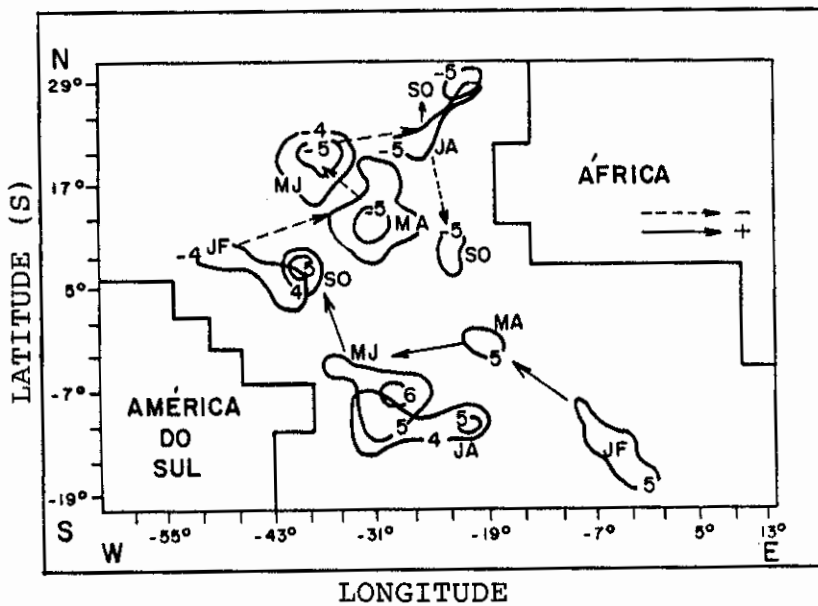


Fig. 4.19 - Esquema ilustrativo da localização dos centros de máximas correlações obtidas entre as anomalias de TSM e da precipitação de MJ nos "lags" de -2 até +3.



Por outro lado, a persistência nas características das anomalias de TSM, vistas do "lag"-2 até o "lag" + 1, em relação à estação chuvosa de MJ ("lags" menores foram observados nos outros períodos chuvosos analisados), indica que o monitoramento das TSMs na pré-estação chuvosa dá uma boa indicação de como será a estação chuvosa do Litoral Leste do NEB.

Rao e Goswami (1988) estudaram a possibilidade das anomalias de TSM no Mar da Arábia afetar as chuvas monçônicas na Índia, e da própria circulação monçônica afetar as TSMs nessa região. Eles observaram sinal positivo para as correlações entre as anomalias de TSM pré- e durante a estação chuvosa (MA e MAM) e da precipitação na estação chuvosa monçônica (JJAS), e sinal negativo entre as anomalias de TSM pós-estação chuvosa (SON) e da precipitação monçônica. Verificou-se que a extensão das áreas com correlações negativas significativas a 95% e 99% era maior do que a de correlações positivas. Os resultados indicaram que a própria circulação monçônica afeta a distribuição de TSMs no Mar da Arábia, embora esse mecanismo não esteja ainda definido.

Correlacionando-se as anomalias de TSM nos períodos pós-estação chuvosa com as anomalias de precipitação da estação chuvosa do Litoral Leste do NEB, observou-se sinal negativo. As configurações apresentadas nas Figuras 4.16d, e e f; 4.13c e d; 4.17c e d, e 4.18a e b são semelhantes às aquelas encontradas por Rao e Goswami (1988) entre as anomalias de TSM (SON) com as anomalias de precipitação monçônica da Índia (JJAS).

As correlações negativas sugerem que um aumento (uma redução) da precipitação pode reduzir (aumentar) a magnitude das TSMs. Durante a estação chuvosa, maior nebulosidade é observada nessa região, a qual diminui a ra-

dição solar incidente sobre a superfície dos oceanos. Isso implica que o aumento de nebulosidade diminui as TSMs, porque reduz a evaporação no oceano. Entretanto, um fato que deve ser considerado é o tipo de nebulosidade observada na estação chuvosa do Litoral Leste do NEB. Normalmente têm-se nuvens baixas e médias, isto é, cúmulos de pouco desenvolvimento vertical, as quais podem não ser suficientes para reduzir muito as TSMs.

Nicholson e Nyenzi (1990) observaram que os Oceanos Atlântico e Índico oscilam em fase através das regiões tropical e subtropical dos dois domínios. Três teleconexões foram encontradas pelos autores. Uma delas é entre o NEB e a Costa da Guiné; a segunda inclui o NEB, região centro-sul e sudeste do Atlântico e a parte oeste do Oceano Índico, e a terceira inclui apenas o Mar da Arábia e o Oceano Índico Equatorial Central. Assim, é provável que o mecanismo físico que relaciona a influência da precipitação do Litoral Leste do NEB sobre as TSMs faça parte de teleconexões atmosféricas tropicais globais.

#### 4.3 - ESTUDO DE QUATRO ANOS DE CONTRASTE NO LITORAL LESTE DO NEB

Neste item apresenta-se um estudo climatológico de quatro estações chuvosas consideradas extremas no Litoral Leste do NEB. Os anos estudados foram 1983 e 1987 (anos secos), e 1988 e 1989 (chuvosos).

O ano de 1983 foi extensivamente citado na literatura como o ano de El Niño, e seus efeitos sobre o clima global foram catastróficos. No NEB, os efeitos do El Niño de 1983 foram responsáveis por uma redução superior a 80% na precipitação da estação chuvosa do norte do NEB (Rao et al., 1986).

Em 1987, as configurações das anomalias oceânicas e da circulação atmosférica no Pacífico Tropical, mostraram claramente as características de ano El Niño (Kousky e Leetmaa, 1989). Neste ano, excessiva precipitação ocorreu no sul e sudeste do Brasil, como também secas no NEB.

Nos anos de 1988 e 1989, enchentes caracterizaram a estação chuvosa do Litoral Leste do NEB. Foram registradas 47 mortes e 40.000 pessoas ficaram desabrigadas em todo o Estado de Alagoas no ano de 1988. Enchente mais severa ocorreu em 1989, tendo-se decretado estado de calamidade pública em vários Estados do NEB.

A seguir, analisam-se as características da precipitação no Litoral Leste do NEB nos meses chuvosos desta região. As configurações dos vários campos de parâmetros meteorológicos foram usadas para verificar o que correu para tais quadros climáticos.

#### 4.3.1 - CONFIGURAÇÃO PARA OS ANOS SECOS

##### a) Ano de 1983

A configuração dos desvios normalizados da precipitação mensal, em porcentagem, para os meses de abril a julho de 1983, é mostrada na Figuras 4.20. A Tabela 4.15 apresenta esses desvios para algumas estações pluviométricas.

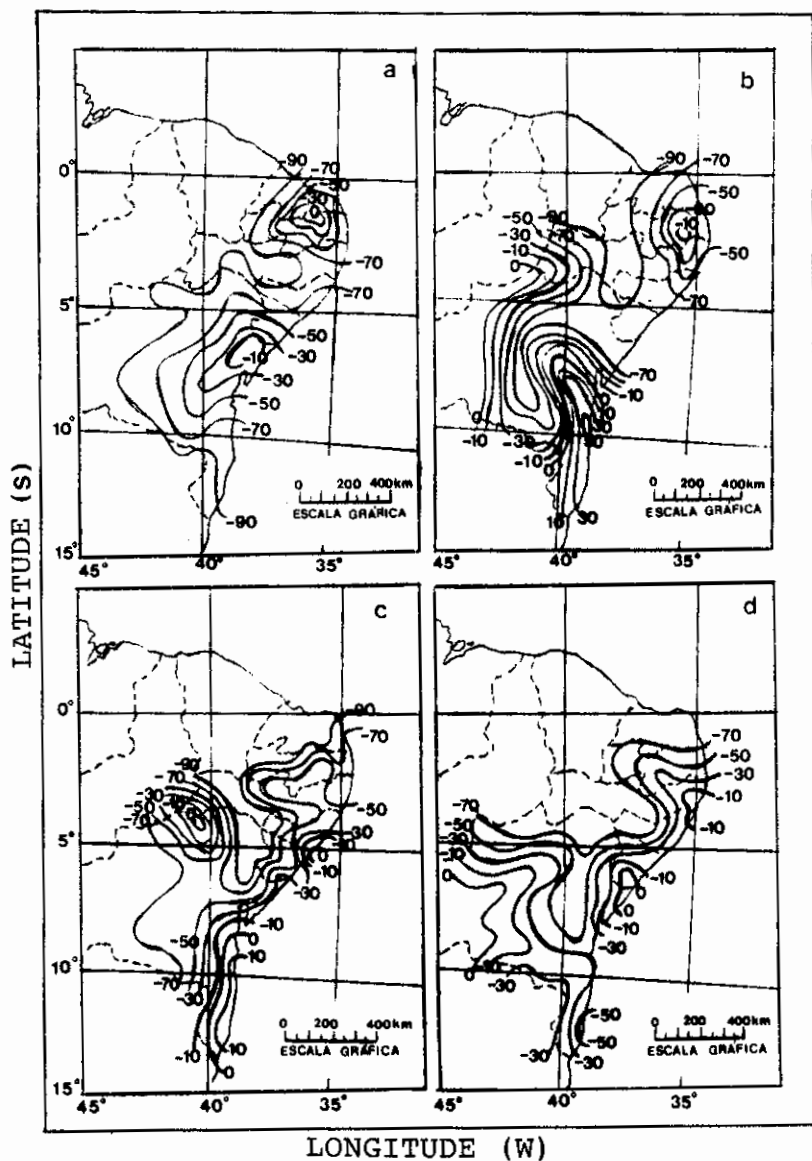


Fig. 4.20 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1983.

TABELA 4.15 - DESVIOS DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADOS PELA  
RESPECTIVA MÉDIA MENSAL, PARA O ANO DE 1983

ESTAÇÕES	MESES				MÉDIA SAZONAL %
	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	
CEARÁ MIRIM (RN)	251,7 -54	264,7 -53	266,4 -72	217,1 -86	-66,3
RECIFE (PE)	258,1 -68	334,9 -47	322,7 -59	223,4 -5	-44,8
GARANHUNS (PE)	-	223,8 -84	213,5 -66	215,0 -78	-76,0
SURUBIM (PE)	88,0 -55	87,3 -18	106,6 -62	-	-45,0
PALMEIRA DOS INDIOS (AL)	105,7 -77	147,8 -82	-	136,8 -62	-73,7
ARACAJU (SE)	195,5 -62	267,8 -82	191,7 -65	161,6 -12	-55,3

Os números superiores referem-se às normais climatológicas mensais, dadas em milímetros, e os números inferiores, aos desvios de precipitação normalizados, em porcentagem.

Observa-se que todo o Litoral Leste do NEB apresentou desvios negativos durante a estação chuvosa de 1983. Em abril de 1983 (Figura 4.20a) predominaram desvios

negativos em toda a região, com valores mais baixos na região interior costeira leste do NEB (90% abaixo da normal mensal). Em maio (Figura 4.20b), a configuração espacial dos desvios mudou consideravelmente em relação ao mês anterior, com desvios negativos no norte do Litoral Leste do NEB, os quais decresceram da costa (50% abaixo da normal) para o interior (90% abaixo da normal). Na parte costeira sudoeste do NEB observou-se uma extensa área de desvios positivos, com uma região onde a precipitação foi 50% acima da normal. Foi observada no sul do Litoral Leste do NEB uma região com desvios de precipitação da ordem de 70% abaixo da normal.

Em junho (Figura 4.20c) prevaleceu a configuração do mês de maio, com exceção da área de desvios positivos, a qual reduziu tanto em extensão como em magnitudes os valores desses desvios. Em julho (Figura 4.20d), todo o Litoral Leste do NEB voltou a estar sob o domínio dos desvios negativos, inclusive o sul do NEB, que atingiu valores da ordem de 50% abaixo da normal.

As anomalias de TSM no Atlântico Tropical para os meses de abril, maio, junho e julho de 1983 são visualizadas na Figura 4.21. No Pacífico Leste observaram-se valores altos de anomalias de TSM na costa do Equador/Peru, com anomalias positivas de  $7^{\circ}\text{C}$  nos três primeiros meses (Figuras 4.21a, b e c), as quais diminuíram de intensidade no mês de julho (Figuras 4.21d).

No Atlântico Tropical, a configuração dos padrões de anomalias de TSM, denominada "dipolo", não foi bem definida no mês de abril (Figura 4.21a). Notou-se uma pequena área na costa oeste da África com anomalias negativas de TSM, da ordem de  $1^{\circ}\text{C}$  e, uma outra região vizinha, no Atlântico Sul, com anomalias negativas da ordem de  $0,5^{\circ}\text{C}$ . No Atlântico Norte, foram observadas anomalias positivas de

2°C. Esta configuração caracterizou-se melhor nos três meses seguintes (Figuras 4.21b, c e d), onde verificou-se extensa área com anomalias negativas de TSM, na costa oeste da África, de aproximadamente 5°N a 15°S. No Atlântico Norte, foram observadas anomalias positivas de 1°C por toda a região.

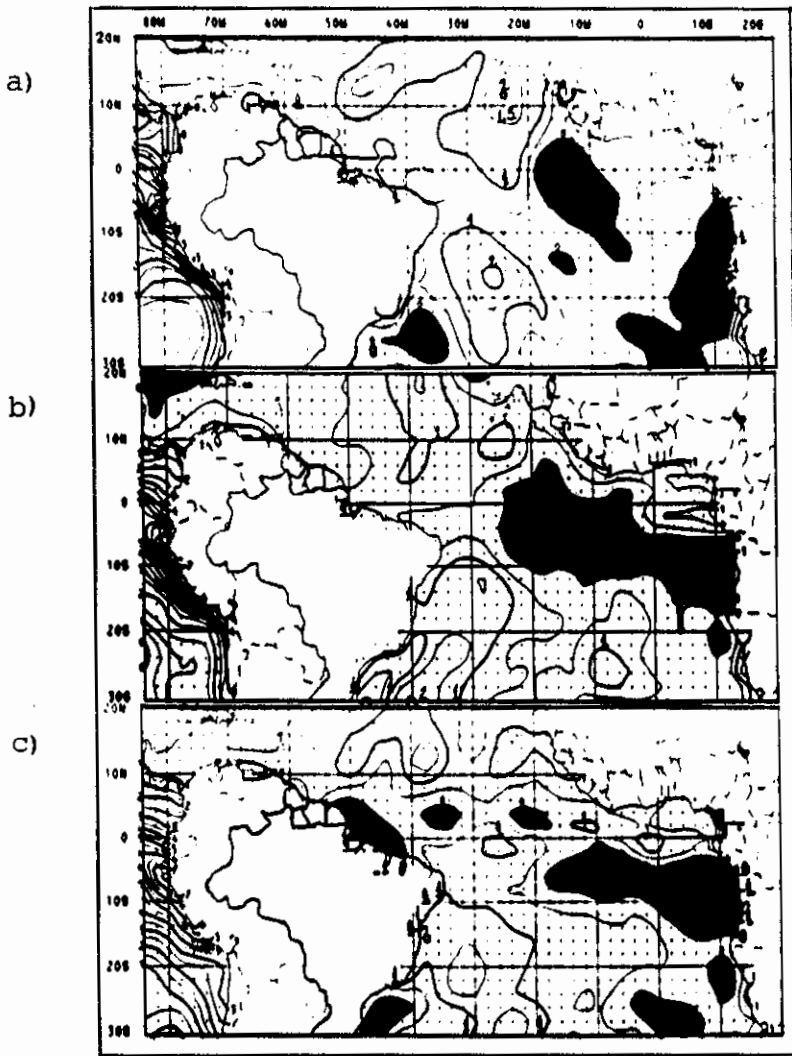


Fig. 4.21 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em  $^{\circ}\text{C}$ , no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1983.

FONTE: Oceanographic Monthly Summary (1983).

Áreas escuras indicam anomalias negativas. As isolinhas são espaçadas de  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

(continua)



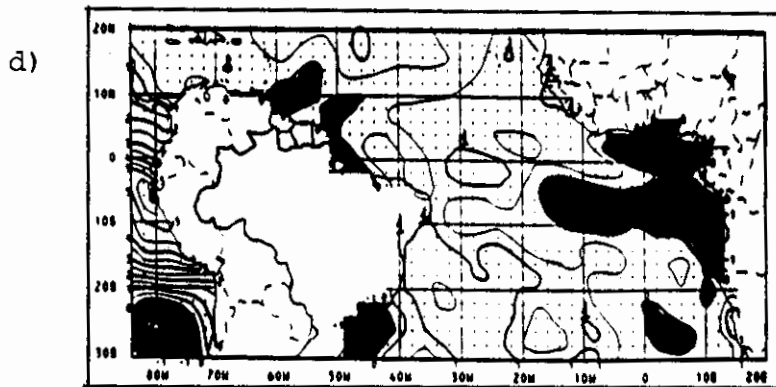


Fig. 4.21 - Conclusão.

De fevereiro a maio de 1983 verificou-se pouca nebulosidade no Atlântico Tropical, vista pelo campo de anomalias de ROL (Nobre e Kousky, 1988), e a ZCIT foi mais fraca e deslocada para o norte de sua posição média climatológica (Horel et al. 1984). As frentes frias tenderam a ficar estacionárias, um pouco ao norte da latitude do jato subtropical, havendo grande atividade convectiva nestas latitudes (Kousky e Cavalcanti, 1984).

Ao que parece, as altas TSMs na costa oeste da América do Sul, as configurações das anomalias de TSM no Atlântico Tropical e as condições de grande escala que atuaram na América do Sul, também foram propícias a condições mais secas no Litoral Leste do NEB no ano de 1983. A causa física dessa seca parece estar relacionada ao fenômeno ENOS (Kousky e Cavalcanti, 1984; Rao et al., 1986).

b) Ano de 1987

A Figura 4.22 apresenta a configuração dos desvios normalizados da precipitação mensal, em porcentagem, para os meses de abril, maio, junho e julho de 1987. A Tabela 4.16 apresenta as estações que tiveram os maiores desvios negativos durante esses meses.

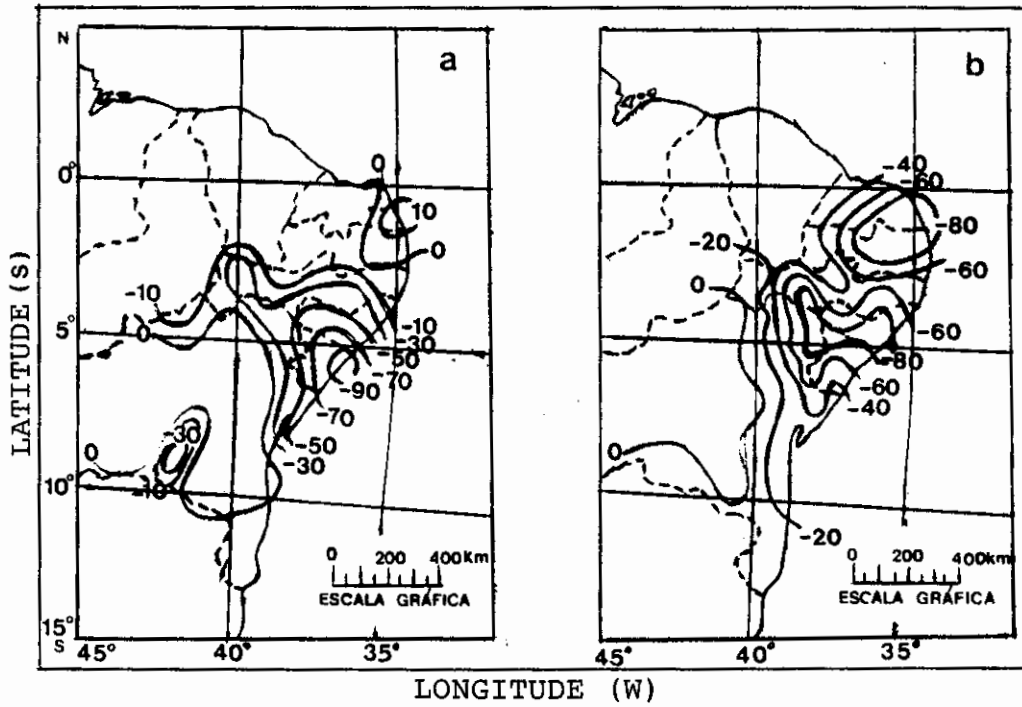


Fig. 4.22 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987.

(continua)

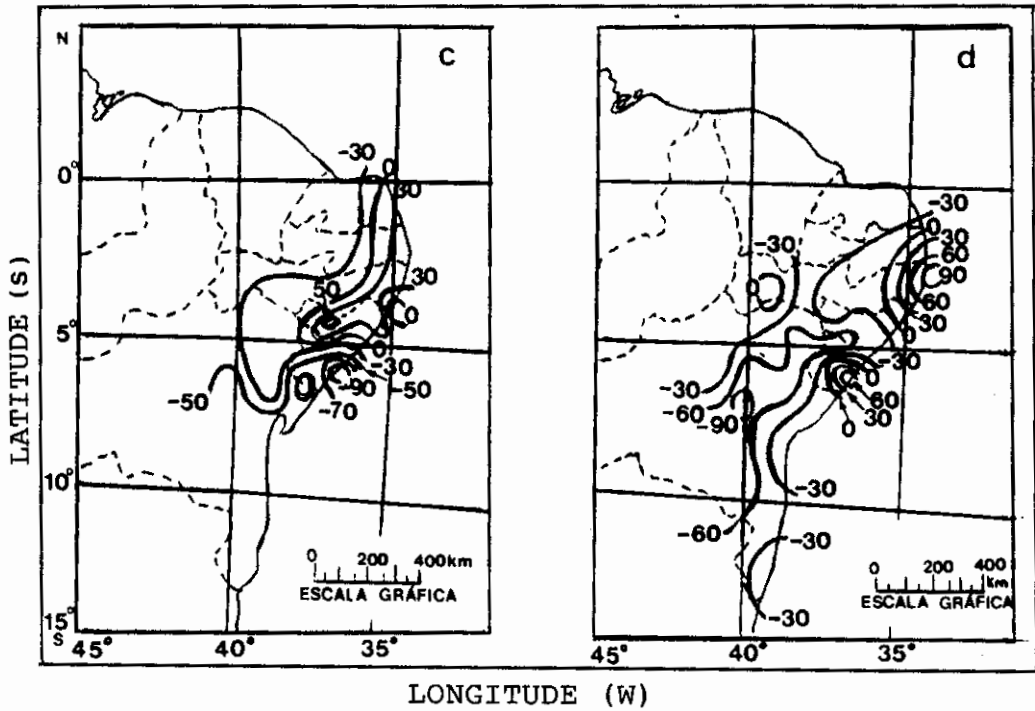


Fig. 4.22 - Conclusão.

Observaram-se em abril (Figura 4.22a) desvios positivos na parte norte do Litoral Leste do NEB (10% acima da normal mensal). O sul dessa região caracterizou-se por desvios negativos, atingindo 90% abaixo da média de abril na parte nordeste do Estado de Sergipe.

Em maio (Figura 4.22b), observou-se que as chuvas foram abaixo da normal em todo o Litoral Leste do NEB. As áreas mais atingidas foram o norte dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, e a parte central do Estado de Alagoas, nordeste da Bahia e noroeste de Sergipe, onde a precipitação foi superior a 80% abaixo da normal.

TABELA 4.16 - DESVIOS DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADOS PELA  
RESPECTIVA MÉDIA MENSAL, PARA O ANO DE 1987

ESTAÇÕES	MESES				
	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	MÉDIA SAZONAL %
CAMPINA GRANDE (PB)	114,7 +8	115,8 -88	118,5 +1	94,6 -3	-20,5
ÁGUA BRANCA (AL)	177,2 -54	136,5 -56	157,8 0,0	154,3 -21	-32,8
PALMEIRA DOS ÍNDIOS (AL)	191,9 -68	206,3 -92	176,7 +21	180,0 -49	-47,0
ARACAJU (SE)	292,5 -92	299,4 -64	189,0 -90	179,8 +66	-45,0
PROPRIÁ (SE)	-	173,8 -74	144,0 -18	126,8 -62	-51,3

Os números superiores referem-se às normais climatológicas mensais, dadas em milímetros, e os números inferiores, aos desvios de precipitação normalizados, dadas em porcentagem.

Em junho (Figura 4.22c), na região costeira do Rio Grande do Norte até o norte do Estado de Alagoas, as chuvas foram acima da normal (30% acima da normal mensal). No sul do Litoral Leste do NEB, observaram-se desvios nega-

tivos da ordem de 90% abaixo da normal no litoral leste de Sergipe e da Bahia.

A Figura 4.22d mostra que, em julho de 1987, na faixa litorânea do Rio Grande do Norte até o sul de Sergipe, a precipitação foi acima da normal, exceto no Estado de Alagoas e no norte de Sergipe. Neste mês, todo o litoral da Bahia apresentou precipitações abaixo da normal mensal.

Para verificar quais os fatores da grande escala e da escala sinótica que concorreram para a redução da precipitação no Litoral Leste do NEB nos meses chuvosos de 1987, analisaram-se os campos de PNM no Atlântico Sul; os ventos associados à Alta Subtropical do Atlântico Sul em 850hPa; a posição latitudinal média do eixo da ZCIT; o campo de ROL e os sistemas frontais que penetraram pelo litoral do Brasil nestes períodos. Também analisaram-se os campos de anomalias de TSM no Pacífico Leste e no Atlântico Tropical, nos meses de abril a julho de 1987.

A Figura D.1 (Apêndice D) apresenta a configuração do campo de PNM no Atlântico Tropical e Pacífico Leste, nos meses de abril a julho de 1987. Notou-se que a Alta Subtropical do Atlântico Sul situou-se próximo à costa da América do Sul, alongando-se zonalmente e com centro de 1018hPa (Figura D.1a). Em maio (Figura D.1b) esse sistema deslocou-se da América do Sul para leste, localizando-se próximo à costa sul da África, onde permaneceu nos dois meses seguintes (Figuras D.1c e d). A Alta Subtropical intensificou gradativamente de abril a julho, estando mais intensa nesse último mês, com centro de 1024hPa, localizando-se na parte central do Atlântico Sul, em aproximadamente 30°S e 11°W.

As anomalias de ventos em 850hPa, associadas à Alta Subtropical (Figura D.2 - Apêndice D), mudaram de leste para sudeste de abril a julho. Em abril e maio (Figuras D.2a e b, respectivamente), os ventos sopraram de leste em toda a costa norte e leste do Brasil. O eixo de confluência dos alísios dos dois hemisférios oscilou entre 5°N (abril) e o Equador (maio). Em junho (Figura D.2c), verificou-se uma bifurcação do vento no Atlântico Sul, com ventos de leste soprando perpendicular à costa, no sul do Litoral Leste do NEB e, em aproximadamente 15°S, notou-se uma inclinação do escoamento para o sul, soprando de sudeste, perpendicular à parte norte da costa leste do NEB. Em julho (Figura D.2d), o vento de sudeste estava bastante intenso e perpendicular à toda costa leste do NEB. Esta direção do vento é favorável as precipitações nesta região.

A Figura D.3 (Apêndice D) apresenta o deslocamento geográfico médio do eixo da ZCIT nos meses de abril a julho de 1987 e a Figura D.4 (Apêndice D), as configurações dos campos de anomalias de ROL para estes meses. Em todo o período analisado, a ZCIT localizou-se mais ao norte, oscilando entre 2°S e 6°N em abril (Figura D.3a); 2°N e 6°N em maio (Figura D.3b); 5°N e 8°N em junho (Figura D.3c), e entre 6°N e 9°N em julho (Figura D.3d). A atividade convectiva associada a este sistema foi intensa em abril, como mostrou o campo de anomalias de ROL (Figura D.4a). Em maio a convecção sobre a América do Sul localizou-se mais no sul e noroeste dessa região (Figura D.4b), e foi menos intensa sobre o NEB. Em junho (Figura D.4c), o Litoral Leste do NEB apresentou anomalias negativas de ROL, (convecção sobre o continente) e, em julho (Figura D.4d), não se observou convecção profunda sobre o NEB.

Vários sistemas frontais atuaram no Brasil na estação chuvosa de 1987 (Figura D.5 - Apêndice D). Em abril (Figura D.5a), a maior parte dos sistemas frontais atuaram

mais na Região Sul do Brasil e apenas um atingiu latitudes mais ao norte (litoral de Aracaju e Sergipe). Em maio (Figura D.5b), houve uma incidência maior de sistemas frontais que atingiram latitudes mais ao norte, deslocando-se até Salvador e Sergipe. Entretanto, não ocorreu formação de sistemas de nuvens convectivas, como mostrou o campo de ROL para este mês (Figura D.4b). Em junho (Figura D.5c), três sistemas frontais deslocaram-se até o litoral do Estado da Bahia e de Sergipe, provocando uma faixa de nuvens convectivas no Litoral Leste do NEB, como mostrou a Figura D.4c. Em julho (Figura D.5d), dois sistemas frontais penetraram pelo litoral até o Espírito Santo e dois outros penetraram até o sul da Bahia. Entretanto, o campo de ROL em julho (Figura D.4d) mostrou que não houve formação de convecção profunda no continente.

As condições de grande escala e escala sinótica, discutidas acima, mostraram que os sistemas que atuaram no Brasil em abril, maio, junho e julho de 1987 foram favoráveis ao déficit de precipitação no Litoral Leste do NEB. Entretanto, algumas considerações devem ser feitas.

Em abril, observou-se que a precipitação no norte do Litoral Leste do NEB aumentou 10% em relação à média mensal (Figura 4.22a). Neste mês os ventos no Atlântico Sul foram de leste, a ZCIT estava mais deslocada para o norte e os sistemas frontais atuaram apenas no sul do Brasil. Entretanto, o campo de ROL (Figura D.4a) mostrou que houve intensa convecção sobre o norte do Litoral Leste do NEB, estando coerente com o campo de desvios de precipitação (Figura 4.22a). Assim, os prováveis sistemas que favoreceram as precipitações nessa região foram os distúrbios de leste e as linhas de estabilidade associadas às brisas, os quais são mais frequentes nessa época do ano.

Em julho, a configuração dos desvios de precipitação (Figura 4.22d) mostrou que em uma estreita faixa da costa leste do NEB as chuvas foram acima da normal mensal e, no interior, houve déficit de precipitação. Vários sistemas da circulação atuaram para favorecer tal configuração do campo de precipitação. O máximo observado no litoral de Sergipe não parece ter sido causado pelos sistemas frontais que atingiram o litoral do Estado do Espírito Santo e o sul de Salvador (Figura D.5d). Esse máximo e o máximo observado no norte do Litoral Leste do NEB podem ser justificados pela penetração dos sistemas de ventos que sopraram de sudeste, mais intensos e perpendiculares à costa do Litoral Leste do NEB. Os valores negativos, na parte interior norte do Litoral Leste, podem ter sido causados pelo deslocamento da ZCIT mais para o norte, e os déficits no interior, à pouca penetração dos ventos no continente. Entretanto, o campo de ROL (Figura D.4d) não mostrou convecção profunda sobre o NEB, mas isso pode ter sido devido ao tipo de nebulosidade observada, isto é, nuvens baixas e médias de pouco desenvolvimento vertical.

A Figura D.6 (Apêndice D) apresenta as configurações para as anomalias de TSM no Atlântico Tropical nos meses de abril a julho de 1987. A configuração das anomalias de TSM em abril, na costa oeste da América do Sul (Figura D.6a), mostrou águas mais quentes ao longo da costa, com anomalias positivas de  $2^{\circ}\text{C}$  na faixa latitudinal de  $0^{\circ}$ - $18^{\circ}\text{S}$ . No Atlântico Sul, observaram-se anomalias negativas de TSM em uma extensa área ao sul de  $40^{\circ}\text{S}$ , da ordem de  $2^{\circ}\text{C}$  em algumas regiões; na faixa latitudinal de  $20^{\circ}\text{S}$ - $40^{\circ}\text{S}$ , anomalias positivas de  $1^{\circ}\text{C}$  e na faixa de  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}\text{S}$ , pequenos núcleos de águas mais frias. No Atlântico Norte, na faixa latitudinal de  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}\text{N}$ , observou-se um núcleo de anomalias negativas de TSM na costa norte da América do Sul e, um centro menor, com anomalias positivas, próximo à costa da África, da ordem de  $1^{\circ}\text{C}$ .



Em maio (Figura D.6b), a configuração das anomalias de TSM na costa oeste da América do Sul foi semelhante à do mês anterior, enquanto no Atlântico Sul, notou-se uma redução acentuada da área de águas frias, ao sul de  $40^{\circ}\text{S}$ . Na faixa latitudinal de  $0^{\circ}$ - $40^{\circ}\text{S}$  predominaram águas mais quentes, com um núcleo de maior anomalia positiva, da ordem de  $2^{\circ}\text{C}$ , localizado na região de  $20^{\circ}\text{S}$ - $40^{\circ}\text{S}$ , próximo à costa da África. No Atlântico Norte, ao longo da costa norte da América do Sul, a área com anomalias negativas diminuiu em relação ao mês anterior, tornando-se um pequeno centro frio em aproximadamente  $15^{\circ}\text{N}$ . Na faixa de  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}\text{N}$ , predominaram águas mais quentes.

As configurações das anomalias de TSM em junho e julho de 1987 são visualizadas nas Figuras D.6c e d, respectivamente. Nestes meses, na maior parte do Atlântico Tropical e Subtropical predominaram anomalias positivas de TSM, da ordem de  $1^{\circ}\text{C}$ , em algumas regiões. Em junho, na costa do Equador/Peru, as magnitudes das anomalias positivas diminuíram de  $1^{\circ}\text{C}$ , em relação ao mês de maio, aumentando novamente de  $1^{\circ}\text{C}$  em julho, em uma pequena área localizada próximo à costa.

Em 1987 o padrão do tipo dipolo para as configurações das anomalias de TSM no Atlântico Tropical, observadas em anos secos e chuvosos no norte do NEB, não foi tão bem definido nos meses analisados, como em 1983 para os meses de maio a julho.

Do ponto de vista meteorológico a estação chuvosa de 1987 pode ser considerada de seca moderada e a de 1983, de seca severa, para a região litorânea leste do NEB.

#### 4.3.2 - CONFIGURAÇÃO PARA OS ANOS CHUVOSOS

##### a) Ano de 1988

A configuração espacial dos desvios da precipitação mensal, normalizados pela normal mensal, em porcentagem, para os meses de abril a julho do ano de 1988, é apresentada na Figura 4.23. A Tabela 4.17 apresenta esses desvios para algumas estações pluviométricas.

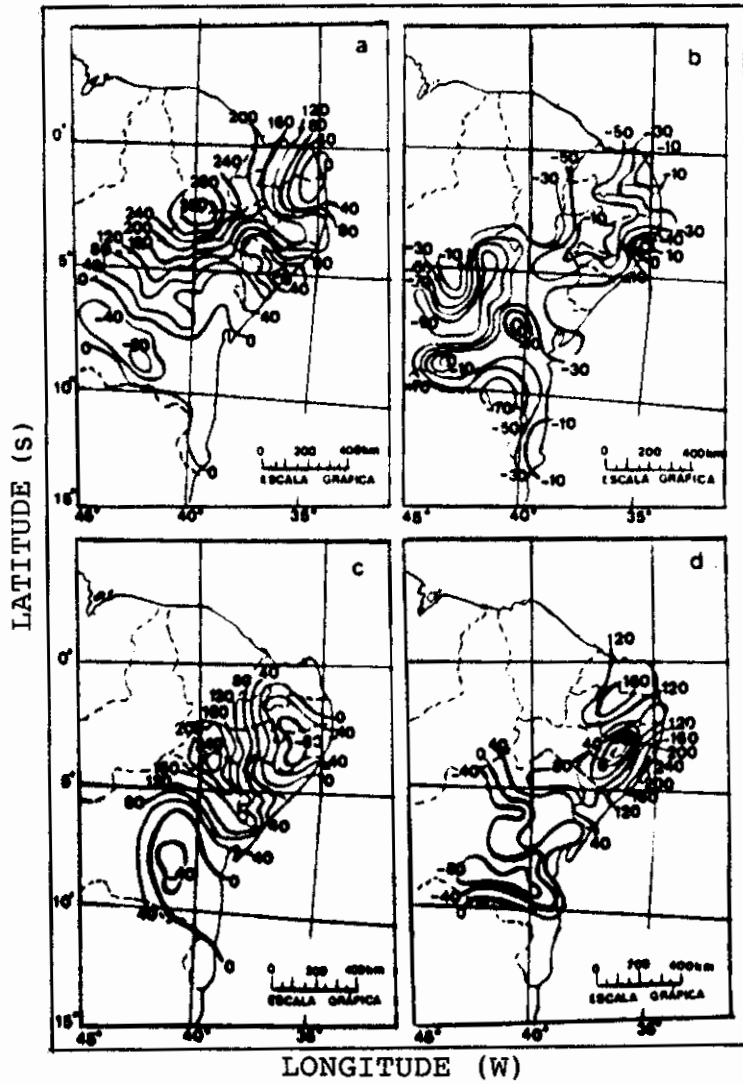


Fig. 4.23 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988.

TABELA 4.17 - DESVIOS DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADOS PELA  
RESPECTIVA MÉDIA MENSAL, PARA O ANO DE 1988

ESTAÇÕES	MESES				
	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	MÉDIA SAZONAL %
RECIFE (PE)	259,9 +127	330,2 -39	337,8 -91	227,8 +186	+45,8
MACEIÓ (AL)	236,8 +4,0	341,9 -30	272,2 +19	226,0 +199	+48,0
PALMEIRA DOS INDIOS (AL)	107,6 +108	192,6 -73	177,4 -12	181,5 +65	+22,0
PÃO DE AÇÚCAR (AL)	65,9 +98	100,8 -40	111,9 +32	112,7 +48	+34,5
PORTO PEDRAS (AL)	173,3 +132	248,7 +23	259,7 -30	184,2 +254	94,8
ARACAJU (SE)	192,4 +85	297,9 -25	191,5 +10	180,0 +70	+35,0
ITABAIANINHA (SE)	119,8 +63	169,2 -24	119,1 +169	132,3 +51	+64,8
PROPRIÁ (SE)	132,3 -6	173,8 -39	144,2 +72	126,6 +94	+30,3

Os números superiores referem-se às normais climatológicas mensais, dadas em milímetros, e os números inferiores, aos desvios de precipitação normalizados, em porcentagem.

Observou-se, pelas Figuras 4.23a, b, c e d, que a estação chuvosa de 1988 foi bastante irregular, tanto espacial como temporalmente, no Litoral Leste do NEB. Em abril as chuvas foram mais abundantes no interior do Litoral Leste do NEB, onde se registraram desvios positivos de 300% acima da normal mensal, na parte oeste de Pernambuco (Figura 4.23a) e, em julho, em toda a costa leste do NEB, desvios superiores a 100% acima da normal e, até 240%, no litoral de Alagoas (Figura 4.23d).

Em maio (Figura 4.23b), condições mais secas foram observadas em toda a região, exceto o litoral nordeste de Alagoas, onde as precipitações foram 10% acima da normal mensal. Em junho (Figura 4.23c), as chuvas foram mais fortes no interior do Litoral Leste do NEB e mais fracas na parte central leste de Pernambuco e Paraíba, onde se registraram desvios de 80% abaixo da média mensal.

Apresentam-se nas Figuras E.1, E.2, E.3 e E.4 (Apêndice E), as configurações de PNM, de vetor vento em 850hPa, da posição latitudinal média do eixo da ZCIT e de anomalias de ROL, respectivamente, para os meses de abril a julho de 1988.

As características da circulação atmosférica de abril a julho de 1988 mostraram que a Alta Subtropical do Atlântico Sul localizou-se na parte centro-leste da bacia do Atlântico, bastante intensa em abril (1024hPa), conforme visto na Figura E.1a. Esse sistema enfraqueceu em maio (Figura E.1b), intensificando-se do mês seguinte até julho (Figuras E.1c e d, respectivamente), estando neste mês mais alongado zonalmente, entre 20°S e 40°S, e com centro de 1024hPa. O vento associado foi mais intenso e perpendicular à costa leste do NEB em junho e julho (Figuras E.2c e d, respectivamente). A ZCIT esteve mais ao sul em

abril (Figura E.3a), deslocando-se para o norte de abril até julho, onde se localizou em aproximadamente  $5^{\circ}\text{N}$  e  $8^{\circ}\text{N}$  (Figura E.3d). O campo de anomalias de ROL (Figura E.4) mostrou que durante os meses de abril a julho a nebulosidade foi do tipo baixa e média na costa leste do NEB.

A Figura E.5 (Apêndice E) apresenta as seções verticais de estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram pelo litoral do Brasil nos meses de abril a julho de 1988 (Figuras E.5a, b, c e d, respectivamente). Vários sistemas frontais atingiram o sul da Bahia nesses meses. Em junho e julho, estes sistemas apresentaram grande penetração continental, atingindo o litoral de Maceió e Recife, causando chuvas intensas nessas regiões.

Os mapas de anomalias de TSM para abril, maio, junho e julho do ano chuvoso de 1988 são mostrados na Figura E.6 (Apêndice E).

Observaram-se, em abril (Figura E.6a), águas mais frias na costa do Equador/Peru, com anomalias de  $1^{\circ}\text{C}$  abaixo da média. No Atlântico Norte, verificaram-se águas mais frias em quase toda a costa da América do Sul e pequenos centros de águas mais quentes nas proximidades da África, com anomalias positivas de  $1^{\circ}\text{C}$ . Na faixa de  $0^{\circ}$ - $22^{\circ}\text{S}$ , verificaram-se águas mais quentes em quase todo o cinturão de latitudes, apresentando uma região, desde a costa leste do NEB até a parte central do Atlântico, onde as anomalias foram de  $1^{\circ}\text{C}$  acima da média. Exceção é feita a uma pequena região ao longo da costa oeste da África, onde se observaram águas mais frias, com valor de  $1^{\circ}\text{C}$  abaixo da média. No Atlântico Sul Subtropical, águas mais frias foram encontradas por toda a faixa, entre  $22^{\circ}\text{S}$ - $40^{\circ}\text{S}$  e entre  $0^{\circ}$ - $90^{\circ}\text{W}$ .

Em maio (Figura E.6b) notou-se um resfriamento, em relação ao mês anterior, das águas próximas à costa do Equador/Peru, que se distribuiu zonalmente em uma estreita faixa ao longo da linha equatorial, na faixa de  $90^{\circ}\text{W}$ - $180^{\circ}\text{W}$ , onde as anomalias foram de  $2^{\circ}\text{C}$  e até  $3^{\circ}\text{C}$  abaixo da média. A configuração do campo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical apresentou-se bastante similar à do mês de abril. Persistiu a área com anomalias negativas de TSM na região adjacente à costa norte da América do Sul, reduzindo em extensão. Notou-se um aquecimento das águas no Atlântico Tropical, nas proximidades da África, com anomalias positivas de  $1^{\circ}\text{C}$ .

A Figura E.6c mostra que, em junho, persistiu o resfriamento das águas na costa do Equador/Peru, visto na figura anterior, o qual se intensificou ligeiramente, com anomalias de  $3^{\circ}\text{C}$  abaixo da média. As áreas com águas mais frias expandiram-se especialmente no lado leste do Pacífico Equatorial. No Atlântico Tropical, as anomalias de TSM foram, em geral, semelhantes às do mês anterior, com anomalias positivas na maior parte do oceano, entre as latitudes de  $40^{\circ}\text{N}$  e  $30^{\circ}\text{S}$ . Houve um aumento da magnitude das anomalias negativas entre  $20^{\circ}\text{S}$  e  $30^{\circ}\text{S}$ , junto à costa leste da América do Sul, com valor da ordem de  $1^{\circ}\text{C}$  abaixo da média. Observou-se também uma extensa área de águas mais quentes ( $1^{\circ}\text{C}$  acima da média) na costa norte e leste do NEB, estendendo-se quase meridionalmente pelo Atlântico Equatorial.

Em julho (Figura E.6d) quase todo o litoral, na faixa latitudinal de  $50^{\circ}\text{N}$  a  $30^{\circ}\text{S}$ , apresentou anomalias positivas de TSM, com uma região no Atlântico Norte, entre  $50^{\circ}\text{N}$  e  $30^{\circ}\text{N}$ , onde as anomalias foram superiores a  $2^{\circ}\text{C}$  acima da média e, no Atlântico Equatorial, próximo à África, uma extensa área com anomalias positivas de  $1^{\circ}\text{C}$ . As anomalias negativas de TSM, localizadas na faixa de  $20^{\circ}\text{S}$  a  $40^{\circ}\text{S}$ , junto à costa sul-americana, persistiram durante este mês,

atingindo valores da ordem de 1°C abaixo da média. Em relação ao mês anterior, persistiu a configuração de águas mais frias no Pacífico Equatorial, próximo à costa do Equador/Peru, aumentando em extensão neste mês.

Em 1988, as anomalias de TSM no Pacífico Leste mostraram características bem estabelecidas da fase oposta à observada durante eventos ENOS. No Atlântico Tropical não foi observado um padrão de configurações de TSM, característico de anos secos ou chuvosos no norte do NEB. Vários sistemas dinâmicos da circulação concorreram para o aumento das precipitações no Litoral Leste do NEB.

A implicação das configurações dos campos analisados na precipitação da estação chuvosa do Litoral Leste do NEB, no ano de 1988, será feita no próximo item, junto com a análise para o ano chuvoso de 1989.

#### b) Ano de 1989

A Figura 4.24 apresenta os mapas de desvios normalizados da precipitação mensal em abril, maio e julho, em porcentagem, para o ano chuvoso de 1989. A Tabela 4.18 apresenta esses desvios para algumas estações pluviométricas.

Em abril de 1989 (Figura 4.24a), no norte e em quase todo sul do Litoral Leste do NEB, as precipitações foram acima da média. Os maiores desvios, superiores a 100%, foram registrados no litoral leste de Alagoas e na região centro-leste da Paraíba. Neste mês, o sul do NEB apresentou desvios negativos da ordem de 80% abaixo da normal.



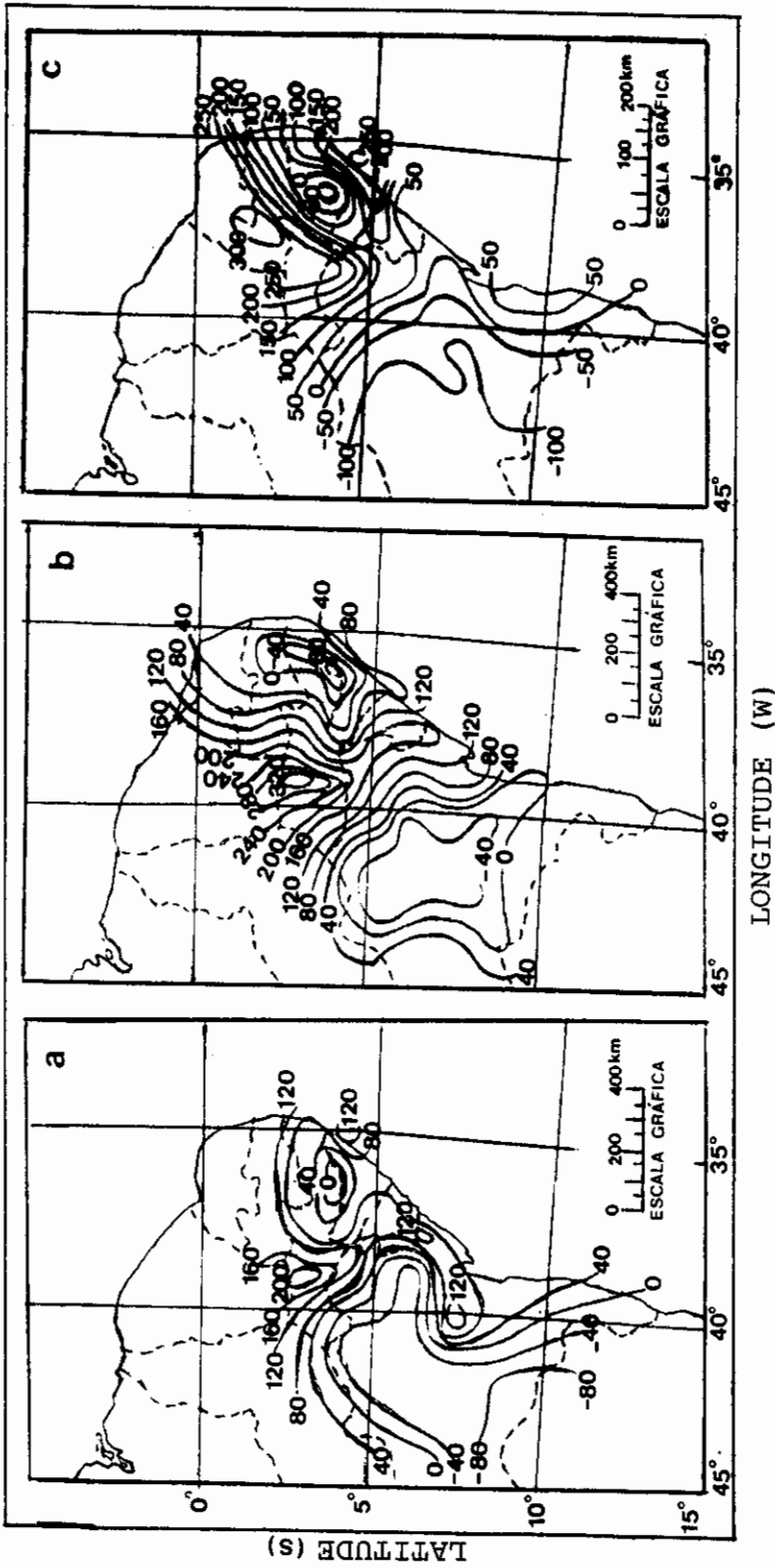


Fig. 4.24 - Isolinhas de desvios de precipitação mensal, normalizados pela média do respectivo mês, em porcentagem, para: a) abril; b) maio; c) julho de 1989.

TABELA 4.18 - DESVIOS DE PRECIPITAÇÃO NORMALIZADOS PELA RESPECTIVA MÉDIA MENSAL, PARA O ANO DE 1989

ESTAÇÕES	MESES				
	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	MÉDIA SAZONAL %
MACEIÓ (AL)	235,9 +76	341,0 +85	-	226,0 +254	+138,3
PÃO DE AÇUCAR (AL)	65,9 +100	101,3 +107,9	-	112,5 +66	+91,3
PORTO PEDRAS (AL)	173,3 +188	249,1 +104	-	184,2 +215	+169,0
ITABAIANINHA (SE)	119,7 +141	169,8 +195	-	131,6 +46	+127,3
PROPRIÁ (SE)	131,5 +96	173,5 +85	-	126,7 +170	+117,0

Os números superiores referem-se às normais climatológicas mensais, dadas em milímetros, e os números inferiores, aos desvios de precipitação normalizados, em porcentagem.

Em maio (Figura 4.24b), todo o Litoral Leste do NEB apresentou precipitações acima da média, exceto a parte centro-leste dos Estados da Paraíba e Pernambuco. Na parte central do Estado da Bahia, registraram-se desvios negativos superiores a 40%. No oeste de Pernambuco, observaram-se desvios positivos superiores a 200% acima da nor-

mal e, em uma pequena área da região esse valor chegou a 320%.

Em julho (Figura 4.24c), valores altos de desvios positivos de precipitação foram observados na maior parte do Litoral Leste do NEB, exceto na parte centro-leste de Pernambuco e no interior oeste do Estado da Bahia, onde as precipitações foram abaixo da normal, as quais diminuíram do litoral para o interior. Nesse mês observaram-se desvios positivos de precipitação, da ordem de 300%, na parte oeste da Paraíba; superiores a 100% no litoral leste dos Estados de Pernambuco e Alagoas e no litoral norte de Sergipe. Em Maceió (AL), os desvios de precipitação foram de 250% acima da normal. Registraram-se inundações na maior parte dos Estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

As características da circulação atmosférica e oceânica, para o ano de 1989, são apresentadas a seguir. As Figuras F.1 e F.2 (Apêndice F) apresentam as configurações de PNM e das anomalias de vetor vento em 850hPa, respectivamente, para os meses de abril a julho de 1989.

Em abril, a Alta Subtropical do Atlântico Sul localizou-se na parte sudeste do Atlântico, com centro de 1022hPa (Figura F.1a). Em maio esse sistema enfraqueceu e alongou-se zonalmente, ocupando extensa área do Atlântico Sul, próximo à costa da América do Sul (Figura F.1b). Em julho este sistema fortaleceu (centro de 1022hPa), localizando-se novamente na parte sudeste do Atlântico (Figura F.1c). Ventos alíseos de sudeste mais intensos foram observados na parte central e leste do Atlântico Sul, soprando de sudeste na costa do NEB, mostrando que a Alta Subtropical estava intensa (Figura F.2a). Os ventos intensificaram-se de maio até julho (Figuras F.2b, c, e d, respectivamente). Nestes meses, foram observadas máximas velocidades do vento em toda a região equatorial e próximo ao Conti-

nente Sul-americano, as quais mostraram que os alísios de sudeste foram intensos.

As Figuras F.3 e F.4 (Apêndice F) mostram a posição latitudinal média do eixo da ZCIT e o campo de anomalias de ROL, respectivamente, para os meses de abril a julho de 1989.

A ZCIT esteve mais ao sul de sua posição média climatológica mensal em abril (Figura F.3a), oscilando aproximadamente entre  $2^{\circ}\text{S}$  e  $3^{\circ}\text{N}$ . O campo de anomalias de ROL neste mês (Figura F.4a) mostrou que houve convecção profunda no norte do Brasil e no norte do NEB. Em maio a ZCIT começou a se deslocar para o norte (Figura F.3b), e as anomalias negativas de ROL indicaram que houve convecção profunda sobre o NEB nesse mês (Figura F.4b), sugerindo que a ZCIT ainda pode ter influenciado a precipitação do Litoral Leste do NEB. Em junho a ZCIT localizou-se mais ao norte, em relação ao mês anterior (Figura F.3c), não influenciando mais as precipitações nessa região, como pode ser visto pelo campo de anomalias de ROL (Figura F.4c). Em julho a ZCIT esteve bem ao norte, oscilando entre  $5^{\circ}\text{N}$  e  $8^{\circ}\text{N}$  (Figura F.3d), e o campo de ROL nesse mês (Figura F.4d) mostrou forte atividade convectiva em toda a parte norte da América do Sul.

O deslocamento dos sistemas frontais que penetraram no litoral do Brasil é apresentado na Figura F.5 (Apêndice F). Dos seis sistemas frontais que atingiram latitudes entre  $35^{\circ}\text{S}$  e  $25^{\circ}\text{S}$  em abril (Figura F.5a), apenas dois alcançaram latitudes ao norte de  $20^{\circ}\text{S}$ , e destes apenas o quarto sistema atingiu o sul de Salvador, causando chuvas fortes nesta região. Em maio (Figura F.5b), dois sistemas frontais deslocaram-se até latitudes mais ao norte. Em junho sete sistemas frontais deslocaram-se pelo litoral (Figura F.5c). Neste mês, os sistemas dois, três e quatro

atingiram Salvador, e os sistemas seis e sete deslocaram-se até Sergipe e Pernambuco, respectivamente, causando chuvas moderadas e fortes nestas regiões. Em julho (Figura F.5d), seis sistemas frontais atuaram no litoral do Brasil. Um deles deslocou-se até Salvador e outro até Pernambuco.

A Figura F.6 (Apêndice F) apresenta as configurações das anomalias de TSM no Pacífico Leste e Atlântico Tropical nos meses de abril, maio, junho e julho de 1989. Em abril (Figura F.6a), observou-se no Pacífico Leste extensa área com anomalias negativas de TSM, entre  $20^{\circ}\text{N}$  e  $20^{\circ}\text{S}$ , com pequenos centros de anomalias negativas de  $1^{\circ}\text{C}$ . Na costa do Equador/Peru as anomalias negativas de TSM foram próximas de zero. A configuração do tipo dipolo para as anomalias de TSM no Atlântico Tropical, favorável às precipitações no norte do NEB, foi bem definida nesse mês, apresentando anomalias negativas de TSM no Atlântico Norte e anomalias positivas de TSM no Atlântico Sul, embora as magnitudes tenham sido pequenas (inferiores a  $1^{\circ}\text{C}$  e próximas de zero, respectivamente).

Em maio (Figura F.6b) observou-se um decréscimo, em relação ao mês anterior, da magnitude das anomalias negativas de TSM no Pacífico Leste, observando-se anomalias negativas de  $1^{\circ}\text{C}$  apenas na costa do Equador/Peru. Extensa área com anomalias positivas de TSM ( $2^{\circ}\text{C}$  acima da média) foi observada na costa oeste da América do Sul, entre  $15^{\circ}\text{S}$  e  $30^{\circ}\text{S}$ . No Atlântico Tropical, persistiu o padrão do tipo dipolo para as anomalias de TSM. Extensa área de anomalias negativas de TSM foram observadas em toda a costa norte do Continente Sul-americano, estendendo-se pelo Atlântico Norte até aproximadamente  $38^{\circ}\text{N}$ , com um pequeno núcleo de anomalias negativas de  $1^{\circ}\text{C}$ , em aproximadamente  $17^{\circ}\text{N}$ .

Pela Figura F.6c, observou-se que em junho uma extensa área com anomalias negativas de TSM, próximas de zero, predominaram em quase toda costa oeste da América do Sul, desde 16°N até 40°S, apresentando um pequeno centro de anomalias da ordem de 1°C abaixo da média. A configuração para o Atlântico Tropical foi bastante similar à do mês anterior, com anomalias negativas próximas de zero na costa norte do Continente Sul-americano e águas mais aquecidas na costa da África, com anomalias de 2°C acima da média em duas regiões próximas à costa. Pequenos centros de anomalias positivas de 1°C foram observadas no Atlântico Sul Subtropical.

Diminuiu a extensão da área com anomalias negativas de TSM no Pacífico Equatorial Leste no mês de julho (Figura F.6d), embora as magnitudes das anomalias tenham apresentado os mesmos valores do mês anterior. De um modo geral, permaneceram as configurações das anomalias de TSM no Atlântico Tropical, e ressalta-se que houve uma redução na extensão da área com anomalias negativas de TSM, na costa norte da América do Sul, e na área com anomalias positivas, na costa da África.

As análises das anomalias da circulação atmosférica e das anomalias de TSM no Pacífico Equatorial, apresentadas no Climanálise (1989a, b, c, d), mostraram que o anti-El Niño encontrava-se em dissipação nos meses de abril e maio, tendo se dissipado em junho de 1989.

A análise das anomalias de precipitação mostrou que, durante toda a estação chuvosa de 1989, ocorreram chuvas abundantes, e o mês de julho foi o mais crítico para o Litoral Leste do NEB, cujos altos desvios positivos de precipitação indicaram que houve inundações em vários municípios dos Estados de Pernambuco, Alagoas e Sergipe.

A análise de quatro anos extremos no Litoral Leste do NEB mostrou características interessantes, as quais são coerentes com os resultados obtidos. A seguir, faz-se um breve comentário sobre esses resultados.

A ZCIT pareceu não afetar tanto o regime de chuvas do Litoral Leste do NEB, embora sua posição mais ao sul favoreça o aumento das precipitações no norte dessa região.

Os sistemas frontais que atingiram latitudes mais ao norte de 20°S favoreceram o aumento das precipitações no sul do Litoral Leste do NEB e até o norte dessa região quando eles possuem grande penetração continental, sendo coerentes com os resultados de Kousky (1979) e Oliveira (1986).

Nos meses de abril a julho, observam-se normalmente ventos de sudeste que sopram perpendicular à costa litorânea leste do NEB, os quais são responsáveis pelas chuvas desta região, nesta época do ano. O fortalecimento (enfraquecimento) desses ventos na estação chuvosa do Litoral Leste do NEB e a persistência do sistema de alta pressão nesta região provavelmente são o mecanismo responsável pelas enchentes (secas), tais como aquelas que ocorreram em 1988 e 1989 (1987). Ressalta-se, entretanto, que outros sistemas da circulação atmosférica podem favorecer excessivas precipitações nesta região, na estação chuvosa. A configuração do tipo dipolo para as TSMs no Atlântico, com águas mais quentes (frias) no Atlântico Sul (Norte), também é favorável ao aumento das precipitações no Litoral Leste do NEB na estação chuvosa dessa região.

Os resultados apresentados no item b, da seção 4.3, sugerem que em anos secos (chuvosos) a Alta Subtropical do Atlântico Sul está localizada mais a leste e

menos ao sul em relação à sua posição média climatológica (mais ao sul e próxima do Continente Sul-americano), em relação à Ilha de Trindade e Abrolhos. Essas características foram confirmadas pelas análises dos anos estudados.

Assim, a posição e a intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul parecem ser bem indicadas pelos ventos na Ilha de Trindade e em Abrolhos, sugerindo-se então a utilização dessas estações para previsão de longo prazo.



CAPÍTULO 5CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Em termos de distribuição espacial o bimestre maio-junho (MJ) define melhor as chuvas no Litoral Leste do NEB e contribui com 30% para a média anual. Em termos de concentração sazonal, o quadrimestre abril-julho (AMJJ) é mais representativo da estação chuvosa nessa região, contribuindo com 60% para a média anual.

Verificou-se ainda que nos períodos janeiro-abril (JFMA) e setembro-dezembro (SOND), as contribuições para a média anual foram de 30% e 10%, respectivamente. Isso mostra que as chuvas no Litoral Leste do NEB, são mais intensas no inverno do Hemisfério Sul e possuem um curto período seco de setembro a dezembro. Entretanto, a variabilidade interanual da precipitação no Litoral Leste do NEB é relativamente alta, e a incidência de anos extremos (secos e chuvosos) é uma das características marcantes dessa região.

A análise de composições dos dez anos da estação chuvosa mais secos e dez anos mais chuvosos mostrou que as enchentes são mais severas do que as secas. A extensão das secas e enchentes abrange todo o Litoral Leste do NEB e são mais intensas na parte mais interior dessa região. Além disso, o sentido em que ocorre a redução (aumento) das precipitações nos anos secos (chuvosos) nas partes norte e sul do Litoral Leste do NEB reflete a orientação dos sistemas dinâmicos da circulação atmosférica que atuam no norte e no sul do NEB, respectivamente.

Por outro lado, embora as chuvas no Litoral Leste do NEB possam ser influenciadas pelos mecanismos que causam as chuvas no norte do NEB, estas regiões apresentam regimes distintos.

A causa para a variabilidade interanual da precipitação no Litoral Leste do NEB é um tanto complexa, pois são vários os sistemas dinâmicos da circulação atmosférica que atuam nessa região. Procurou-se então, estabelecer algumas relações entre variáveis meteorológicas e oceânicas e a precipitação com o intuito de definir os mecanismos dinâmicos que concorrem para as chuvas máximas de abril a julho. Analisou-se também o papel do fenômeno ENOS em relação às anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB. Com base nesses resultados, conclue-se:

- O ENOS não apresentou uma relação nítida com anomalias de precipitação no Litoral Leste do NEB na estação chuvosa (AMJJ), embora tenha sido notado uma tendência para esse fenômeno reduzir ainda mais as chuvas no período seco dessa região (SOND).
- O vento (componentes zonal e meridional) na Ilha de Trindade e em Abrolhos correlacionou-se diretamente com a precipitação no Litoral Leste do NEB, principalmente com o sul dessa região.
- As correlações simultâneas entre o vento na Ilha de Trindade e em Abrolhos e a precipitação sugerem que nos anos chuvosos (secos) do Litoral Leste do NEB, a Alta Subtropical do Atlântico Sul localiza-se mais ao sul e próxima do Continente Sul-americano (menos ao sul e mais à leste do Continente Sul-Americano), em relação à estas estações. Essas características foram confirmadas pela análise climatológica de quatro anos extremos.

- Devido à sua localização geográfica, Abrolhos parece ser mais sensível às variações na posição e intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Os valores altos de correlação obtidos entre o vento meridional em Abrolhos e a precipitação no sul do Litoral Leste do NEB sugere que essa estação pode ser usada para previsão de longo prazo da precipitação no Litoral Leste do NEB.
- Normalmente têm-se ventos de sudeste mais intensos e perpendiculares à costa na estação chuvosa do Litoral Leste do NEB. O fortalecimento (enfraquecimento) desses ventos provavelmente é o mecanismo que causa as enchentes (secas) no Litoral Leste do NEB, tais como aquelas de 1988 e 1989 (1987).
- As relações entre a TSM e a precipitação mostraram que a configuração do tipo dipolo com águas mais quentes (frias) no Atlântico Sul e águas mais frias (quentes) no Atlântico Norte, observada nos anos chuvosos (secos) do norte do NEB, por Hastenrath e Heller (1977) e Moura e Shukla (1981) também foi verificada na estação chuvosa do Litoral Leste do NEB. Entretanto, as configurações obtidas assemelham-se mais àquelas obtidas por Franquito et al. (1988) para o norte do NEB.
- As correlações defasadas entre as anomalias de TSM e de precipitação mostraram que o padrão do tipo dipolo, referido acima, se estabelece um período antes da estação chuvosa. Esses resultados indicam que o aumento (redução) das TSMs nos períodos pré-estação chuvosa aumenta (reduz) a precipitação no Litoral Leste do NEB. Assim, o monitoramento das TSMs na pré-estação chuvosa do Litoral Leste do NEB dá uma

boa indicação da qualidade da estação chuvosa nessa região.

- Marques (1981) observou que, durante uma estação chuvosa deficiente, não há falta de umidade em baixos níveis na troposfera sobre o NEB. O que falta é um mecanismo dinâmico capaz de transformar vapor d'água em chuva. Rao e Marques (1984) observaram um transporte de vapor d'água para oeste no setor leste do NEB, e sugerem que o Oceano Atlântico Sul parece ser eficiente em transportar vapor d'água para o NEB. Com base nessas considerações e nos resultados obtidos, um mecanismo físico que pode relacionar os campos de vento, de TSM e de precipitação no Litoral Leste do NEB é como segue: maiores TSMs podem propiciar maior evaporação sobre o Atlântico Sul, causando maior nebulosidade. Dependendo da direção do vento, o qual normalmente sopra mais intenso e perpendicular à costa na estação chuvosa dessa região, tem-se um transporte maior de vapor d'água para o continente, aumentando assim a precipitação nessa região. Nos anos secos, águas mais frias reduzem a nebulosidade e ventos de sudeste mais fracos reduzem o transporte de vapor d'água para o continente, reduzindo assim a precipitação. A ressalva que se faz é se ventos mais intensos no Atlântico Sul é o mecanismo capaz de manter essa convergência.

Pode-se concluir que são vários os sistemas da circulação que afetam o regime de chuvas no Litoral Leste do NEB. Entretanto, a posição e intensidade da Alta Subtropical do Atlântico Sul parece ser o mecanismo que melhor determina a qualidade da estação chuvosa nessa região, quando as condições atmosféricas e oceânicas são favoráveis.

Pesquisas futuras devem ser feitas para estudar a influência das correntes oceânicas sobre o vento e a TSM no Atlântico Sul e como esses parâmetros afetam o clima do Litoral Leste do NEB.

Nesse trabalho utilizou-se dados apenas de duas estações de superfície no Atlântico Sul. Sugere-se que seja usado uma rede mais densa para entender o papel da Alta Subtropical sobre a precipitação do Litoral Leste do NEB.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, I.P. **Estudo da variabilidade da precipitação na Região de Petrolina, PE.** São José dos Campos, CTA, 1979. (ECA - 01/78)
- Aceituno, P. On the functioning of the southern oscillation in the South American sector. Part I: surface climate. **Monthly Weather Review**, 116(3):505-524, Mar. 1988.
- Aldaz, L. **Caracterização parcial do regime de chuvas do Brasil.** Rio de Janeiro, DEMET/SUDENE/OMM, ago. 1971. 1v. (SUDENE. Publicação Técnica 4).
- Azevedo, D. da C. **Chuvas no Brasil - regime, variabilidade e probabilidade de alturas mensais e anuais.** (Dissertação de Mestrado em Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974. 41 p.
- Bjerknes, J. A possible response of atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. **Tellus**, 18(4):820-829, 1966.
- Boletim Agroclimatológico. Rio de Janeiro, v.17, n. 4-7, 1983.
- \_\_\_\_\_ v.21, n. 4-7, 1987.
- \_\_\_\_\_ v.22, n. 4-7, 1988.
- \_\_\_\_\_ v.23, n. 4-7, 1989.

Brasil. Ministério do Interior. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. (DNOCS). **Observações pluviométricas no Nordeste do Brasil.** Fortaleza, 1969. v.1-2.

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. (DNAEE). **Inventário das estações pluviométricas.** Brasília, 1987.

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. (DNAEE). **Totais mensais de precipitação, para o período 1914-1983.** Brasília. Dados em fita magnética.

Brasil. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. (DHN). **Dados de vento à superfície, para o período 1964-1983.** Rio de Janeiro. Dados em listagem de papel.

Buchmann, J.; Moura, A.D.; Hirata, M.H.A **Study of the influence of extra-tropical latitude systems on the climatic variability in northeast Brazil.** São José dos Campos, INPE, 1984. (INPE-3264-PRE/595).

Cavalcanti, I.F.A.; Kousky, V.E. **Influências da circulação de escala sinótica na circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul.** São José dos Campos, INPE, nov. 1982. 13 p. (INPE-2573-PRE/221).

Caviedes, C.N. **Secas and EL NINO: Two simultaneous climatological hazards in South America.** *Proceedings of the Association American Geography*, 5:44-49, 1973.

Chen, W.Y. **Assessment of Southern Oscillation sea-level pressure indices.** *Monthly Weather Review*, 110(7):800-807, July 1982.



Chu, P.S. Diagnostic studies of rainfall anomalies in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, 111(8):1655-1664, Aug. 1983.

Climanálise. São José dos Campos, INPE, 1986. 132 p. número especial.

\_\_\_\_\_ v.2, n. 4-7, 1987.

\_\_\_\_\_ v.3, n. 4-7, 1988.

\_\_\_\_\_ v.4, n. 4-7, 1989.

Cohen, J.C.P.; Silva Dias, M.A.F da; Nobre, C.A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise**, 4(11):34-39, 1989.

Conrad, V. The variability of precipitation. **Monthly Weather Review**, 69:5-11, 1941.

Covey, D.L.; Hastenrath, S. The Pacific El Nino phenomenon and the atlantic circulation. **Monthly Weather Review**, 106(9):1280-1287, Sept. 1978.

Defant, A. Die absolute topographie das phys. Meeresniveaus und der Druckflächen, sowie die Wasserbewegungen im Atl. Ozean. **Meteor. Werk.**, 6(2):191-250, 1941.

Elliott, W.P.; Angell, J.K. Evidence for changes in southern oscillation relationships during the last 100 years. **Journal of Climate**, 1(7):729-737, July 1988.

Ferreira, N.J.; Chan, C.S.; Satyamurti, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6., Salvador, 19-24 nov. 1990. **Anais**. Rio de Janeiro, SBMet, 1990, p. 462-466.

Fonseca, L.B.F.; Gusmão, A.M.; Nobre, P. **Método estatístico para teste automático de dados de precipitação**. São José dos Campos, 1988. Comunicação pessoal.

Franchito, S.H.; Rao, V.B.; Servain, J. Atlantic sea surface temperature and rainfall over Brazil. **Tropical Ocean Atmosphere Newsletter**, 46:5-8, Sept. 1988.

Gan, M.A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil**. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1983. 80 p. (INPE-2685-TDL/126).

\_\_\_\_\_. Vórtices ciclônicos dos altos níveis. In: Colóquio sobre Conceitos da Dinâmica Aplicados à Previsão do Tempo no Brasil. São José dos Campos, 01-09 de jul. 1987. **Anais**. São José dos Campos, INPE, 1987. p. 52-76.

Garfield, N. **The Brazil current at subtropical latitude**. (Ph. D Thesis in Oceanography) - University of Rhode Island, 1990, 122 p..

Hall, B.A. Westward - moving disturbances in the south Atlantic coinciding with heavy rainfall events at Ascension Island. **Meteorological Magazine**, 118(1405):175-181, Aug. 1989.

- Hastenrath, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical atlantic sector. **Monthly Weather Review**, 112(6):1097-1107, Jun. 1984.
- \_\_\_\_\_ Interannual variability of the atmosphere-ocean system. In: \_\_\_\_\_, ed. **Climate and circulation of the tropics**. Dordrecht, D. Reidel, 1985, cap. 8, p. 253-329.
- Hastenrath, S.; Heller, L. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, 103(435):77-92, Jan. 1977.
- Hirst, A.C.; Hastenrath, S. Atmosphere-ocean mechanisms of climate anomalies in the Angola tropical atlantic sector. **Journal of Physical Oceanography**, 13(7):1146-1157, July 1983.
- Horel, J.D.; Kousky, V.E.; Kagano, M.T. Atmospheric conditions in the atlantic sector during 1983 and 1984. **Nature**, 322:248-253, 1984.
- Kousky, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, 107(9):1140-1153, 1979.
- \_\_\_\_\_ Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, 108(4):488-498, Apr. 1980.
- Kousky, V.E.; Chu, P.S. Flutuations in annual rainfall for Northeast Brazil. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 56(5):457-465, Oct. 1978.
- Kousky, V.E.; Gan, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, 36(6):538-551, 1981.

Kousky, V.E.; Cavalcanti, I.F.A.. Eventos Oscilação do Sul - El Nino: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, 36(11):1888-1899, nov. 1984.

Kousky, V.E.; Leetmaa, A. The 1986-87 pacific warm episode: evolution of oceanic and atmospheric anomaly fields. **Journal of Climate**, 2(3):254-267, Mar. 1989.

Lobo, P.R.V. **Um estudo climatológico da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua influencia sobre o Nordeste do Brasil.** (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1982. 93 p. (INPE-2534-TDL/101).

Magalhães, A.R. et al. The climatology of droughts and droughts prediction. In: \_\_\_\_\_ **The effects of climatic variations on agriculture in Northeast Brazil.** Laxemburg, Internacional Institute for Applied Systems analysis, 1987. cap.2, p. 29-48. Preprinted from M. Parry, T.R. Carter, N.T. Konijn, ed. **The Impact of climatic variations on agriculture.** v.2, 1987.

Marques, V.S. da S. **Estudo da energética e do fluxo de vapor d água na atmosfera sobre o Nordeste Brasileiro.** (Dissertação de Doutorado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1981. 182 p. (INPE-2288-TDL/068).

Moura, A.D.; Kagano, M.T. **Variabilidade espacial da precipitação na região Norte-Nordeste da América do Sul.** São José dos Campos, INPE, 1982. (INPE-2318-RPE/402).

- Moura, A.D.; Shukla, J. On the dynamics of drought in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Science**, 38(12):2653-2675, Dec. 1981.
- Moureira, A.A.N. Relevo: Os grandes domínios morfoestruturais do interior. In: IBGE. **Geografia do Brasil: Região Nordeste**. Rio de Janeiro, 1977, v.2, p. 13-25.
- Namias, J. Influence of Northern Hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil. **Tellus**, 24(4):336-342, 1972.
- Nicholls, N. El Nino-Southern Oscillation and rainfall variability. **Journal of Climate**, 1(4):418-421, Apr. 1988.
- Nicholson, S.E.; Nyenzi, B.S. Temporal and spatial variability of SSTs in the tropical atlantic and indian ocean. **Meteorological Atmosphere Physics**, 42:1-17, 1990.
- Nimer, E. **Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 128 p. (Recursos naturais e meio ambiente, 3).
- Nobre, C.A.; Paião, L.B.F. Índices de precipitação para o Nordeste. In: Congresso Interamericano de Meteorologia, 1., IV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 4., Brasília, 20-24 out. 1986. **Anais**. Rio de Janeiro, SBMet/CAM/AMS, 1986, v. 3, p. 56-67.
- Nobre, P.; Kousky, V.E. Estimativa de anomalias de precipitação utilizando dados de radiação de onda longa (ROL). **Climanálise**, 3(8):30-31, 1988.

Nobre, C.A. **Índices pluviométricos do norte do NEB.** São José dos Campos, 1989. Comunicação pessoal.

Oceanographic Monthly Summary. Washington, National Weather Service and the National Environment Satellite, v.3, n. 4-7, 1983.

\_\_\_\_\_ v.7, n. 4-7, 1987.

Oliveira, A.S. de **Interações entre Sistemas Frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia.** (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) - INPE, São José dos Campos, 1986. 115 p. (INPE-4008-TDL/239).

Oliveira, L.L. **Zonas de convergência no Atlântico Sul e suas influências no regime de precipitação no Nordeste do Brasil.** (Dissertação de Mestrado em Meteorologia) INPE, São José dos Campos, 1982. 125 p. (INPE-2307-TDL/074).

Parker, D.E. Documentation of a Southern Oscillation index. **Meteorological Magazine**, 112(1331):184-188, June 1983.

Quinn, W.N.; Zoph, D.O.; Short, K.S. ; Kuoyang, R.T.W. Historical trends and statistics of the southern oscillation, El Nino, and Indonesian droughts. **Fishery Bulletin**, 76(3):663-678, 1978

Ramos, R.P.L. Precipitation characteristic in the Northeast Brazil dry region. **Journal Geophysical Research**, 80(12):1665-1678, 1975.

- Rao, K.G.; Goswami, B.N. Interannual variations of sea surface temperature over the Arabian sea and the Indian monsoon: A New Perspective. **Monthly Weather Review**, 116:558-568, Mar. 1988.
- Rao, V.B.; Brito, J.I.B. de. Teleconnections between the rainfall over Northeast Brazil and the winter circulation of Northern Hemisphere. **Pure and Applied Geophysics**, 123:951-959, 1985.
- Rao, V.B.; Marques, V. da S. Water vapor characteristics over Northeast Brazil during two contrasting years. **Journal of Climate and applied Meteorology**, 23(3):440-444, Mar. 1984.
- Rao, V.B.; Satyamurti, P.; Brito, J.I.B. de. On the 1983 drought in Northeast Brazil. **Journal of Climatology**, 6(1):43-51, Jan.-Feb. 1986.
- Rasmusson, E.M.; Carpenter, T.H. Variation in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the southern oscillation/El nino. **Monthly Weather Review**, 110(5):354-384, May 1982.
- Ratisbona, C.R. The climate of Brazil. In: Schwerdtfeger, W., ed. **Climates of Central and South America**. Amsterdam, Elsevier, 1976. cap. 5. p. 219-293. (World Survey of Climatology, 12).
- Rogers, J.C. Precipitation variability over the Caribbean and tropical Americas associated with the southern oscillation. **Journal of Climate**, 1(2):172-182, Feb. 1988.

- Ropelewski, C.F.; Halpert, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El nino/southern oscillation. **Monthly Weather Review**, 115(8):1606-1626, Aug. 1987.
- Schneider, V.; Fler, H.E. Development of sea surface temperature, surface wind and divergence anomalies during a composite ENSO episode. **Theoretical Applied Climatology**, 39(3):146-159, 1989.
- Servain, J.; Picaut, J.; Busalacchi, A.J. Interannual and seasonal variability of the tropical atlantic ocean depicted by sixteen years of sea-surface temperature and wind stress. In: Nihoul, J.C.J., ed. **Coupled Ocean-Atmosphere Models**. Proceedings of the Colloquium held in Liege, 1984. Amsterdam, Elseviere, 1985. p. 211-237.
- Servain, J.; Sévea, M. On relationships between tropical atlantic sea surface temperature, wind stress and regional precipitation. **Ocean-Air Interaction**, 1(2):183-190, 1987.
- Stoeckenius, T. Interannual variations of tropical precipitation patterns. **Monthy Weather Review**, 109(6):1233-1247, June 1981.
- Strang, D.M.G.D. **Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste do Brasil**. São José dos Campos, CTA, 1972. 29p. (IAE-M-02/72).
- \_\_\_\_\_ **Configurações do ar superior e variabilidade das Chuvas no Nordeste brasileiro**. São José dos Campos, CTA, mar. 1983. 38p. (Relatório Técnico ECA-04/83).



- Trenberth, K.E. Spatial and temporal variations of the Southern Oscillation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, 102(433):639-653, July 1976.
- Uvo, C.R.B.; Nobre, C.A.; Citeau, J. Análise da posição da zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Atlântico Equatorial e sua relação com a precipitação no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 5., Rio de Janeiro, 7-11 nov. 1988. **Anais. SBMet**, 1988, v.1, p. 3.23-3.27.
- Uvo, C.R.B.; Nobre, C.A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: A influência dos ventos e TSM do Atlântico Tropical. **Climanálise** 4(10):39-47, 1989.
- Yamazaki, Y.; Rao, V.B. Tropical cloudiness over the south atlantic ocean. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 55(2):205-207, 1977.
- Yasunari, T. Global structure of the El nino/southern oscillation. Part I: El nino composites. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 65(1):67-80, Feb. 1987a.
- \_\_\_\_\_ Global structure of the El nino/southern oscillation. Part II: Time evolution. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, 65(1):81-101, Feb. 1987b.
- Walker, G.T. Correlation in seasonal variations of weather VIII. A preliminary study of world weather. **Memoirs of the Indian Meteorological Department**, 24:75-131, 1923.
- \_\_\_\_\_ Correlation in seasonal variations of the weather IX. A further study of world weather. **Memoirs of the Indian Meteorological Department**, 24:275-332, 1924.

Walker, G.T. World Weather III. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**, 2:97-104, 1928.

Walker, G.T.; Bliss, E.W. World Weather IV. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**, 3:81-95, 1930.

\_\_\_\_\_ World weather V. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**, 4(36):53-84, 1932.

\_\_\_\_\_ World Weather VI. **Memoirs of the Royal Meteorological Society**, 4:119-139, 1937.

Wright, P.B. Relationships between indices of the southern oscillation. **Monthly Weather Review**, 112(9):1913-1919, Sept. 1984.

APÊNDICE ARELAÇÃO DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS, COORDENADAS, PERÍODOS  
DE REGISTRO E FONTES DE DADOSTABELA A.1 - RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM REGIS-  
TRO DE 1914-1958

Nº Fig. 3.1	ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	ESTADO	COORDENADAS		
			LAT. (S)	LONG. (W)	ALTITUDE (m)
01	CANGUARETAMA	RN	6°25'00"	35°08'00"	30
02	MACAÍBA	RN	5°51'00"	35°20'00"	10
03	NATAL	RN	5°46'41"	35°12'21"	14
04	SÃO JOSÉ DO MIPIBU	RN	6°06'00"	35°13'00"	70
05	ALAGOA NOVA	PB	7°03'56"	35°41'00"	500
06	BANANEIRAS	PB	6°45'11"	35°37'42"	522
07	CAMPINA GRANDE	PB	7°13'11"	35°52'53"	508
08	INGÁ	PB	7°16'43"	35°36'20"	144
09	ITABAIANA	PB	7°19'08"	35°21'13"	44
10	MAMANGUAPE	PB	6°50'21"	35°07'26"	53
11	MULUNGU	PB	7°01'58"	35°27'17"	88
12	SANTA RITA	PB	7°06'47"	34°58'35"	13
13	UMBUZEIRO	PB	7°41'52"	35°39'38"	553
14	JOÃO PESSOA	PB	7°06'57"	34°53'15"	19
15	ÁGUAS BELAS (*)	PE	9°06'43"	37°09'45"	390
16	BOM JARDIM	PE	7°47'40"	35°36'13"	315
17	BUIQUE (*)	PE	8°36'38"	37°09'14"	805
18	ESCADA (*)	PE	8°21'48"	35°13'35"	92
19	GARANHUNS (*)	PE	8°53'29"	36°30'44"	866
20	ITAMBÉ	PE	7°24'15"	35°07'08"	190
21	RECIFE	PE	8°05'51"	34°54'49"	3

(continua)

Tabela A.1 - Continuação

22	SURUBIM	PE	7°49'40"	35°46'30"	385
23	TACARATU (*)	PE	9°07'20"	38°09'30"	790
24	TIMBAÚBA	PE	7°31'58"	35°20'23"	102
25	VITÓRIA (*)	PE	8°07'02"	35°17'52"	146
26	ANADIA	AL	9°41'00"	36°15'21"	130
27	ATALAIA	AL	9°29'40"	36°00'45"	38
28	PORTO REAL DE COLÉGIO	AL	10°12'00"	36°51'21"	12
29	JUNQUEIRO	AL	9°54'30"	36°30'00"	120
30	ÁGUA BRANCA	AL	9°14'54"	37°55'54"	513
31	LIMOEIRO	AL	9°42'36"	36°34'03"	150
32	MACEIÓ	AL	9°39'35"	35°44'42"	4
33	PÃO DE AÇÚCAR	AL	9°43'54"	37°27'18"	45
34	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	AL	9°25'00"	36°40'30"	290
35	PIRANHAS	AL	9°37'36"	37°45'30"	46
36	SÃO MIGUEL CAMPOS (*)	AL	9°43'52"	36°05'33"	40
37	SANTANA DO IPANEMA	AL	9°20'24"	37°16'24"	205
38	SERTÃOZINHO	AL	9°32'30"	37°01'00"	200
39	VIÇOSA	AL	9°22'00"	36°15'20"	215
40	AQUIDABAN	SE	10°20'30"	37°03'00"	180
41	ARACAJU	SE	10°54'00"	37°05'00"	2
42	BOCA DA MATA	SE	10°13'00"	37°25'00"	300
43	CANINDÉ	SE	9°39'00"	37°49'00"	261
44	ESTÂNCIA (*)	SE	9°16'09"	37°26'16"	20
45	ITABAIANINHA	SE	11°16'20"	37°48'37"	185
46	ITABAIANA	SE	10°41'04"	37°26'20"	162
47	ITAPORANGA	SE	10°59'40"	37°18'21"	38
48	JAPARATUBA (*)	SE	10°35'34"	36°57'55"	13
49	LAGARTO (*)	SE	10°54'30"	37°41'30"	161
50	MUCAMBO	SE	10°32'30"	37°40'00"	—
51	PACATUBA (*)	SE	10°29'00"	36°41'00"	27

(continua)

Tabela A.1 - Conclusão

52 PORTO DA FOLHA	SE	10°03'00"	37°11'00"	60
53 PROPRIÁ	SE	10°12'31"	36°52'08"	18
54 SAMBA	SE	11°03'00"	37°52'00"	—
55 CÍCERO DANTAS	BA	10°35'42"	38°23'08"	120
56 CASTRO ALVES (*)	BA	12°45'36"	39°25'44"	260
57 CAMISÃO (*)	BA	12°09'30"	39°45'00"	380
58 CUMBE	BA	10°30'33"	39°00'52"	350
59 ESPLANADA	BA	11°47'45"	37°56'53"	156
60 IRARÁ (*)	BA	12°03'00"	38°44'00"	230
61 PATROCÍNIO DO COITÉ	BA	10°40'30"	37°52'00"	620
62 PAULO AFONSO	BA	9°06'42"	38°14'00"	635
63 SERRINHA	BA	11°39'28"	39°00'18"	365

(\*) significa estações pluviométricas com registro no período 1921-1958.

TABELA A.2 - RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM REGIS-  
TRO DE 1914-1983

N <sup>o</sup> Fig. 3.2	ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	ESTADO	COORDENADAS		ALT. (m)	PERÍODO DE REGISTRO (anos)
			LAT. (S)	LONG. (W)		
01	SÃO JOSÉ DO MIPIBU	RN	06°06'	35°14'	50	1914-1983
02	SANTO ANTONIO	RN	06°18'	35°28'	95	1914-1983
03	CANGUARETAMA	RN	06°23'	35°07'	48	1914-1983
04	AREIA	PB	06°58'	35°42'	445	1914-1983
05	BANANEIRAS	PB	06°46'	35°38'	552	1914-1983
06	MAMANGUAPE	PB	06°50'	35°07'	54	1914-1983
07	SANTA RITA	PB	07°08'	34°59'	16	1914-1983
08	UMBUZEIRO	PB	07°42'	35°40'	553	1914-1983
09	SAPÉ	PB	07°06'	35°14'	125	1924-1983
10	MULUNGU	PB	07°01'	35°29'	100	1914-1983
11	ITABAIANA	PB	07°20'	35°20'	45	1914-1983
12	INGÁ	PB	07°17'	35°37'	144	1914-1983
13	CAMPINA GRANDE	PB	07°13'	35°52'	508	1919-1979
14	ALAGOA NOVA	PB	07°04'	35°47'	500	1914-1983
15	VITÓRIA DO STO ANTÃO	PE	08°07'	35°18'	137	1920-1983
16	BOM JARDIM	PE	07°48'	35°35'	325	1914-1983
17	SURUBIM	PE	07°50'	35°45'	380	1914-1978
18	ITAMBÉ	PE	07°25'	35°07'	190	1914-1983
19	TIMBAÚBA	PE	07°31'	35°19'	190	1914-1983
20	GARANHUNS	PE	08°53'	36°29'	866	1920-1978
21	TACARATU	PE	09°06'	38°09'	550	1920-1983
22	VICENCIA	PE	07°40'	35°19'	90	1964-1983
23	AMARAJI	PE	08°23'	35°27'	295	1964-1983
24	BARREIROS	PE	08°50'	35°12'	23	1964-1983

(continua)

Tabela A.2 - Continuação

25	BENGALAS	PE	08°01'	35°29'	290	1964-1983
26	BEZERROS	PE	08°14'	35°45'	471	1964-1983
27	CUMARU	PE	08°01'	35°42'	395	1964-1983
28	PORTO CALVO	AL	09°04'	35°24'	54	1964-1983
29	MACEIÓ	AL	09°34'	35°47'	5	1914-1979
30	ATALAIA	AL	09°31'	36°01'	54	1914-1982
31	JUNQUEIRO	AL	09°56'	36°29'	120	1914-1983
32	LIMOEIRO	AL	09°45'	36°30'	150	1914-1983
33	MAJOR IZIDORO	AL	09°32'	36°59'	217	1914-1983
34	PALMEIRA DOS ÍNDIOS	AL	09°24'	36°39'	342	1914-1976
35	QUEBRANGULO	AL	09°20'	36°29'	411	1914-1983
36	SÃO MIGUEL DOS CAMPOS	AL	09°47'	36°06'	12	1920-1983
37	TRAIPU	AL	09°58'	36°59'	40	1914-1983
38	UNIÃO DAS PALMARES	AL	09°10'	36°03'	155	1914-1983
39	VIÇOSA	AL	09°23'	36°15'	300	1914-1983
40	ARAPIRACA	AL	09°45'	36°39'	264	1964-1983
41	ANADIA	AL	09°38'	36°20'	100	1914-1983
42	SANTANA DO IPANEMA	AL	09°22'	37°15'	250	1914-1983
43	MATA GRANDE	AL	09°08'	37°44'	633	1914-1983
44	PIRANHAS	AL	09°37'	37°46'	110	1914-1983
45	PENEDO	AL	10°17'	36°35'	28	1914-1983
46	PORTO REAL DE COLÉGIO	AL	10°11'	36°50'	30	1914-1983
47	PORTO DA FOLHA	SE	09°55'	37°16'	45	1914-1983
48	CANINDÉ	SE	09°39'	37°48'	130	1914-1983
49	JAPARATUBA	SE	10°36'	36°57'	79	1917-1983
50	PACATUBA	SE	10°27'	36°39'	20	1920-1983
51	ARACAJU	SE	10°54'	37°03'	3	1914-1978
52	AQUIDABAN	SE	10°16'	37°02'	217	1914-1983

(continua)

Tabela A.2 Conclusão

53	ITABAIANA	SE	10°41'	37°25'	186	1914-1983
54	LAGARTO	SE	10°55'	37°40'	183	1920-1983
55	LARANJEIRAS	SE	10°48'	37°10'	9	1920-1983
56	BOCA DA MATA	SE	10°13'	37°25'	290	1914-1983
57	NSA. SENHORA DAS DORES	SE	10°30'	37°13'	200	1914-1983
58	GEREMOABO	BA	09°47'	38°19'	400	1964-1983
59	CÍCERO DANTAS	BA	10°36'	38°22'	420	1914-1983
60	CUMBE	BA	10°30'	39°01'	523	1914-1983
61	SÃO PAULO	BA	10°05'	39°29'	550	1964-1983
62	SERRINHA	BA	11°39'	39°00'	377	1914-1978
63	MUNDO NOVO	BA	11°51'	40°28'	480	1914-1983
64	IRARÁ	BA	12°02'	38°45'	283	1918-1983





APÊNDICE BRESULTADOS REFERENTES À CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO  
NO LITORAL LESTE DO NEBTABELA B.1 - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS ANUAIS, MÉDIAS ANUAIS  
DE DIAS COM CHUVA (MC), DESVIO PADRÃO ( $\sigma$ ) E COEFICIENTE DE  
VARIAÇÃO (CV), EM PORCENTAGEM, DAS 63 ESTAÇÕES  
PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS, NO PERÍODO 1914-1958

<u>Nº DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS</u>	<u>NORMAIS (mm)</u>	<u>MC (DIAS)</u>	<u><math>\sigma</math> (mm)</u>	<u>CV (%)</u>
01	1354,4	115,1	401,5	29,7
02	1043,2	119,6	265,2	25,4
03	1444,5	168,0	382,5	26,5
04	1129,0	126,6	347,6	30,8
05	1037,8	128,1	291,8	28,1
06	1225,2	129,4	326,0	26,6
07	755,1	121,8	224,9	29,8
08	618,1	125,2	235,9	38,2
09	798,3	122,2	260,4	32,6
10	1559,9	167,4	704,5	45,2
11	764,6	124,1	281,0	36,8
12	1374,8	180,9	372,6	27,1
13	783,9	101,5	226,2	28,9
14	1663,8	217,8	373,8	22,5
15	626,4	89,7	207,2	33,1
16	1095,3	133,5	326,5	29,8
17	1261,7	122,5	540,7	42,9
18	1570,0	201,8	469,0	29,9
19	794,6	133,8	240,4	30,3

(continua)

Tabela B.1 - Continuação

20	1337,2	179,4	272,2	20,4
21	1654,6	214,3	456,9	27,6
22	645,3	126,9	185,1	28,7
23	732,4	88,7	298,1	40,7
24	957,1	156,3	224,8	23,5
25	842,9	136,4	213,0	25,3
26	1254,6	172,5	283,0	22,6
27	1413,0	180,7	459,7	32,5
28	902,8	137,7	228,9	25,4
29	1100,4	168,8	293,0	26,6
30	1041,9	113,6	308,3	29,6
31	976,3	125,9	260,8	26,7
32	1429,0	155,7	351,0	24,6
33	658,1	116,0	312,9	47,6
34	1049,0	134,4	314,6	30,0
35	519,3	103,9	155,3	29,9
36	1509,6	210,5	366,4	24,3
37	1066,8	90,5	525,0	49,2
38	705,3	100,8	205,3	29,1
39	1284,7	163,1	269,1	21,0
40	937,7	97,9	310,6	33,1
41	1608,4	194,5	692,8	43,1
42	841,0	73,7	242,8	28,9
43	501,7	95,2	181,3	36,1
44	1165,7	165,4	503,2	43,2
45	1028,6	98,9	366,4	35,6
46	1007,8	145,7	264,4	26,2
47	1441,2	147,5	310,1	21,5
48	1113,7	152,9	326,0	29,3
49	976,6	131,3	212,1	21,7
50	828,6	97,4	314,2	37,9
51	1148,4	141,6	256,4	22,3

(continua)

Tabela B.1 - Conclusão

52	580,3	99,5	179,1	30,9
53	880,1	149,1	235,0	26,7
54	992,1	103,5	255,0	25,7
55	892,2	115,8	308,3	34,6
56	897,0	142,6	197,2	22,0
57	769,5	110,6	190,0	24,7
58	719,6	98,5	211,5	29,4
59	1055,4	165,9	276,0	26,2
60	1018,4	192,7	200,5	19,7
61	939,5	126,9	355,2	37,8
62	1069,8	106,2	404,4	37,8
63	869,0	140,3	195,5	22,5

Os números referentes às estações são os mesmos da  
Tabela A.1.

**TABELA A.3 - FONTE DE DADOS, TIPO DE DADOS, PERÍODO DE REGISTRO E UTILIZAÇÃO DOS MESMOS**

FONTE	DADOS	PERÍODOS DE REGISTRO	UTILIZAÇÃO
Boletim Agroclimatológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Totais mensais de precipitação.</li> <li>. Porcentagem da normal mensal.</li> </ul>	1983, 1987-1989	<ul style="list-style-type: none"> <li>. cálculo desvios mensais de precipitação normalizados pela respectiva média mensal. (item 4.3)</li> </ul>
Climanálise	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Mapas de PNM; vetor vento em 850hPa; posição média ZCII; anomalias de NOL, penetração dos sistemas frontais pelo litoral do Brasil; anomalias de TSM (exeto para 1987).</li> </ul>	1987-1989	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Análise das condições atmosféricas e oceânicas para quatro anos de contraste. (item 4.3).</li> </ul>
DNAEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Totais mensais de precipitação</li> </ul>	1914-1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Variabilidade espacial temporal da precipitação. Usou-se 64 estações pluviométricas, no período 1914-1983. (item 4.2)</li> <li>. Cálculo de correlações: IOS X Precipitação (período 1948-1983). (item 4.2a)</li> <li>. TSM X Precipitação (período 1964-1983). (item 4.2c)</li> <li>. Vento X Precipitação (período 1964-1983). (item 4.2b)</li> </ul>
DHN	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Dados diários de vento à superfície, na Ilha de Trindade e Abrolhos, para as 12 UTC</li> </ul>	1964-1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Cálculo de correlações entre o vento zonal e meridional e a precipitação. (item 4.2b)</li> </ul>
DNOCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Totais mensais de precipitação;</li> <li>. Totais mensais dias com chuva</li> </ul>	1914-1958	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fez-se a climatologia da precipitação. Usou-se 63 estações pluviométricas. (item 4.1)</li> </ul>
Meteorological Magazine	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Dados mensais de diferenças de PNM entre Tahiti Darwin.</li> </ul>	1948-1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Construção das séries sazonais e anuais de IOS usadas nos cálculos de correlações com a precipitação do norte, do sul e de todo litoral Leste do NEB. (item 4.2a)</li> </ul>
Oceanographic Monthly Summary	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Configurações dos campos de anomalias de TSM</li> </ul>	1983, 1987	<ul style="list-style-type: none"> <li>. análise climatológica de quatro anos de contraste. (item 4.3)</li> </ul>
Servain e Sévea (1987)	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Médias mensais de TSM, numa grade quadrada de 20/20 (latitude/longitude) no Oceano Atlântico Subtropical</li> </ul>	1964-1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>. construção de séries temporais sazonais e anuais de anomalias normalizadas de TSM, usadas nas correlações com a precipitação no norte, no sul e em todo litoral Leste do NEB. (item 4.2a)</li> </ul>

TABELA B.2 - PORCENTAGEM (%) DE CONTRIBUIÇÃO DE DOIS, TRÊS E QUATRO MESES CONSECUTIVOS, EM RELAÇÃO À MÉDIA ANUAL, PARA O PERÍODO CHUVOSO DO LITORAL LESTE DO NEB, NO PERÍODO 1914-1958

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	NORMAIS (mm)	PERÍODO CHUVOSO					
		BIMESTRES		TRIMESTRES		QUADRIMESTRES	
		MESES	%	MESES	%	MESES	%
RIO GRANDE DO NORTE							
CANGUARETAMA	1354,4	MJ	31,9	AMJ	47,5	MAMJ	59,6
MACAÍBA	1043,2	AM	30,5	AMJ	45,2	MAMJ	58,2
NATAL	1444,5	MJ	33,6	AMJ	48,9	AMJJ	61,8
SÃO JOSÉ MIPIBU	1129,0	MJ	30,7	AMJ	45,0	MAMJ	58,6
PARAÍBA							
ALAGOA NOVA	1037,8	MJ	30,9	AMJ	44,2	MAMJ	56,7
BANANEIRAS	1225,2	MJ	28,8	AMJ	41,8	AMJJ	53,4
CAMPINA GRANDE	755,1	MJ	29,6	MJJ	43,2	AMJJ	56,0
INGÁ	618,1	MJ	32,0	AMJ	45,6	AMJJ	58,4
ITABAIANA	798,3	MJ	29,8	AMJ	44,2	MAMJ	56,4
MAMANGUAPE	1559,9	MJ	31,8	AMJ	45,4	MAMJ	59,9
MULUNGU	764,6	MJ	31,0	AMJ	43,8	MAMJ	58,5
SANTA RITA	1374,8	MJ	34,2	AMJ	49,2	AMJJ	61,6
UMBUZEIRO	783,9	MJ	32,7	MJJ	45,9	AMJJ	57,6
JOÃO PESSOA	1663,8	MJ	34,7	AMJ	49,3	AMJJ	61,4

(continua)

Tabela B.2 - Continuação

PERNAMBUCO					
ÁGUAS BELAS	626,4	MJ 29,0	MJJ 41,6	AMJJ	50,7
BOM JARDIM	1095,3	MJ 32,6	AMJ 45,3	AMJJ	57,7
BUIQUE	1261,7	MJ 28,1	MJJ 40,3	AMJJ	51,7
ESCADA	1570,0	MJ 34,2	AMJ 46,5	AMJJ	58,2
GARANHUNS	794,6	MJ 29,8	MJJ 44,3	MJJA	55,3
ITAMBÉ	1337,2	MJ 33,2	AMJ 46,6	AMJJ	59,4
RECIFE	1654,6	MJ 34,2	MJJ 47,7	AMJJ	60,7
SURUBIM	645,3	MJ 31,2	AMJ 44,9	AMJJ	57,0
TACARATU	732,4	MJ 26,2	MJJ 37,4	MAMJ	46,8
TIMBAÚBA	957,1	MJ 31,1	AMJ 44,4	MAMJ	56,6
VITÓRIA	842,9	MJ 31,6	AMJ 44,8	MAMJ	56,2
ALAGOAS					
ANADIA	1254,6	MJ 35,0	MJJ 50,2	AMJJ	62,0
ATALAIA	1413,0	MJ 35,1	MJJ 49,9	AMJJ	60,8
PORTO R. COLÉGIO	902,8	MJ 33,2	MJJ 47,1	AMJJ	58,6
JUNQUEIRO	1100,4	MJ 33,7	MJJ 48,0	AMJJ	59,4
ÁGUA BRANCA	1041,9	MJ 29,9	MJJ 43,6	MJJA	52,6
LIMOEIRO	976,3	MJ 34,2	MJJ 49,0	AMJJ	59,9
MACEIÓ	1429,0	MJ 35,6	AMJ 48,7	AMJJ	61,4
PÃO DE AÇÚCAR	658,1	MJ 27,5	MJJ 41,1	AMJJ	50,2
PALMEIRA ÍNDIOS	1049,0	MJ 33,1	MJJ 49,0	MJJA	60,4
PIRANHAS	519,3	AM 24,2	AMJ 35,0	AMJJ	45,7
SÃO M. CAMPOS	1509,6	MJ 35,3	MJJ 49,6	AMJJ	62,4
SANTANA IPANEMA	1066,8	MJ 28,6	MJJ 40,6	MJJA	49,6
SERTÃOZINHO	705,3	MJ 29,3	MJJ 41,4	AMJJ	51,4
VIÇOSA	1284,7	MJ 32,5	MJJ 47,1	MJJA	58,7

(continua)

Tabela B.2 - Conclusão

SERGIPE					
AQUIDABAN	937,7	MJ 31,8	MJJ 46,6	AMJJ	56,9
ARACAJU	1608,4	MJ 33,4	MJJ 47,0	AMJJ	59,7
BOCA DA MATA	841,0	MJ 26,4	MJJ 38,4	AMJJ	47,8
CANINDÉ	501,7	AM 22,9	AMJ 33,9	MAMJ	44,7
ESTÂNCIA	1165,7	AM 28,4	MJJ 41,5	AMJJ	53,9
ITABAIANINHA	1028,6	MJ 28,1	MJJ 40,9	AMJJ	51,8
ITABAIANA	1007,8	MJ 32,7	MJJ 48,9	MJJA	59,8
ITAPORANGA	1441,2	MJ 29,1	MJJ 42,4	AMJJ	55,0
JAPARATUBA	1113,7	MJ 33,7	MJJ 48,1	AMJJ	59,8
LAGARTO	976,6	MJ 28,5	MJJ 40,7	AMJJ	51,9
MUCAMBO	828,6	JJ 27,1	MJJ 39,3	AMJJ	49,4
PACATUBA	1148,4	MJ 33,0	MJJ 46,5	AMJJ	58,2
PORTO DA FOLHA	580,3	MJ 28,3	MJJ 40,7	AMJJ	50,6
PROPRIÁ	880,1	MJ 33,1	MJJ 47,3	AMJJ	58,5
SAMBA	992,1	MJ 27,1	MJJ 41,2	AMJJ	51,3
BAHIA					
CÍCERO DANTAS	892,2	MJ 25,6	MJJ 38,1	AMJJ	47,5
CASTRO ALVES	897,0	JJ 20,6	MJJ 29,9	AMJJ	39,5
CAMISÃO	769,5	JJ 19,5	MJJ 28,2	AMJJ	35,7
CUMBE	719,6	MJ 22,4	MJJ 32,9	AMJJ	42,4
ESPLANADA	1055,4	MJ 28,0	MJJ 41,6	AMJJ	52,1
IRARÁ	1018,4	AM 23,1	MJJ 32,9	AMJJ	43,1
PATROCÍNIO COITÉ	939,5	MJ 28,2	MJJ 41,8	AMJJ	52,8
PAULO AFONSO	1069,8	JJ 30,6	MJJ 44,9	MJJA	54,9
SERRINHA	869,0	MJ 21,0	MJJ 31,7	AMJJ	41,0



TABELA B.3 - PORCENTAGEM (%) DE CONTRIBUIÇÃO DE DOIS, TRÊS  
E QUATRO MESES CONSECUTIVOS, EM RELAÇÃO À MÉDIA ANUAL,  
PARA O PERÍODO SECO DO LITORAL LESTE DO NEB, NO PERÍODO  
1914-1958

ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	NORMAIS (mm)	PERÍODO SECO					
		BIMESTRES		TRIMESTRES		QUADRIMESTRES	
		MESES	%	MESES	%	MESES	%
RIO GRANDE DO NORTE							
CANGUARETAMA	1354,4	ON	3,8	OND	6,6	SOND	10,0
MACAÍBA	1043,2	ON	3,1	OND	5,7	SOND	8,5
NATAL	1444,5	ON	2,2	OND	3,8	SOND	6,9
SÃO J.DO MIPIBU	1129,0	ON	3,2	OND	6,0	SOND	8,7
PARAÍBA							
ALAGOA NOVA	1037,8	ON	3,9	OND	6,5	SOND	10,2
BANANEIRAS	1225,2	ON	4,1	OND	7,7	SOND	11,6
CAMPINA GRANDE	755,1	ON	3,2	OND	5,6	SOND	9,0
INGÁ	618,1	ON	3,7	OND	7,1	SOND	10,4
ITABAIANA	798,3	ON	3,9	OND	6,8	SOND	10,0
MAMANGUAPE	1559,9	ON	3,8	SON	6,9	SOND	10,1
MULUNGU	764,6	ON	3,7	SON	6,6	SOND	9,4
SANTA RITA	1374,8	ON	3,2	OND	6,0	SOND	9,3
UMBUZEIRO	783,9	ON	4,7	OND	7,7	SOND	11,4
JOÃO PESSOA	1663,8	ON	3,2	OND	5,6	SOND	9,3

(continua)

Tabela B.3 - Continuação

PERNAMBUCO							
ÁGUAS BELAS	626,4	SO	5,8	SON	9,8	SOND	13,8
BOM JARDIM	1095,3	ON	5,1	OND	8,9	SOND	13,2
BUIQUE	1261,7	ON	6,4	SON	10,2	SOND	15,0
ESCADA	1570,0	ON	6,2	OND	9,8	ONDJ	13,6
GARANHUNS	794,6	ON	5,8	OND	9,4	ONDJ	13,9
ITAMBÉ	1337,2	ON	3,8	OND	6,4	SOND	10,1
RECIFE	1654,6	ON	4,2	OND	6,9	ONDJ	10,5
SURUBIM	645,3	ON	4,6	OND	7,6	SOND	11,3
TACARATU	732,4	SO	6,5	SON	11,4	SOND	18,2
TIMBAÚBA	957,1	ON	5,3	SON	9,0	SOND	12,7
VITÓRIA	842,9	ON	5,5	OND	8,9	SOND	13,3
ALAGOAS							
ANADIA	1254,6	ND	5,6	OND	8,7	ONDJ	11,9
ATALAIA	1413,0	ND	5,3	OND	8,4	ONDJ	11,7
PORTO R. COLÉGIO	902,8	JF	7,7	DJF	11,9	ONDJ	16,5
JUNQUEIRO	1100,4	ON	5,5	OND	8,7	ONDJ	12,5
ÁGUA BRANCA	1041,9	SO	6,8	SON	11,1	SOND	16,2
LIMOEIRO	976,3	ON	6,4	OND	9,9	ONDJ	13,4
MACEIÓ	1429,0	ND	4,5	OND	7,7	ONDJ	11,9
PÃO DE AÇUCAR	658,1	SO	6,1	SON	11,0	SOND	18,1
PALMEIRA ÍNDIOS	1049,0	ON	6,0	OND	9,4	ONDJ	12,9
PIRANHAS	519,3	SO	6,3	ASO	12,4	ASON	19,5
SÃO M.DOS CAMPOS	1509,6	ND	4,6	OND	7,3	ONDJ	10,9
SANTANA IPANEMA	1066,8	SO	6,4	SON	11,4	SOND	17,8
SERTÃOZINHO	705,3	SO	6,5	SON	12,3	SOND	19,1
VIÇOSA	1284,7	ON	5,1	OND	8,1	ONDJ	12,4

(continua)

Tabela B.3 - Conclusão

SERGIPE						
AQUIDABAN	937,7	DJ	6,8	DJF	10,7	ONDJ 15,8
ARACAJU	1608,4	DJ	7,1	NDJ	10,9	NDJF 14,7
BOCA DA MATA	841,0	SO	9,6	SON	14,9	ONDJ 20,5
CANINDÉ	501,7	SO	7,0	SON	13,0	ASON 18,4
ESTÂNCIA	1165,7	DJ	8,2	DJF	12,8	NDJF 18,0
ITABAIANINHA	1028,6	JF	8,6	DJF	13,7	ONDJ 20,0
ITABAIANA	1007,8	JF	5,8	DJF	9,5	NDJF 13,7
ITAPORANGA	1441,2	DJ	7,4	DJF	12,0	ONDJ 16,7
JAPARATUBA	1113,7	ND	6,3	DJF	10,0	NDJF 13,3
LAGARTO	976,6	JF	8,2	DJF	13,4	NDJF 20,1
MUCAMBO	828,6	DJ	8,6	DJF	13,8	DJFM 20,7
PACATUBA	1148,4	DJ	6,7	DJF	10,3	NDJF 14,6
PORTO DA FOLHA	580,3	SO	7,0	SON	13,5	SOND 19,8
PROPRIÁ	880,1	JF	7,5	DJF	11,8	ONDJ 16,0
SAMBA	992,1	JF	9,3	DJF	14,7	DJFM 20,8
BAHIA						
CÍCERO DANTAS	892,2	SO	9,0	SON	16,0	SOND 22,2
CASTRO ALVES	897,0	SO	10,3	ASO	18,8	ASON 27,9
CAMISÃO	769,5	SO	8,5	ASO	15,5	ASON 26,3
CUMBE	719,6	SO	8,4	ASO	16,1	ASON 23,8
ESPLANADA	1055,4	DJ	9,2	DJF	14,3	ONDJ 20,2
IRARÁ	1018,4	SO	9,9	ASO	17,0	JASO 27,7
PATROCÍNIO COITÉ	939,5	DJ	8,6	DJF	13,4	ONDJ 18,8
PAULO AFONSO	1069,8	ON	5,8	SON	9,6	SOND 14,1
SERRINHA	869,0	SO	9,2	ASO	16,6	ASON 26,1

TABELA B.4 - SÉRIES TEMPORAIS DE DESVIOS MÉDIOS NORMALIZADOS DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO NORTE (N), DO SUL(S) E DE TODO O LITORAL LESTE DO NEB (T.L.), RESPECTIVAMENTE, NO PERÍODO 1914-1983

DESVIOS NORMALIZADOS PARA O LITORAL LESTE DO NEB							
ANOS	N	S	T.L.	ANOS	N	S	T.L.
1914	1,84	1,49	1,61	1949	-0,26	0,35	0,11
1915	-1,07	-1,02	-1,04	1950	-0,14	-0,23	-0,19
1916	-0,50	-0,19	-0,30	1951	-0,02	0,14	0,08
1917	0,16	0,45	0,35	1952	-1,16	-0,60	-0,83
1918	-0,27	0,50	0,22	1953	-0,70	-0,31	-0,47
1919	-0,59	-0,27	-0,38	1954	-0,82	-0,39	-0,56
1920	-0,20	0,11	0,00	1955	-0,31	-0,72	-0,56
1921	0,55	1,20	0,96	1956	-0,12	-0,33	-0,25
1922	0,84	0,59	0,68	1957	-0,85	-0,05	-0,37
1923	-0,53	-0,62	-0,59	1958	-0,90	-0,56	-0,69
1924	1,45	1,35	1,39	1959	-0,45	-0,96	-0,78
1925	-0,18	-0,61	-0,44	1960	0,03	-0,03	-0,01
1926	0,12	-0,40	-0,19	1961	0,92	-0,31	0,16
1927	-0,34	-0,38	-0,36	1962	-0,31	-0,14	-0,20
1928	-0,31	-1,11	-0,80	1963	-0,28	0,10	-0,05
1929	0,16	-0,15	-0,03	1964	2,15	1,75	1,90
1930	-0,98	-0,18	-0,48	1965	0,06	-0,63	-0,36
1931	0,80	-0,66	-0,14	1966	0,57	1,26	0,98
1932	-0,42	-1,26	-0,93	1967	0,17	0,56	0,40
1933	-0,58	0,06	-0,21	1968	-0,44	0,67	0,22
1934	0,11	-0,13	-0,03	1969	0,44	0,92	0,72
1935	0,63	0,76	0,71	1970	0,13	-0,70	-0,36
1936	0,25	-0,05	0,07	1971	0,16	-0,45	-0,21

(continua)

Tabela B.4 - Conclusão

1937	-0,42	-0,49	-0,46	1972	0,13	0,05	0,08
1938	-0,88	-0,56	-0,69	1973	0,30	-0,02	0,10
1939	-0,07	-0,17	-0,13	1974	1,68	0,66	1,06
1940	1,38	0,84	1,05	1975	0,23	0,98	0,69
1941	0,11	-0,08	-0,01	1976	-0,10	-0,66	-0,44
1942	-0,24	-0,44	-0,36	1977	0,97	1,04	1,01
1943	-0,42	-0,49	-0,46	1978	1,05	0,68	0,82
1944	-0,31	0,95	0,47	1979	-0,25	-0,20	-0,22
1945	0,27	0,68	0,52	1980	-0,31	-0,23	-0,26
1946	-0,77	-0,68	-0,72	1981	-0,24	-0,71	-0,53
1947	-0,06	0,52	0,29	1982	-0,25	-0,21	-0,23
1948	0,29	0,80	0,60	1983	-0,80	-1,13	-1,00

Considerou-se no cálculo dos índices pluviométricos do norte, do sul e de todo Litoral Leste do NEB 21, 32 e 53 estações pluviométricas, respectivamente.

TABELA B.5 - NORMAIS E DESVIOS PADRÕES ( $\sigma$ ) PARA AS 53 ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS NA FIG.3.3

No DAS ESTAÇÕES	NORMAIS (mm)	$\sigma$ (mm)	No DAS ESTAÇÕES	NORMAIS (mm)	$\sigma$ (mm)
1	1220,0	542,3	35	1573,0	672,0
2	789,8	278,9	36	1557,5	348,8
3	1365,0	393,1	37	819,9	445,2
4	1388,2	330,2	38	1057,1	361,8
5	1123,1	336,9	39	1351,6	319,5
6	1479,7	678,3	41	1225,6	263,6
7	1500,1	414,3	42	859,0	417,8
8	728,8	255,3	43	1034,7	374,3
9	983,9	287,8	44	498,3	170,5
10	813,0	330,8	46	891,6	264,0
11	735,3	225,8	47	551,1	192,7
12	651,2	224,2	48	482,0	180,5
13	751,7	222,8	49	1256,9	414,3
14	1270,5	594,1	50	1192,8	375,2
15	934,4	302,2	51	1623,0	638,8
16	1580,7	920,8	52	911,2	337,8
17	647,2	185,7	53	838,9	315,8
18	1338,1	288,6	54	1024,5	366,8
19	1016,6	323,0	55	1270,7	344,4
20	775,3	217,5	56	701,4	236,3
21	738,1	294,7	57	1062,4	305,5
29	1375,2	463,0	59	886,9	284,8
30	1383,5	399,7	60	718,4	247,1
31	1082,7	309,5	62	860,0	223,5
32	978,0	343,5	63	1052,6	477,4
33	666,0	204,7	64	1034,1	253,9
34	1015,6	306,9			

Os números referentes às estações são os mesmos da Tabela A.2.

TABELA B.6 - SÉRIES TEMPORAIS DE DESVIOS MÉDIOS NORMALIZADOS DA PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA (AMJJ) DO NORTE (N), DO SUL (S) E DE TODO O LITORAL LESTE DO NEB. (T.L.), NO PERÍODO 1914-1983

DESVIOS NORMALIZADOS SAZONAIS (AMJJ)							
ANOS	N	S	T.L.	ANOS	N	S	T.L.
1914	1,27	0,54	0,80	1949	0,11	0,45	0,32
1915	-0,79	-1,25	-1,09	1950	0,10	-0,23	-0,10
1916	-0,07	-0,10	-0,09	1951	0,88	0,99	0,94
1917	-0,77	0,58	0,10	1952	-1,17	-0,83	-0,96
1918	-0,54	0,22	-0,05	1953	-0,11	0,13	0,03
1919	-0,66	0,04	-0,20	1954	-0,09	-0,28	-0,20
1920	-0,05	0,50	0,30	1955	-0,55	-0,85	-0,73
1921	0,20	1,08	0,76	1956	-0,28	-1,04	-0,74
1922	1,28	0,57	0,81	1957	-0,83	0,16	-0,24
1923	-0,48	-0,47	-0,48	1958	-0,43	-0,61	-0,54
1924	1,52	1,34	1,41	1959	-0,10	-0,61	-0,42
1925	-0,18	-0,76	-0,52	1960	-0,21	-0,41	-0,33
1926	-0,32	-0,49	-0,43	1961	0,25	-0,10	0,03
1927	0,08	0,05	0,06	1962	-0,21	0,39	0,19
1928	-0,18	-1,19	-0,79	1963	-0,58	-0,39	-0,46
1929	-0,55	-0,20	-0,34	1964	1,55	1,35	1,42
1930	-0,99	0,02	-0,36	1965	0,33	-0,66	-0,28
1931	0,80	-0,80	-0,22	1966	0,65	1,35	1,08
1932	-0,32	-1,07	-0,76	1967	0,25	0,52	0,42
1933	-0,34	0,61	0,22	1968	-0,56	0,78	0,24
1934	-0,57	-0,15	-0,32	1969	0,99	0,76	0,85

(continua)

Tabela B.6 - Conclusão

1935	0,87	0,75	0,80	1970	0,07	-1,06	-0,62
1936	0,79	0,23	0,46	1971	0,29	-0,18	0,00
1937	0,24	0,04	0,12	1972	-0,01	-0,04	-0,02
1938	-1,04	-0,40	-0,64	1973	0,19	-0,17	-0,03
1939	-0,77	-0,51	-0,61	1974	1,42	0,62	0,93
1940	1,45	0,22	0,71	1975	0,50	1,54	1,13
1941	-0,28	-0,19	-0,22	1976	-0,40	-1,00	-0,76
1942	-0,11	-0,45	-0,32	1977	1,43	1,11	1,24
1943	-0,63	-0,57	-0,59	1978	1,06	0,21	0,52
1944	0,00	1,01	0,62	1979	-0,25	0,04	-0,06
1945	0,52	1,06	0,85	1980	-0,82	-1,11	-1,00
1946	-0,81	-0,35	-0,53	1981	-1,23	-1,05	-1,12
1947	-0,36	0,11	-0,08	1982	-0,26	0,20	0,03
1948	0,60	1,01	0,85	1983	-1,15	-1,42	-1,31

Considerou-se no cálculo dos índices pluviométricos do norte, do sul e de todo Litoral Leste do NEB, 23, 30 e 53 estações pluviométricas, respectivamente.



APÊNDICE C

ISOLINHAS DE CORRELAÇÕES SIMULTÂNEAS SAZONAIS DE TRÊS E QUATRO MESES CONSECUTIVOS ENTRE AS ANOMALIAS DE TSM E AS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO LITORAL LESTE DO BRASIL

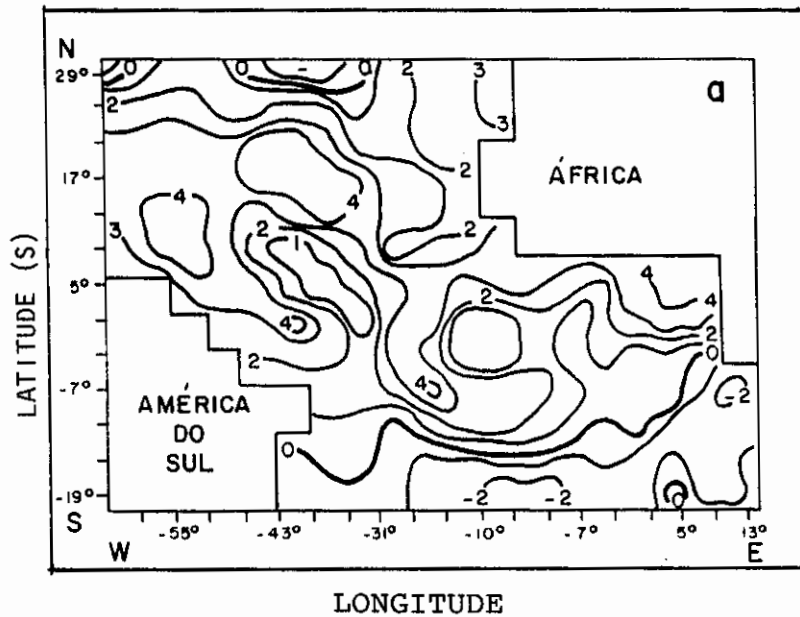


Fig. C.1 - Isolinhas de correlações simultâneas sazonais de três meses entre as anomalias de TSM e da precipitação no Litoral Leste do NEB para: a) JFM; b) AMJ; c) JAS; d) OND.

Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

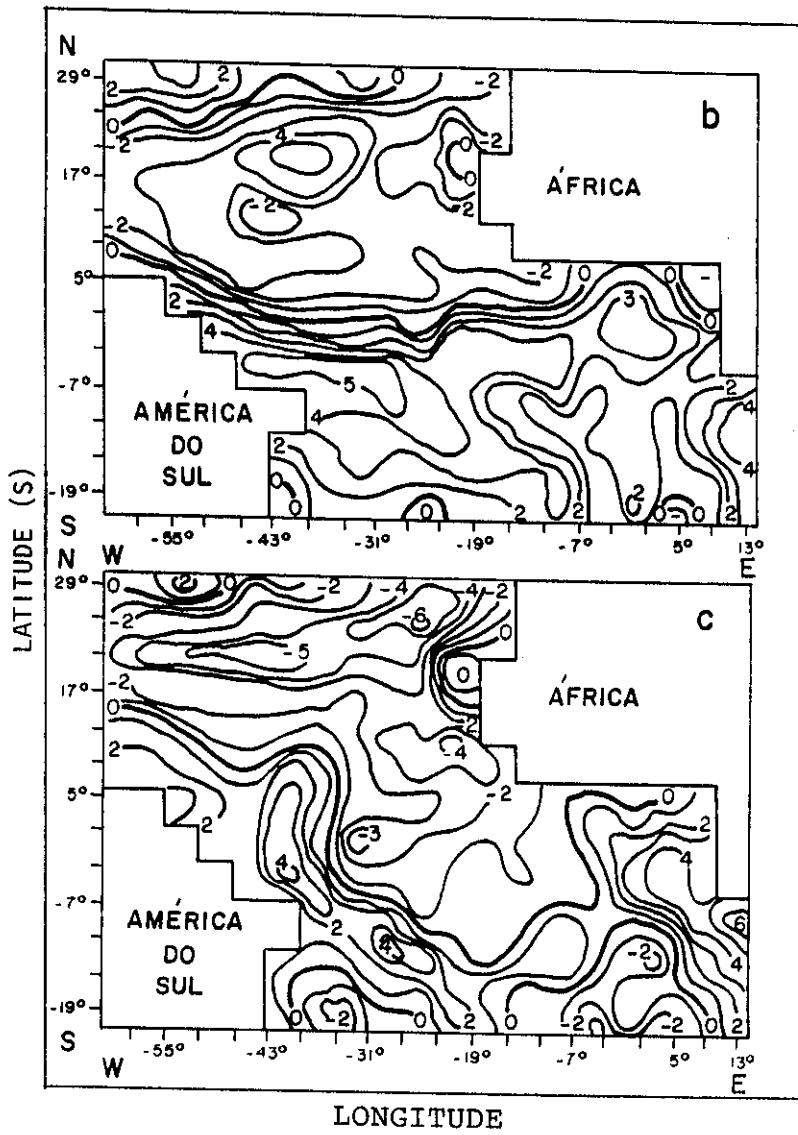


Fig. C.1 - Continuação.

(continua)

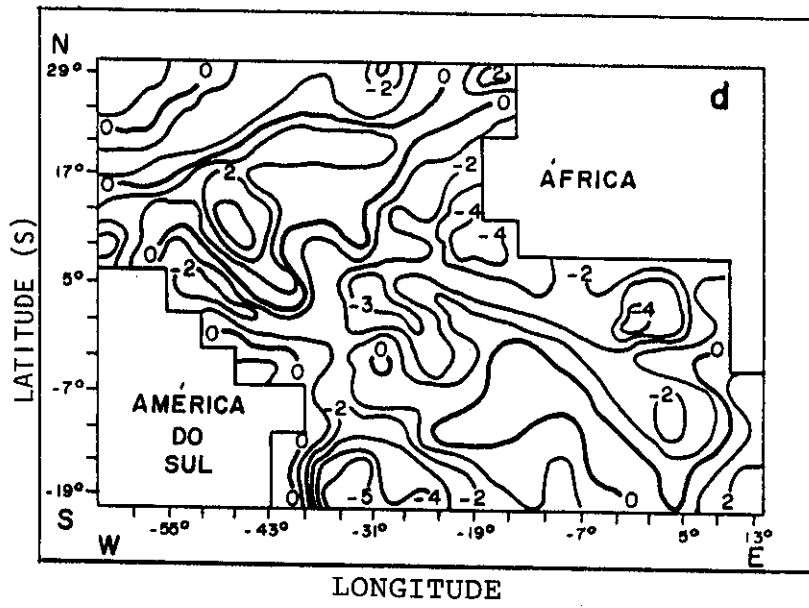


Fig. C.1 - Conclusão.

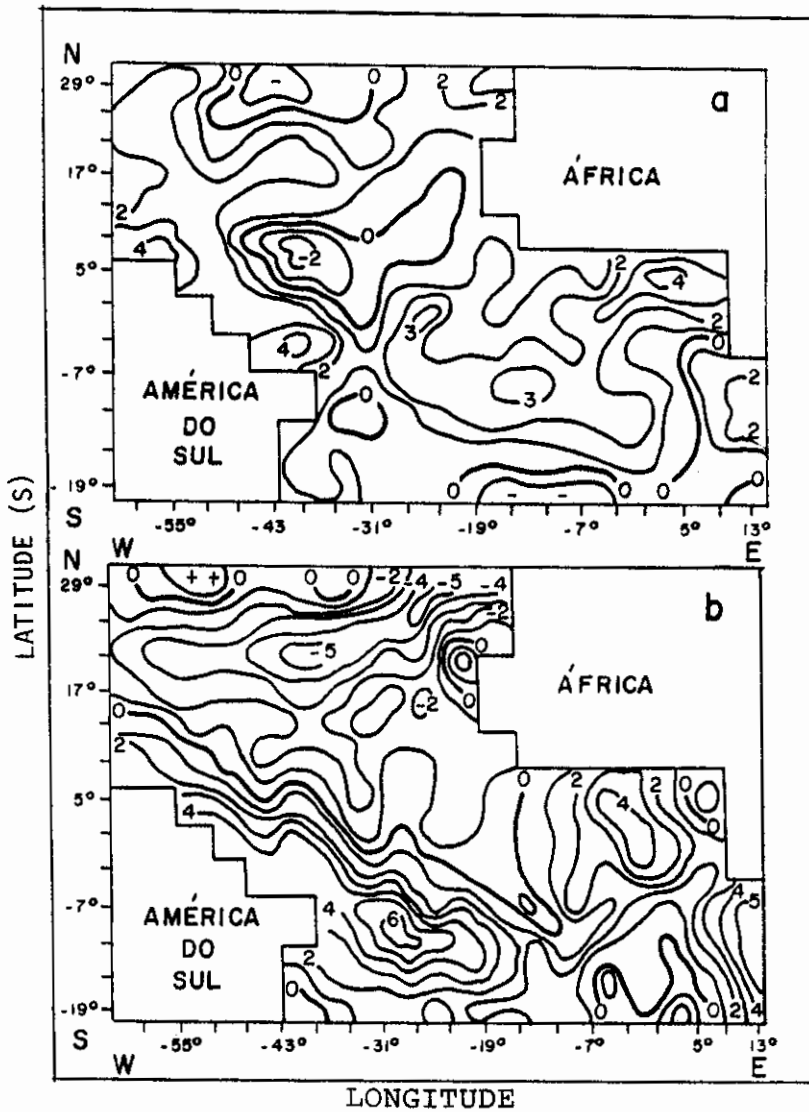


Fig. C.2 - Isolinhas de correlações simultâneas sazonais de quatro meses entre as anomalias de TSM e da precipitação no Litoral Leste do NEB para: a) JFMA; b) MJJA; c) SOND.

Os valores são multiplicados por  $10^{-1}$ .

(continua)

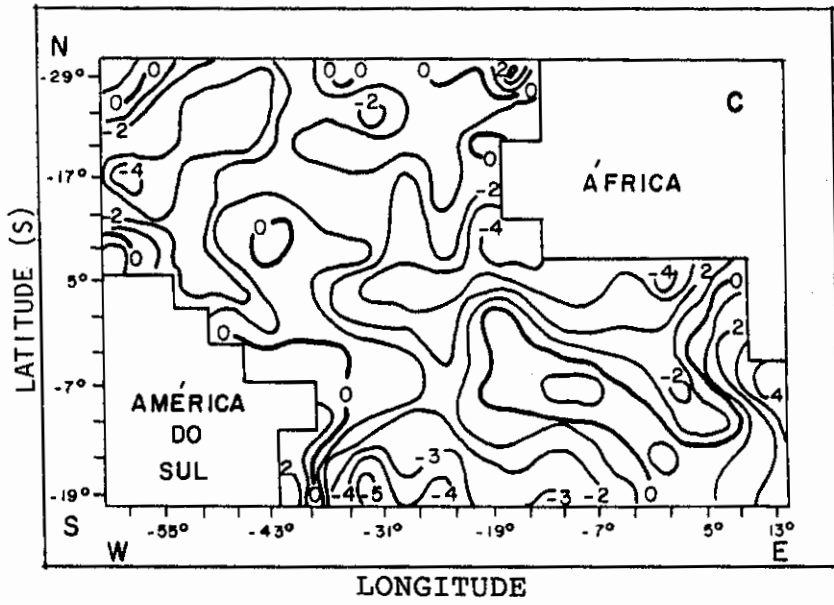


Fig. C.2 - Conclusão.



## APÊNDICE D

CONFIGURAÇÃO DOS CAMPOS ATMOSFÉRICOS E OCEÂNICOS  
PARA O ANO DE 1987

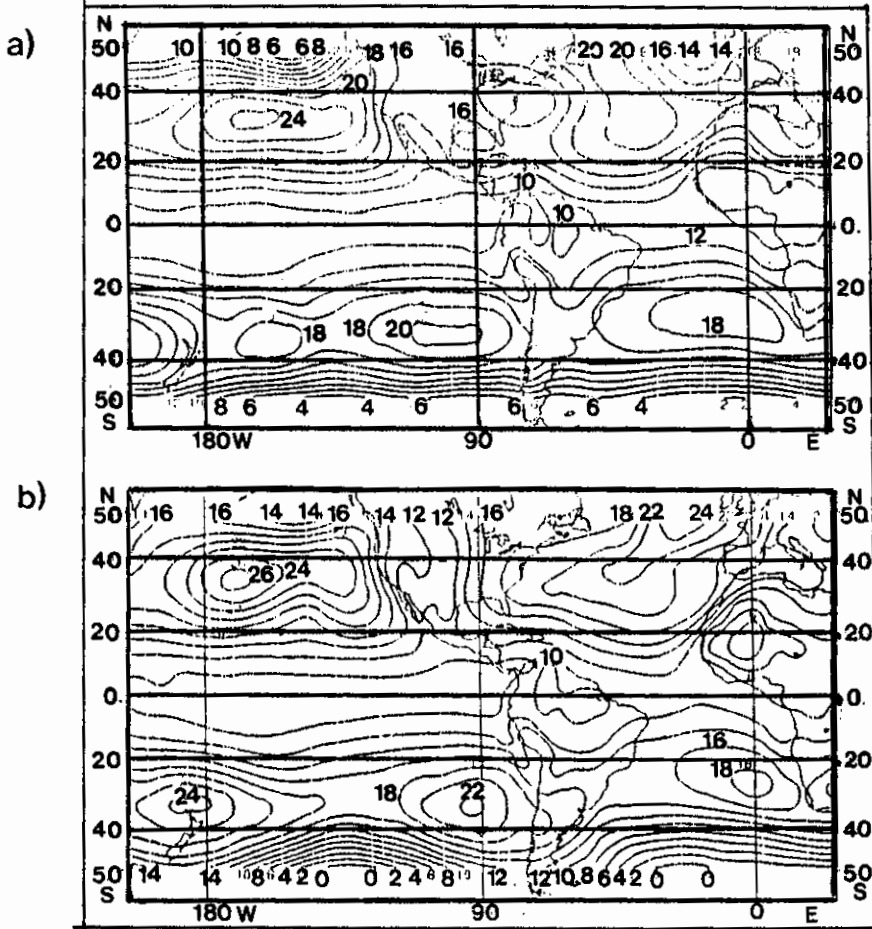


Fig. D.1 - Configuração do campo de PNM para: a) abril;  
b) maio; c) junho; d) julho de 1987.  
FONTE: Climanálise (1987).

O intervalo entre os contornos é de 2hPa;  
1000hPa devem ser somados aos números indicados  
nos contornos.

(continua)

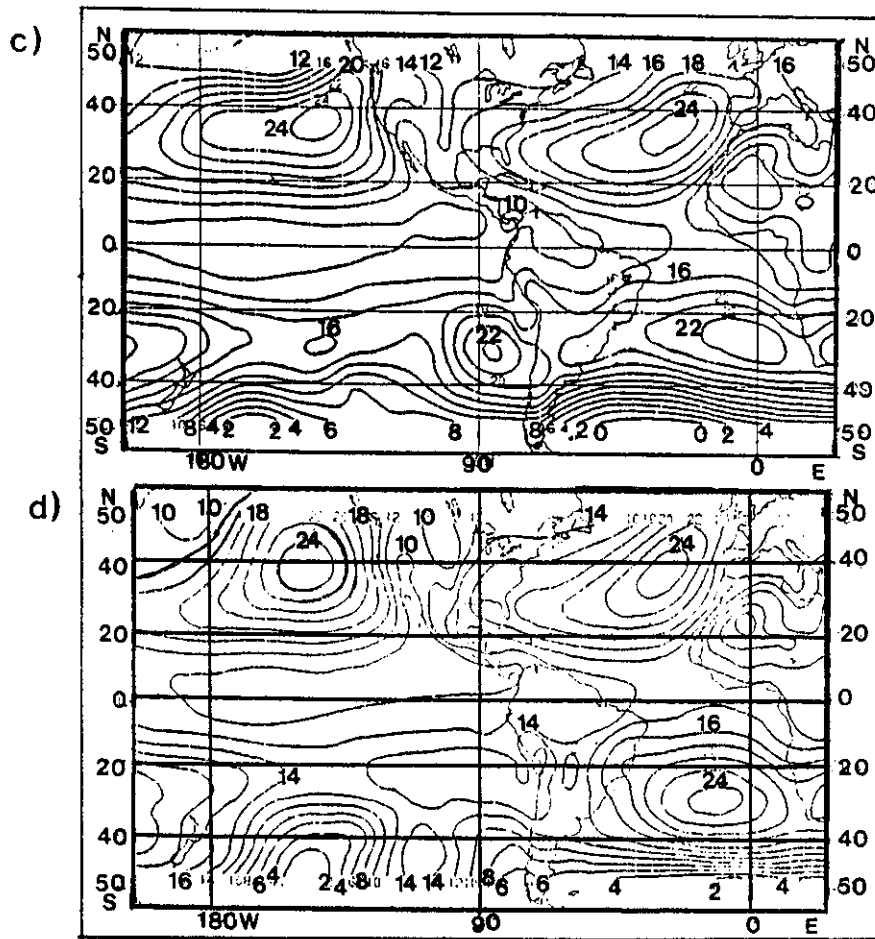


Fig. D.1 - Conclusão.



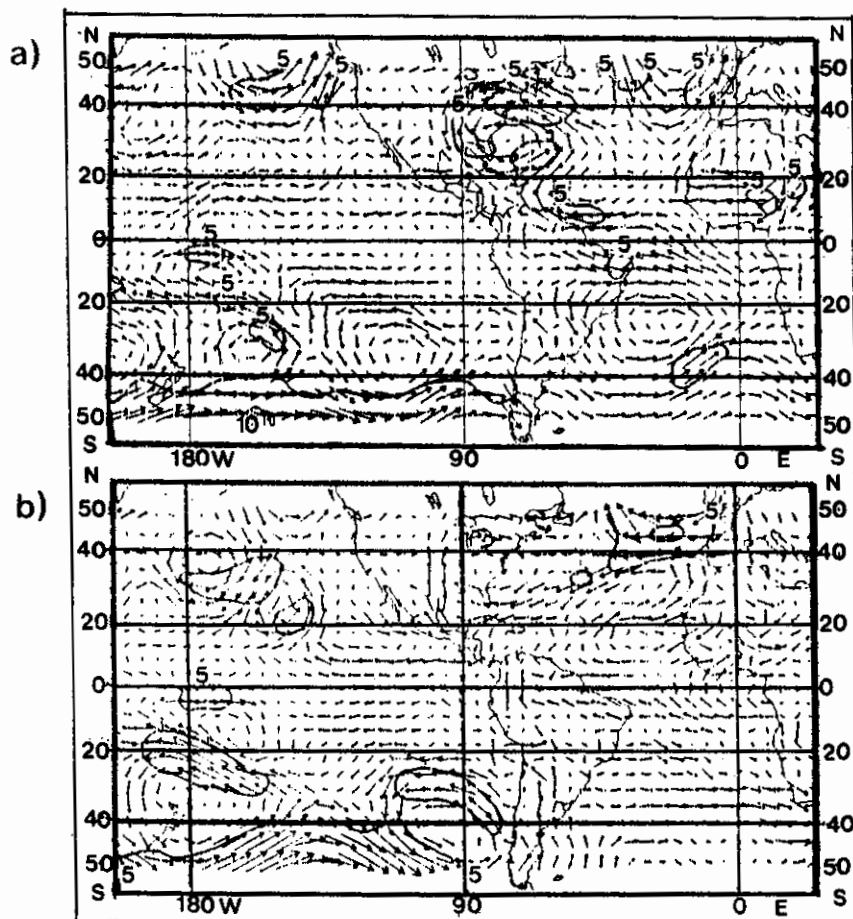


Fig. D.2 - Anomalias do vetor vento em 850 hPa no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987.

FONTE: Climanálise (1987).

Um vetor de comprimento igual à  $5^{\circ}$  de longitude equivale a uma velocidade do vento de 3,25m/s. O intervalo das isotacas é de 5m/s.

(continua)

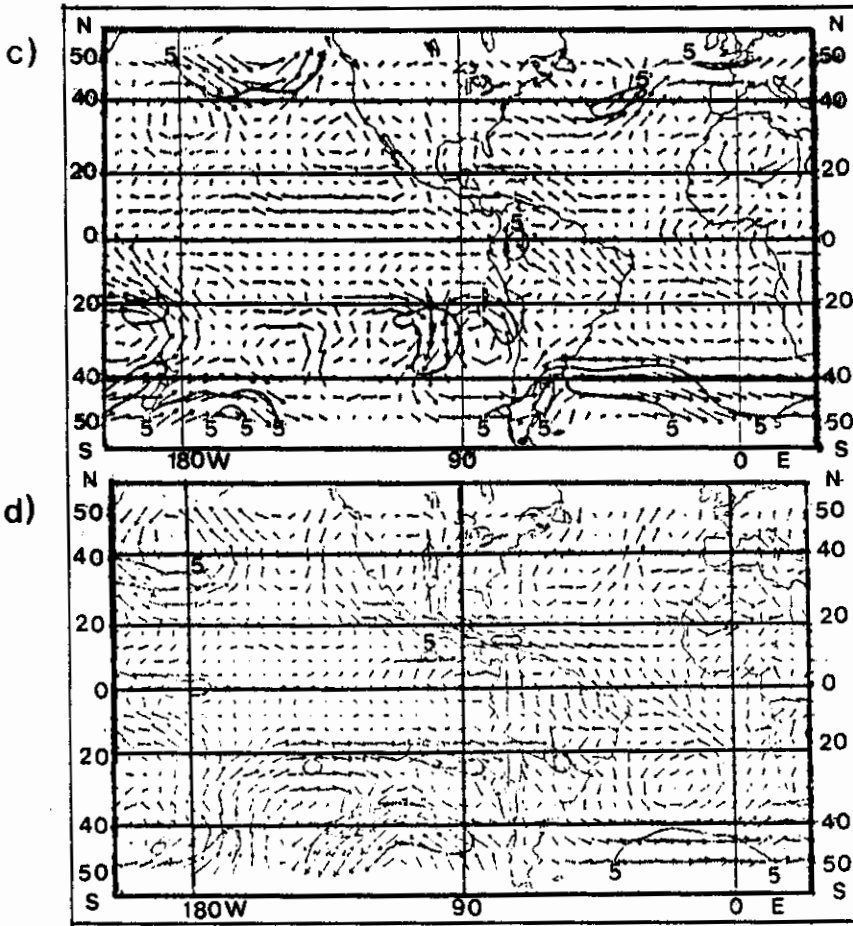


Fig. D.2 - Conclusão.

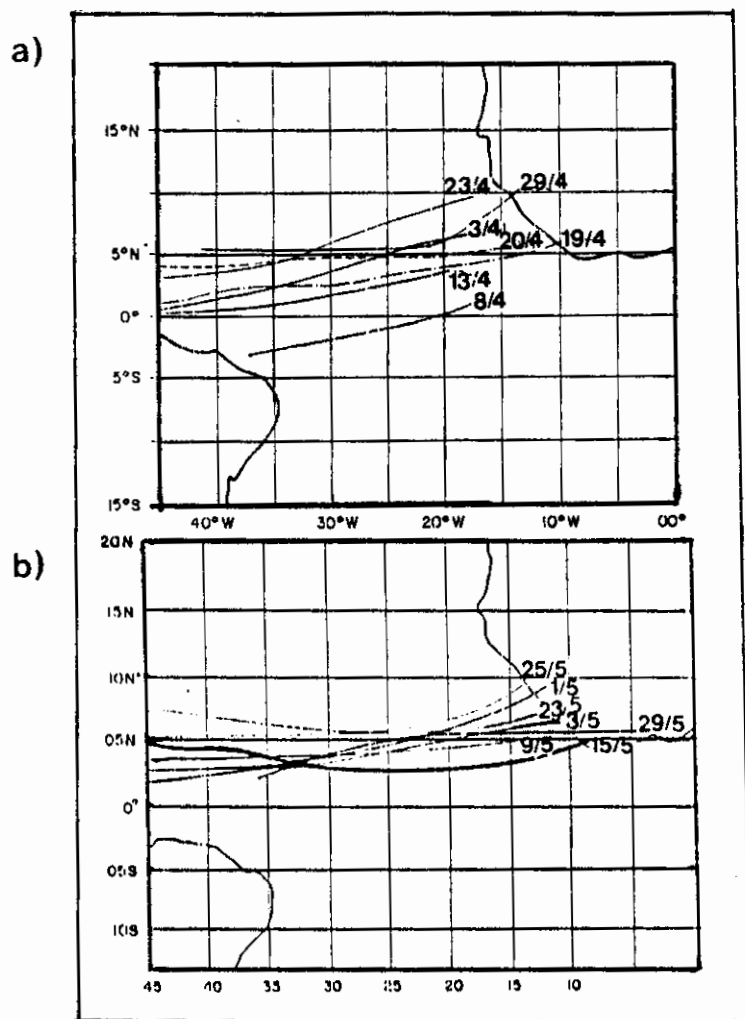


Fig. D.3 - Posição geográfica média do eixo de nebulosidade convectiva indicativo da posição da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, de 00°W a 45°W, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987. FONTE: Climanálise (1987).

(continua)

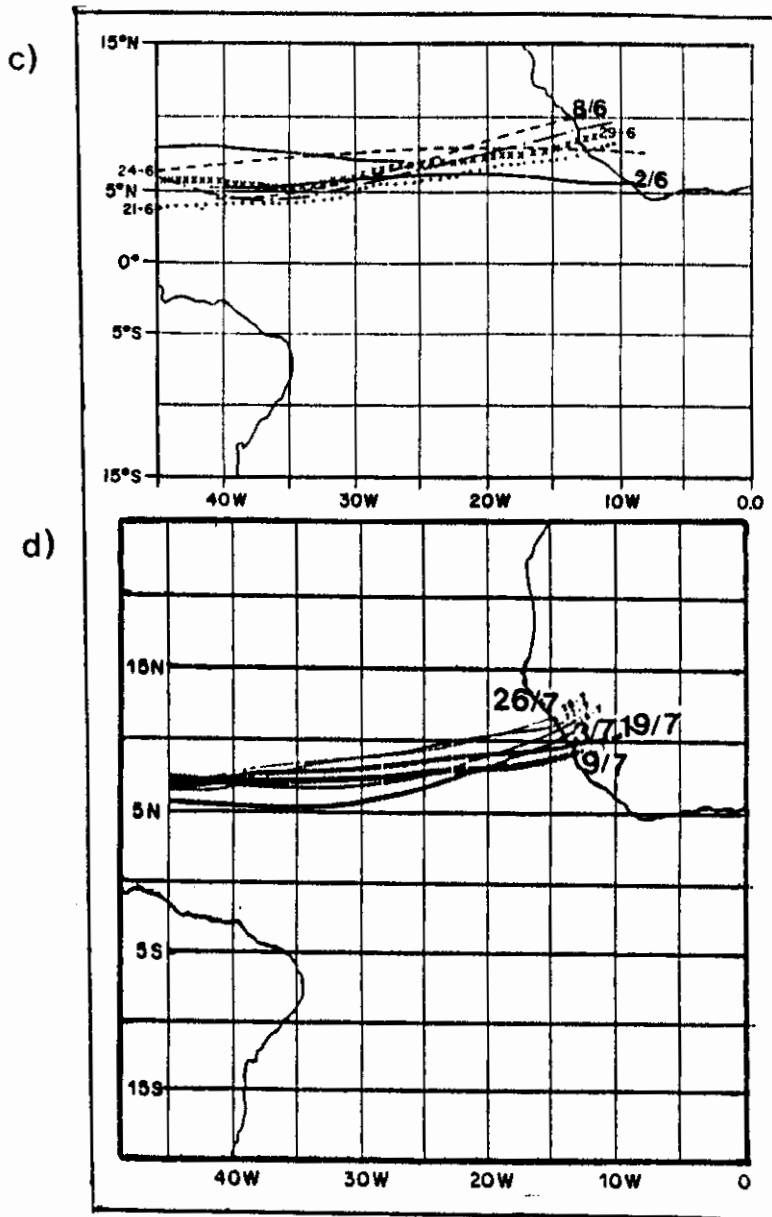


Fig. D.3 - Conclusão.

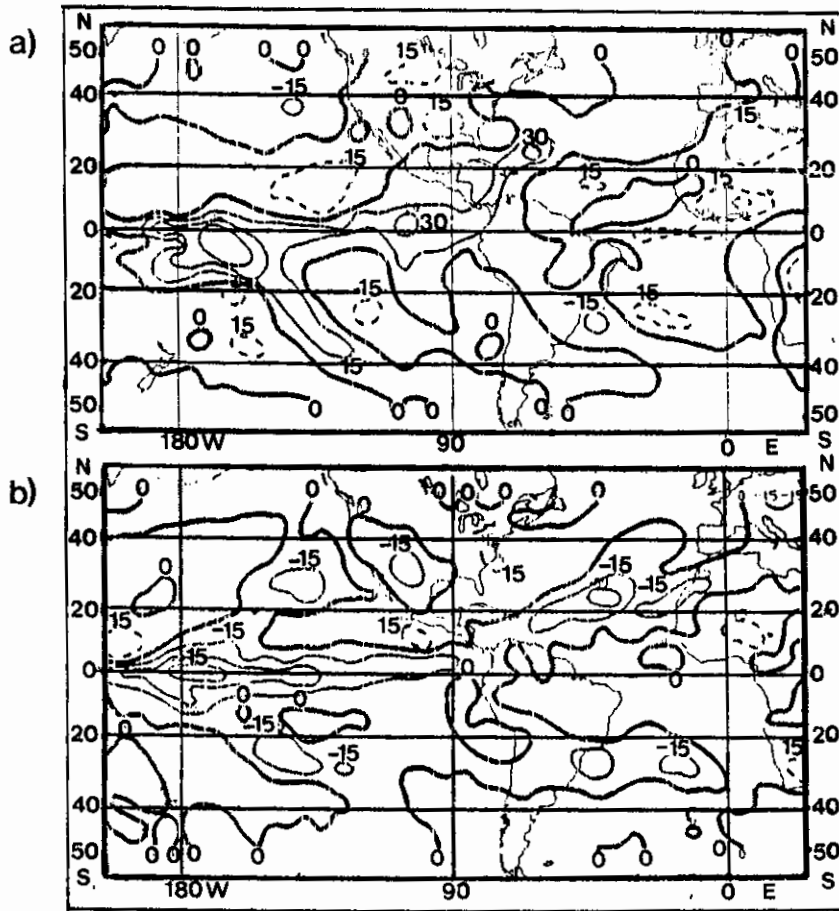


Fig. D.4 - Anomalias de ROL emitida para o espaço para:  
 a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987.  
 FONTE: Climanálise (1987).

As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base 1974-1983 (com exceção de 1978). O intervalo dos contornos é de  $15\text{W/m}^2$ . Anomalias positivas são indicadas por linhas tracejadas.

(continua)

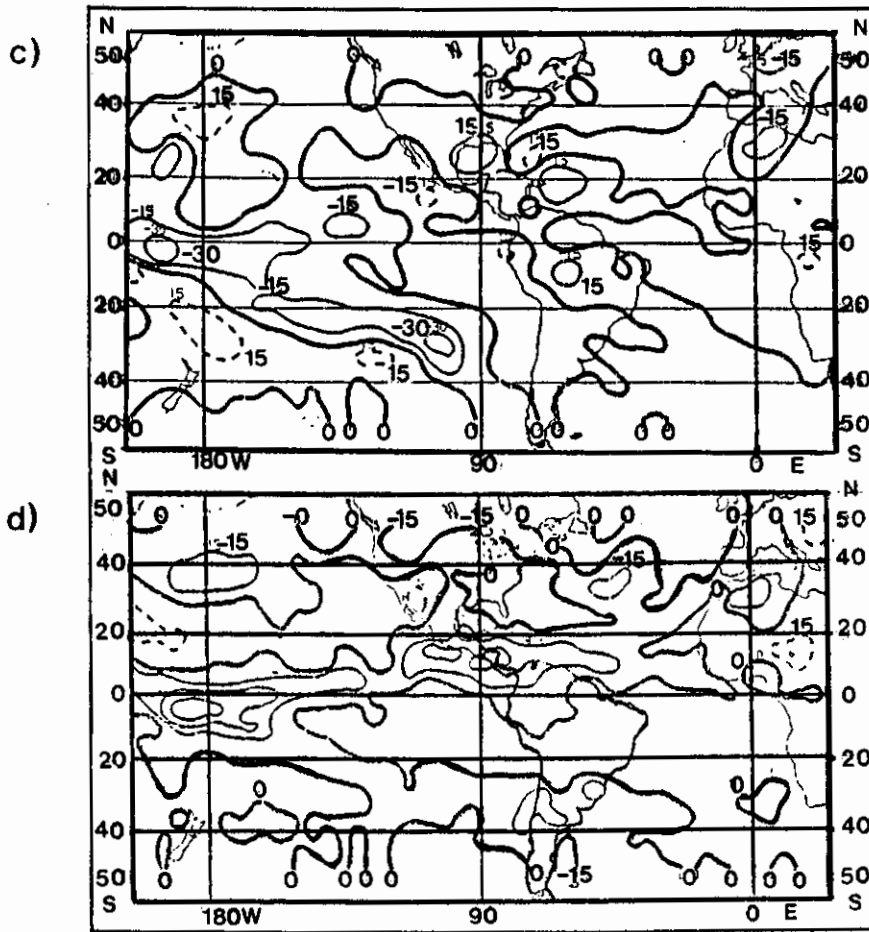


Fig. D.4 - Conclusão.

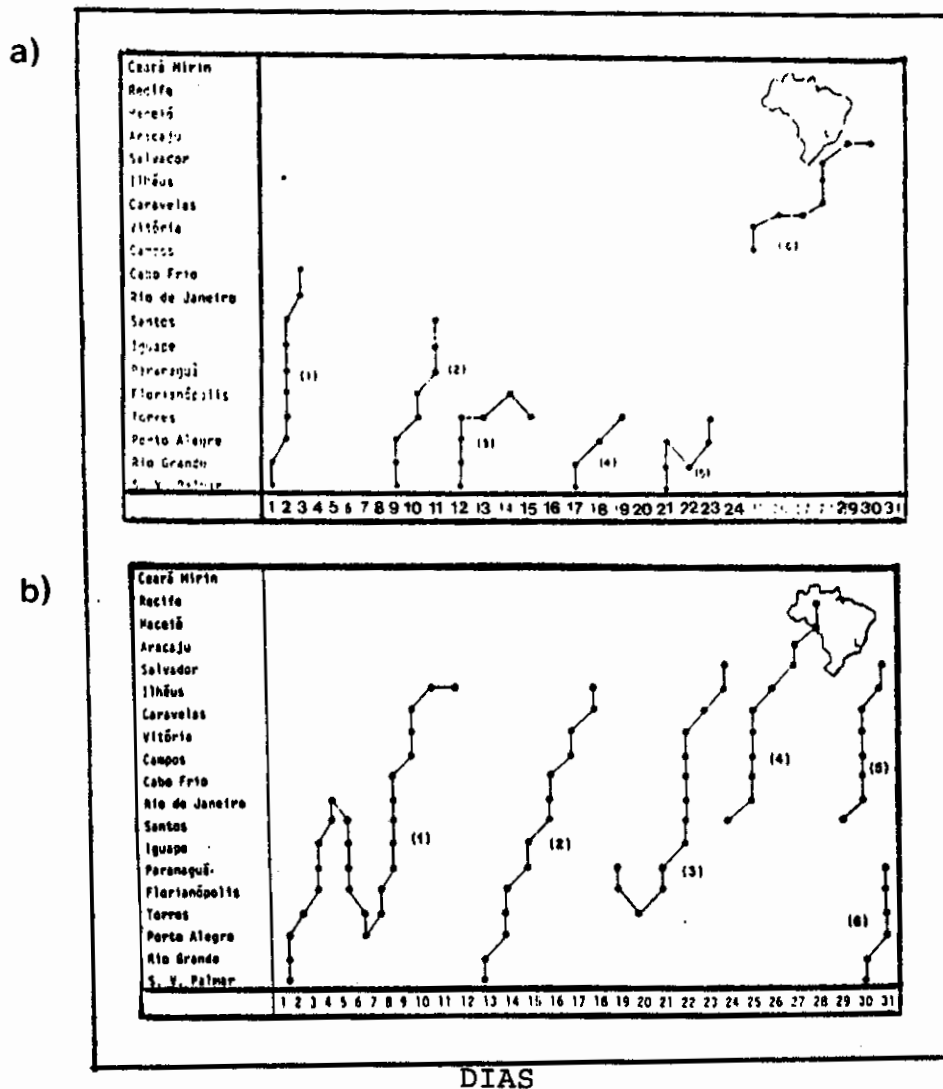
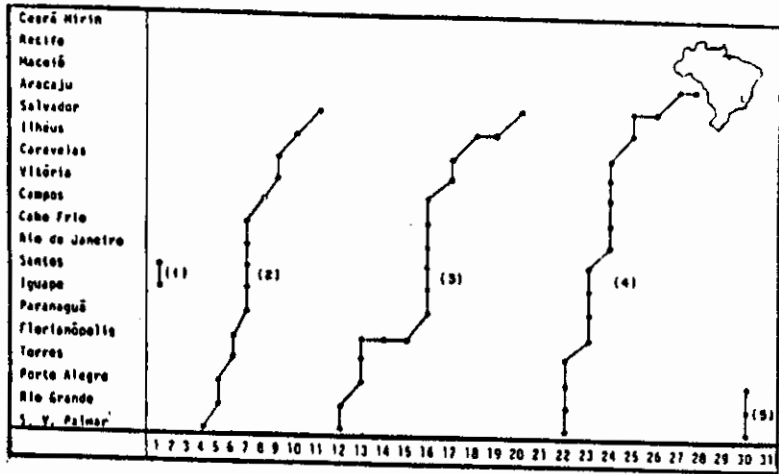


Fig. D.5 - Secção estação x tempo dos sistemas frontais que se deslocaram pelo litoral do Brasil nos meses de: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987.

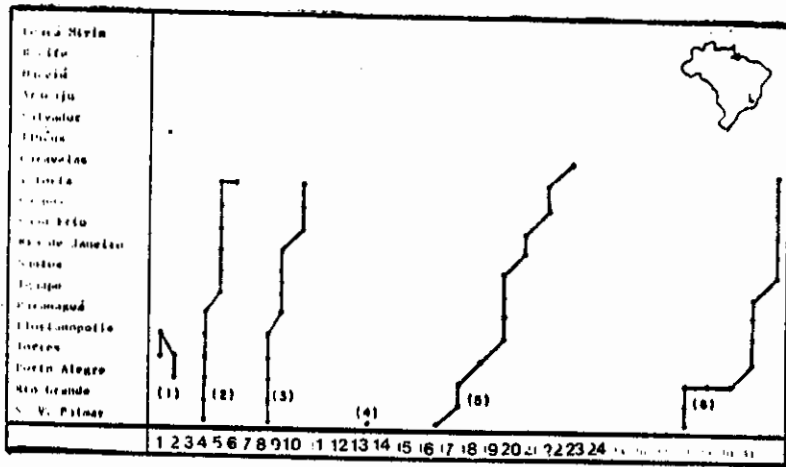
FONTE: Climanálise (1987).

(continua)

c)



d)



DIAS

Fig. D.5 - Conclusão.



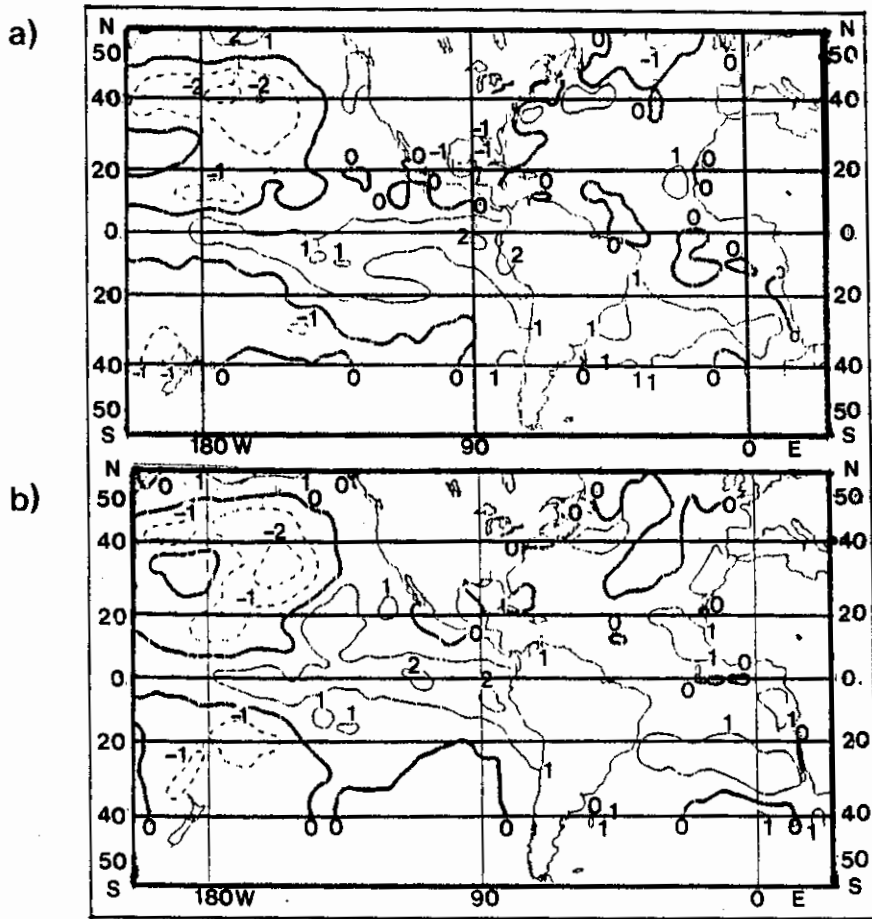


Fig. D.6 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em  $^{\circ}\text{C}$ , no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1987.

FONTE: Oceanographic Monthly Summary (1987).

(continua)

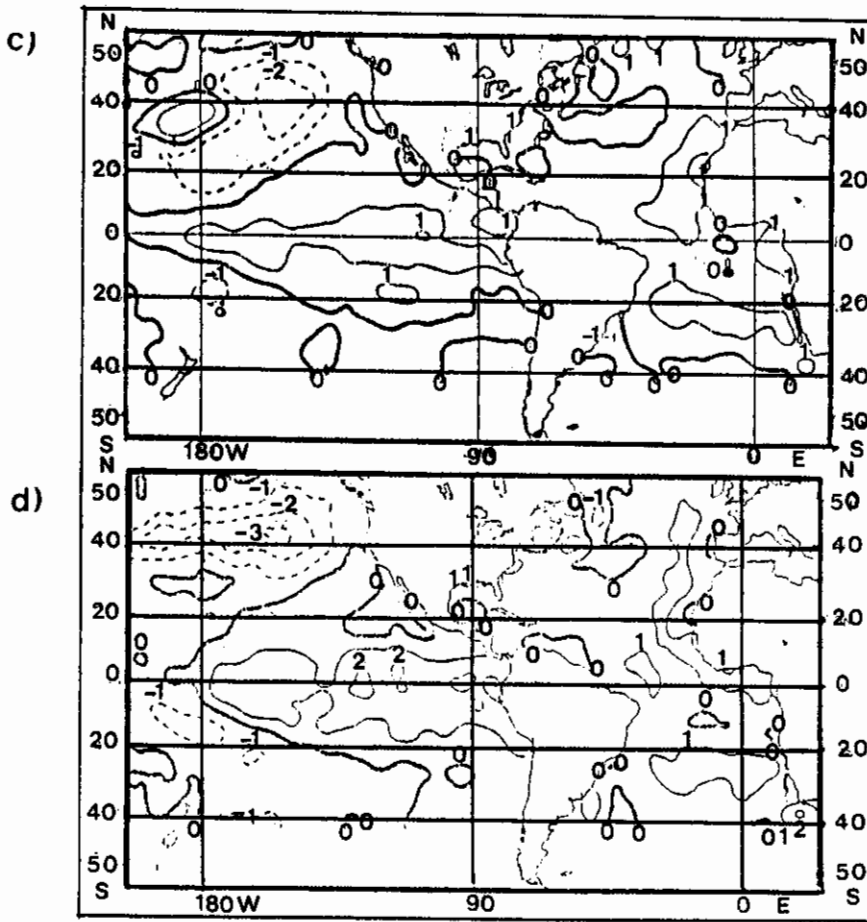


Fig. D.6 - Conclusão.

APÊNDICE E

CONFIGURAÇÃO DOS CAMPOS ATMOSFÉRICOS E OCEÂNICOS  
PARA O ANO DE 1988

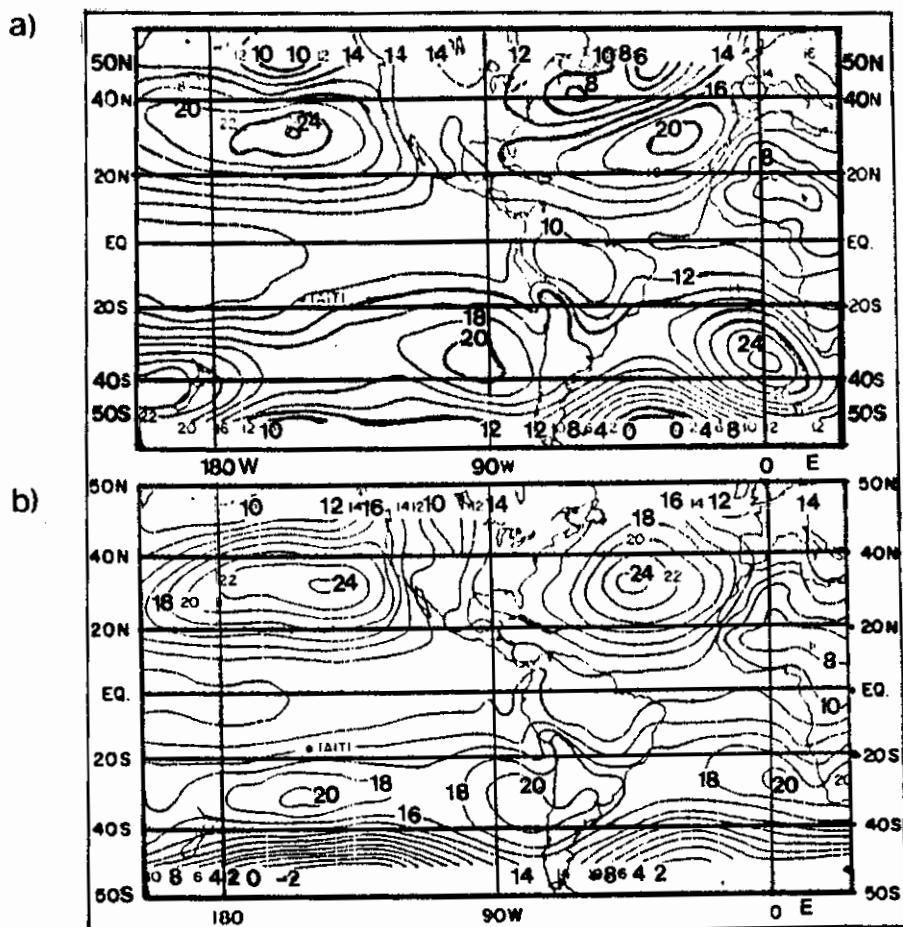


Fig. E.1 - Configuração do campo de PNM para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988.  
FONTE: Climanálise (1988).

O intervalo entre os contornos é de 2hPa; 1000hPa devem ser somados aos números indicados nos contornos.

(continua)

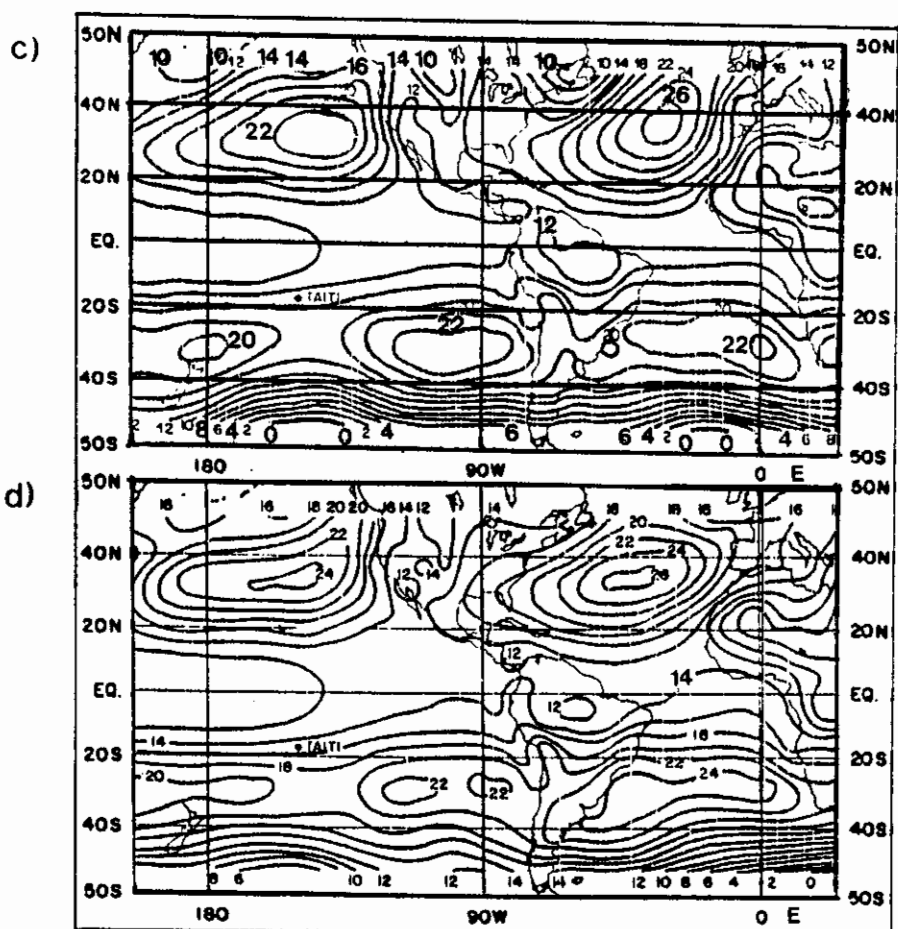


Fig. E.1 - Conclusão.

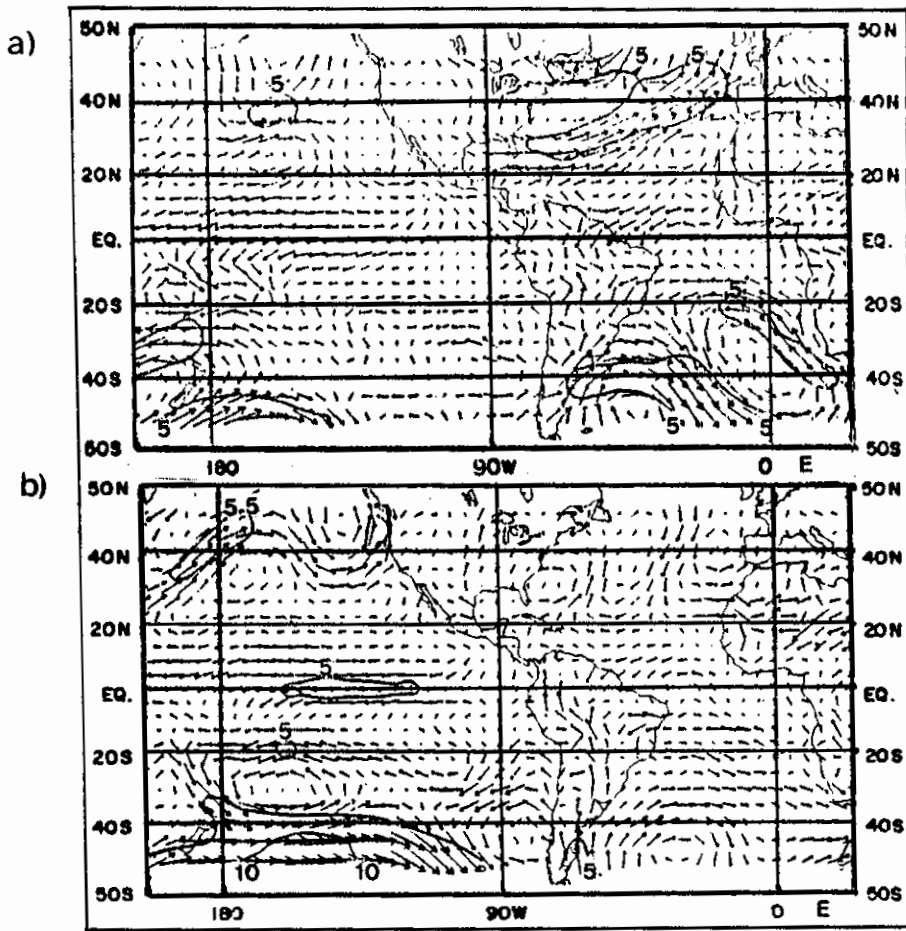


Fig. E.2 - Anomalias do vetor vento em 850hPa no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988.

FONTE: Climanálise (1988).

Um vetor de comprimento igual a  $5^{\circ}$  de longitude equivale a uma velocidade do vento de 3,25m/s. O intervalo das isotacas é de 5m/s.

(continua)

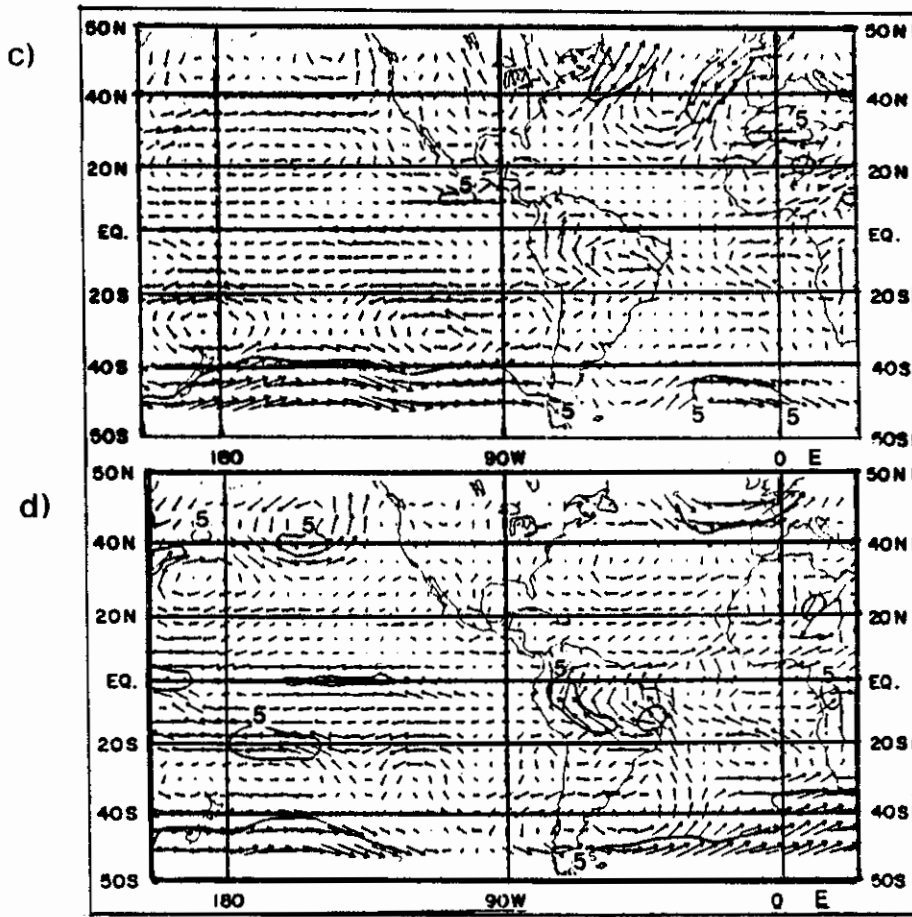


Fig. E.2 - Conclusão.

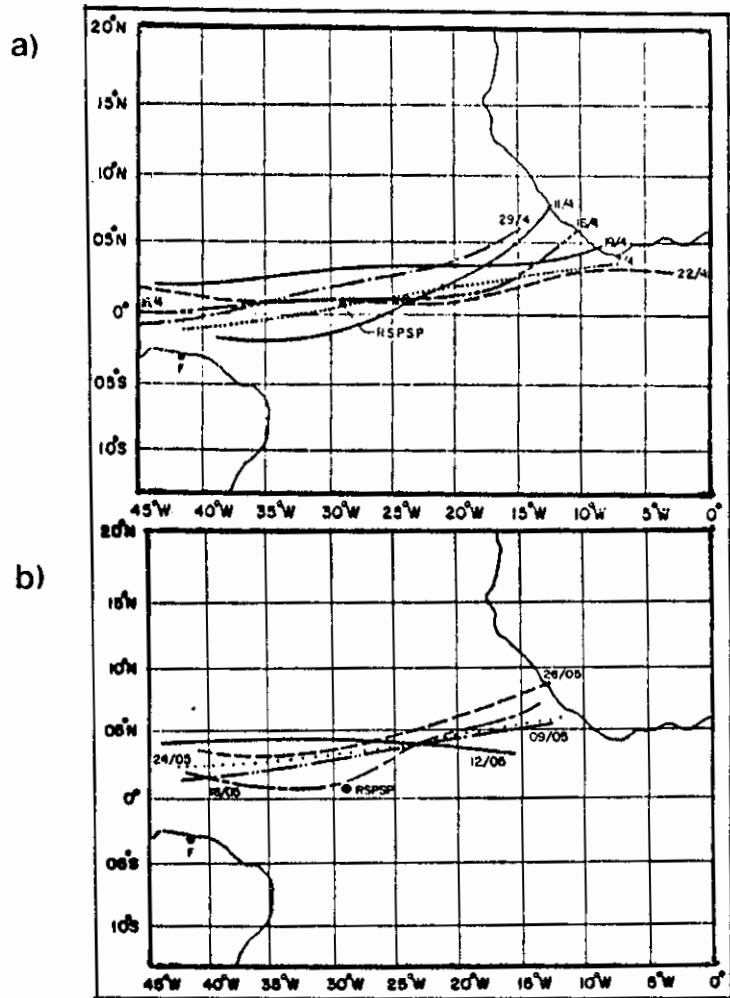


Fig. E.3 - Posição geográfica média do eixo de nebulosidade convectiva indicativo da posição da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, de 00°W a 45°W, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988. FONTE: Climanálise (1988).

(continua)

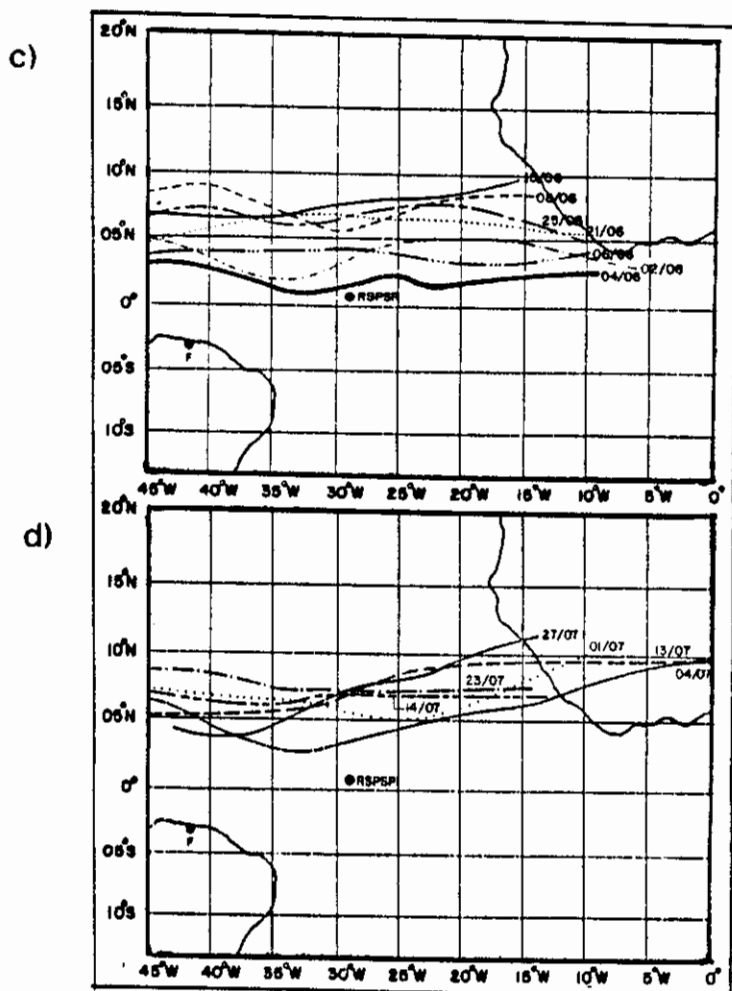


Fig. E.3 - Conclusão.



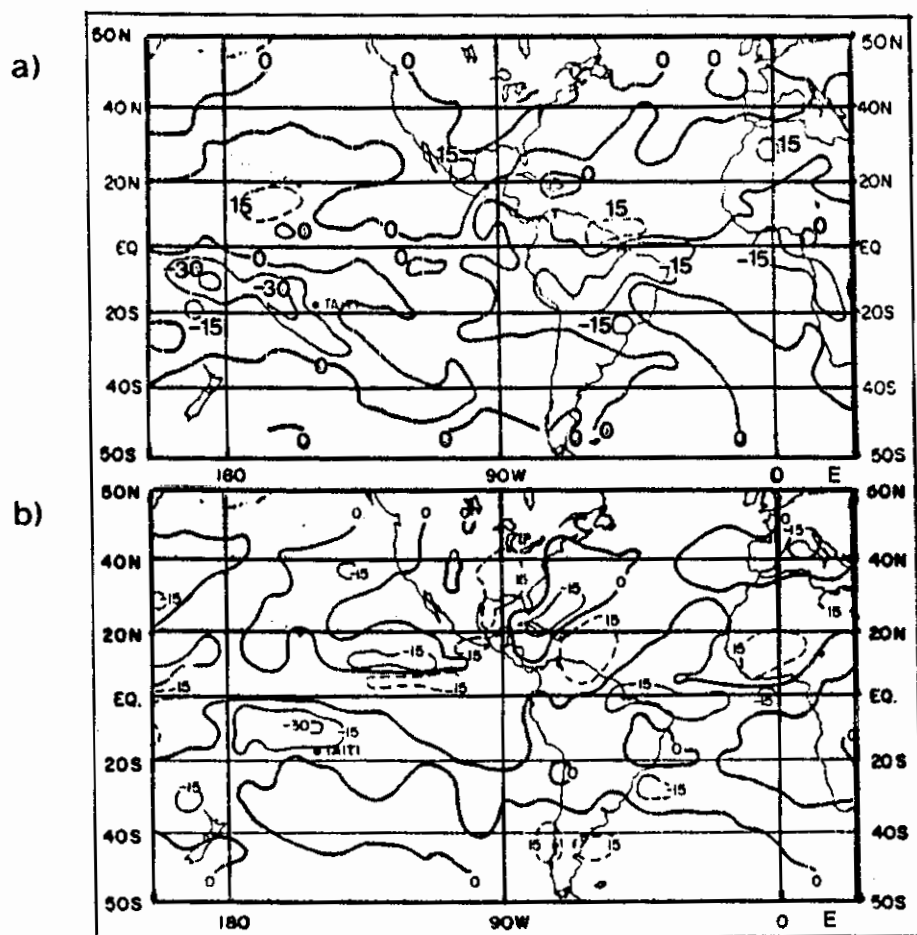


Fig. E.4 - Anomalias de ROL emitida para o espaço para:  
 a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988.  
 FONTE: Climanálise (1988).

As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base 1974-1983 (com exceção de 1978). O intervalo dos contornos é de  $15\text{W}/\text{m}^2$ . Anomalias positivas são indicadas por linhas tracejadas.

(continua)

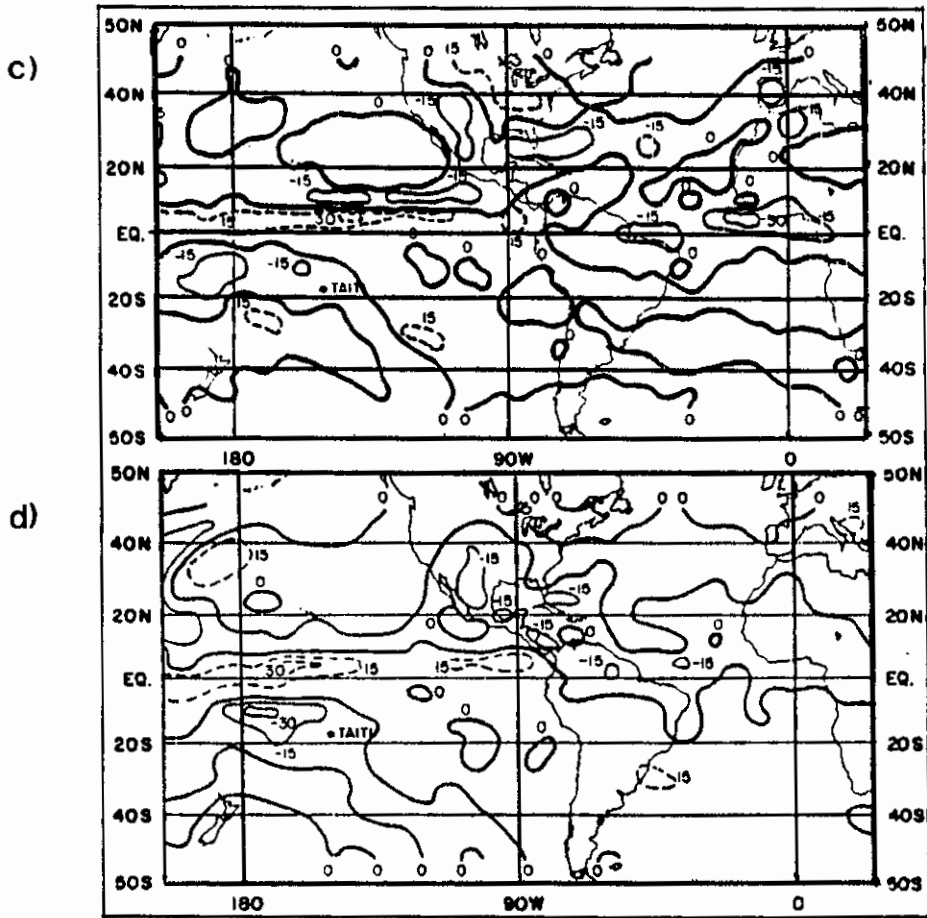


Fig. E.4 - Conclusão.

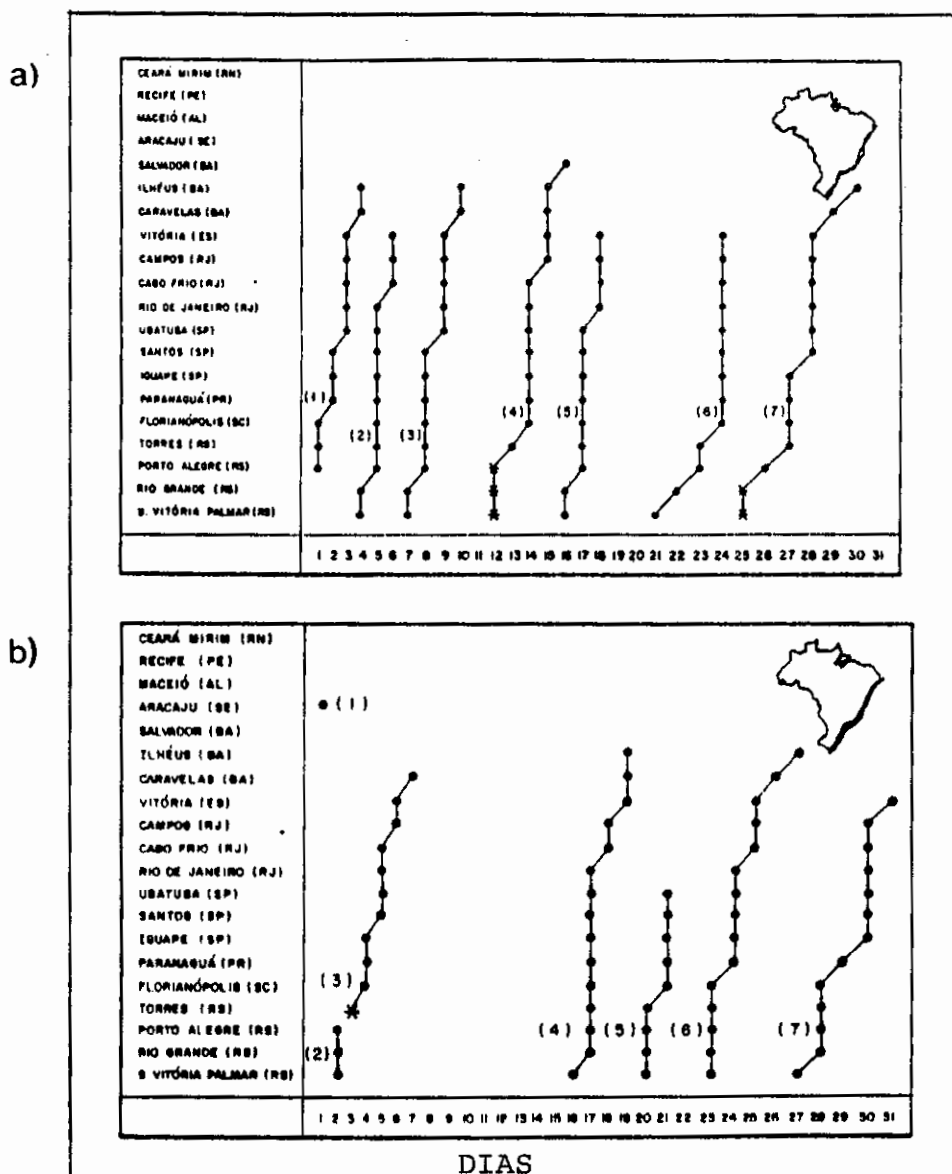


Fig. E.5 - Secção estação x tempo dos sistemas frontais que se deslocaram pelo litoral do Brasil nos meses de: (a) abril; (b) maio; (c) junho; (d) julho de 1988.

FONTE: Climanálise (1988).

(continua)

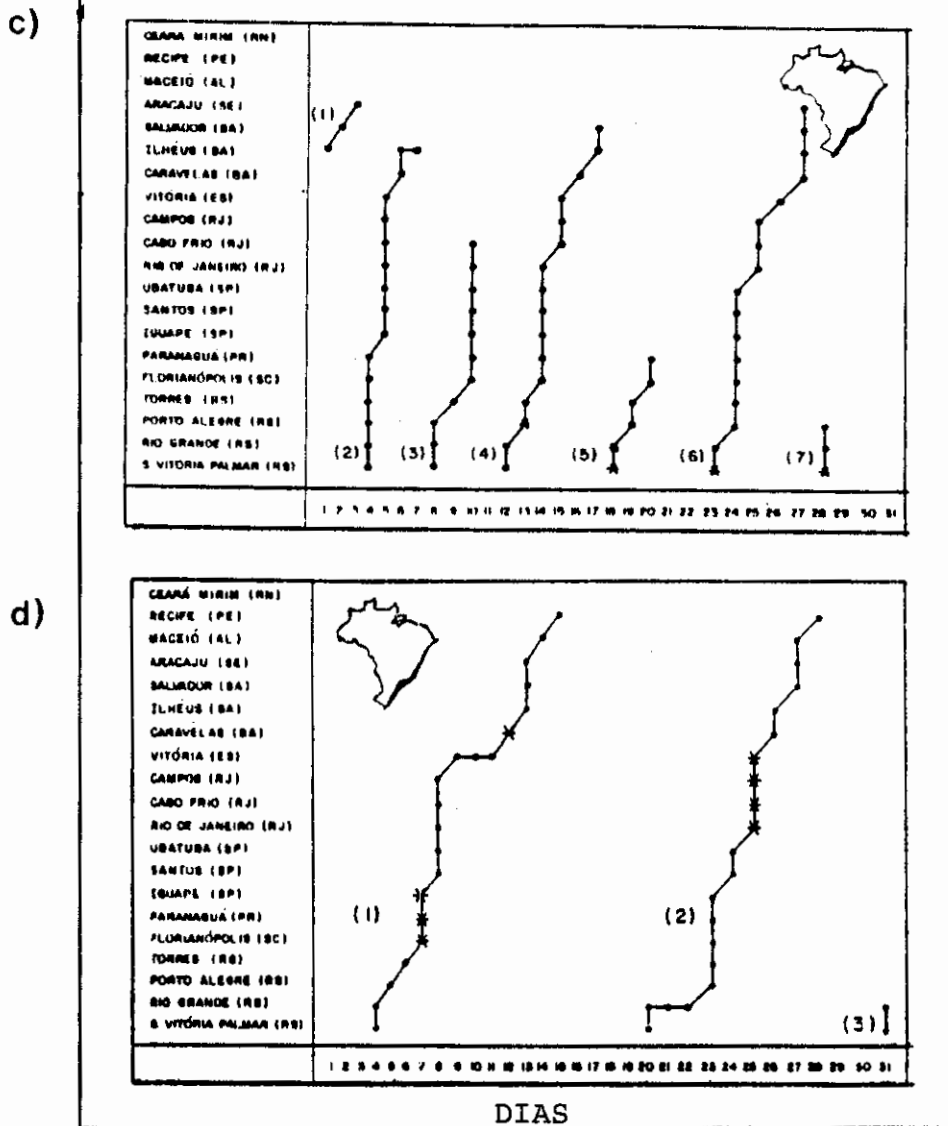


Fig. E.5 - Conclusão.

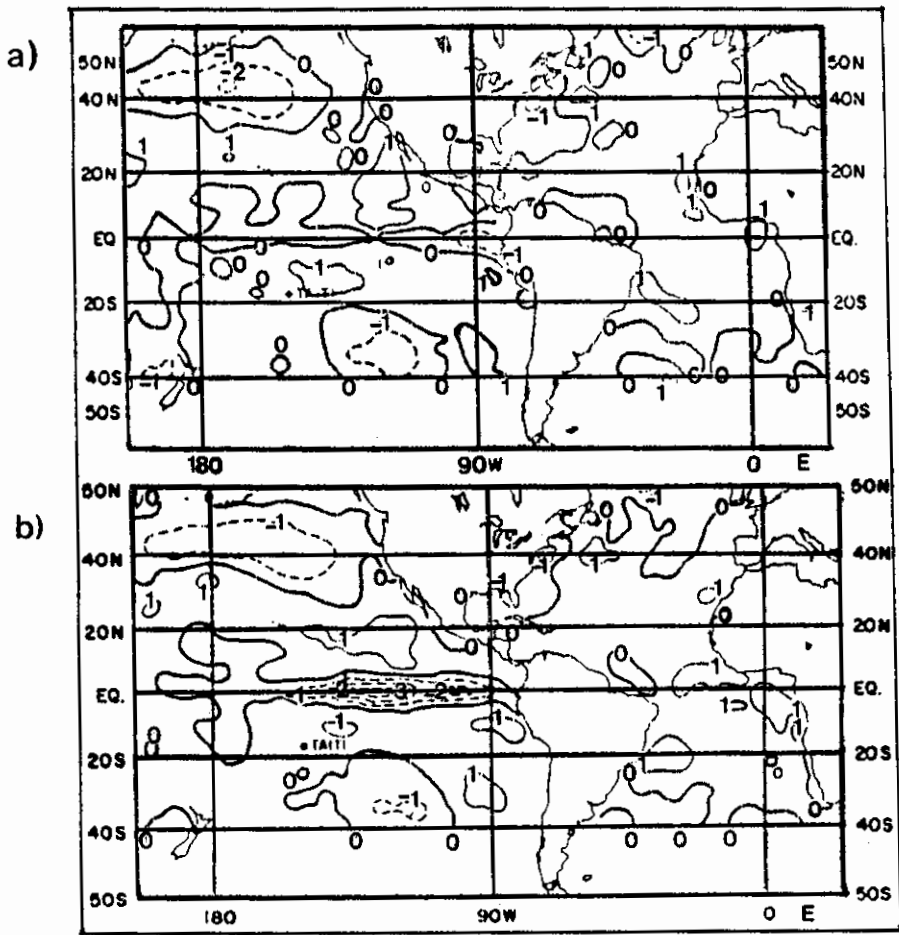


Fig. E.6 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em  $^{\circ}\text{C}$ , no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1988.

FONTE: Climanálise (1988).

(continua)

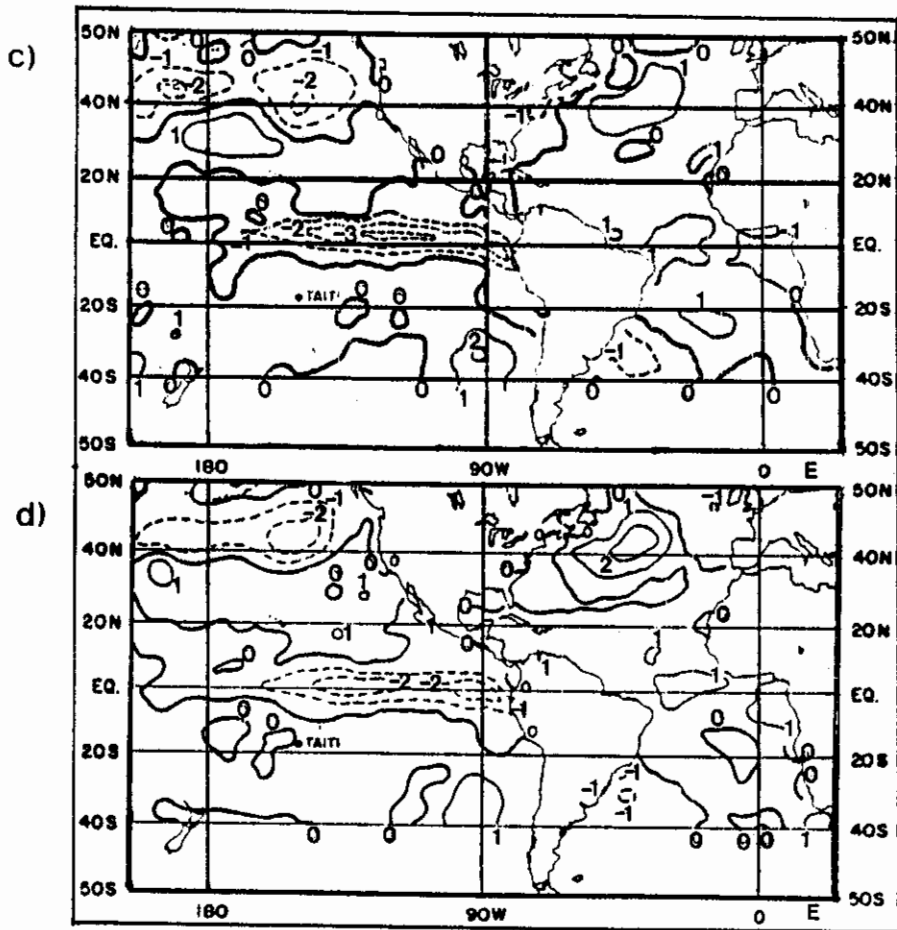


Fig. E.6 - Conclusão.

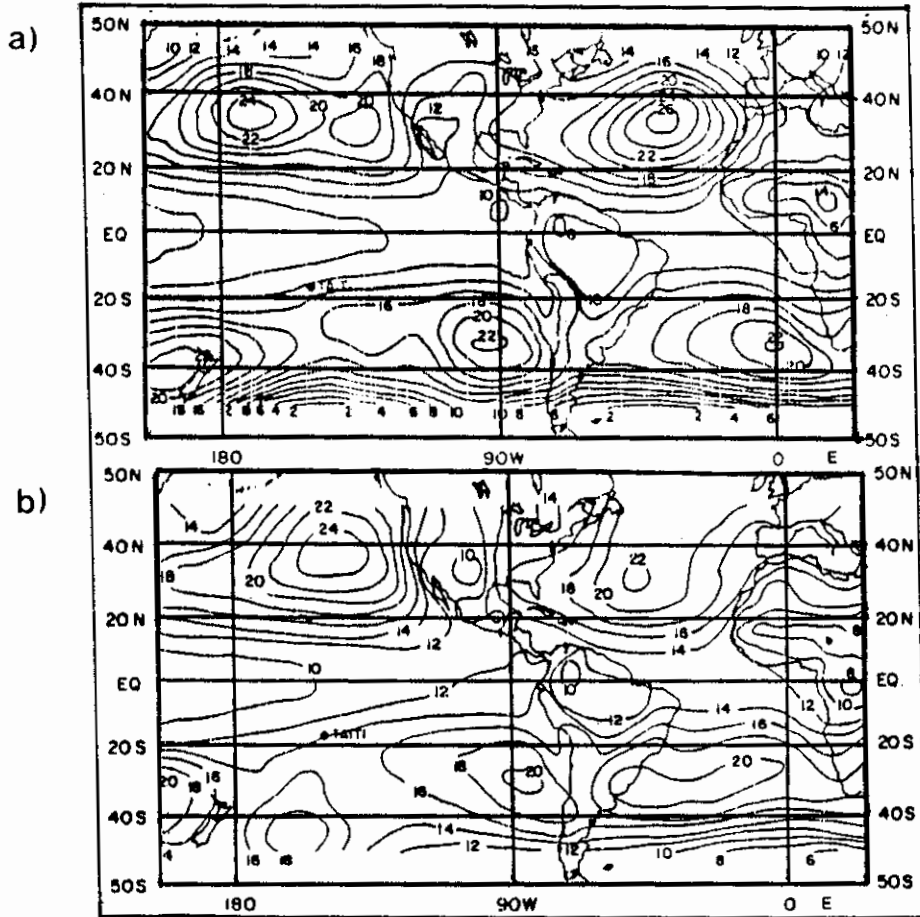
APÊNDICE FCONFIGURAÇÃO DOS CAMPOS ATMOSFÉRICOS E OCEÂNICOS  
PARA O ANO DE 1989

Fig. F.1 - Configuração do campo de PNM para: a) abril;  
b) maio; c) julho de 1989.  
FONTE: Climanálise (1989).

O intervalo entre os contornos é de 2hPa;  
1000hPa devem ser somados aos números indicados  
nos contornos.

(continua)

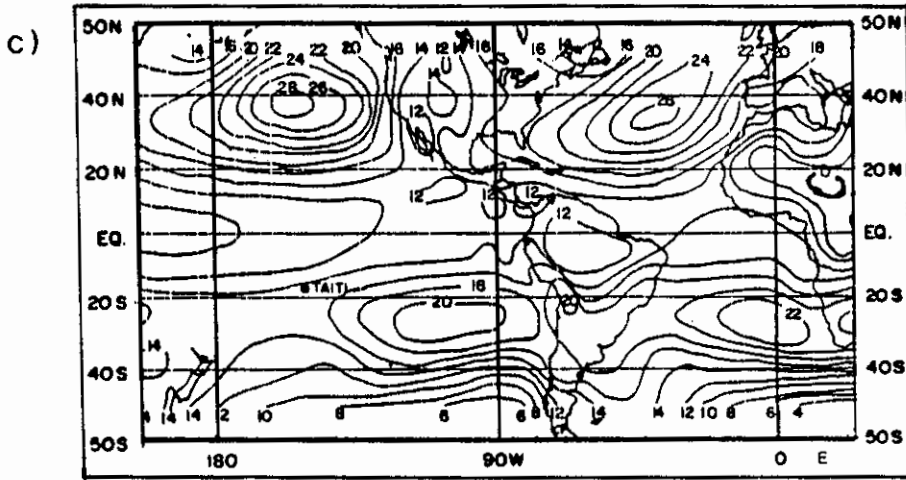


Fig. F.1 - Conclusão.



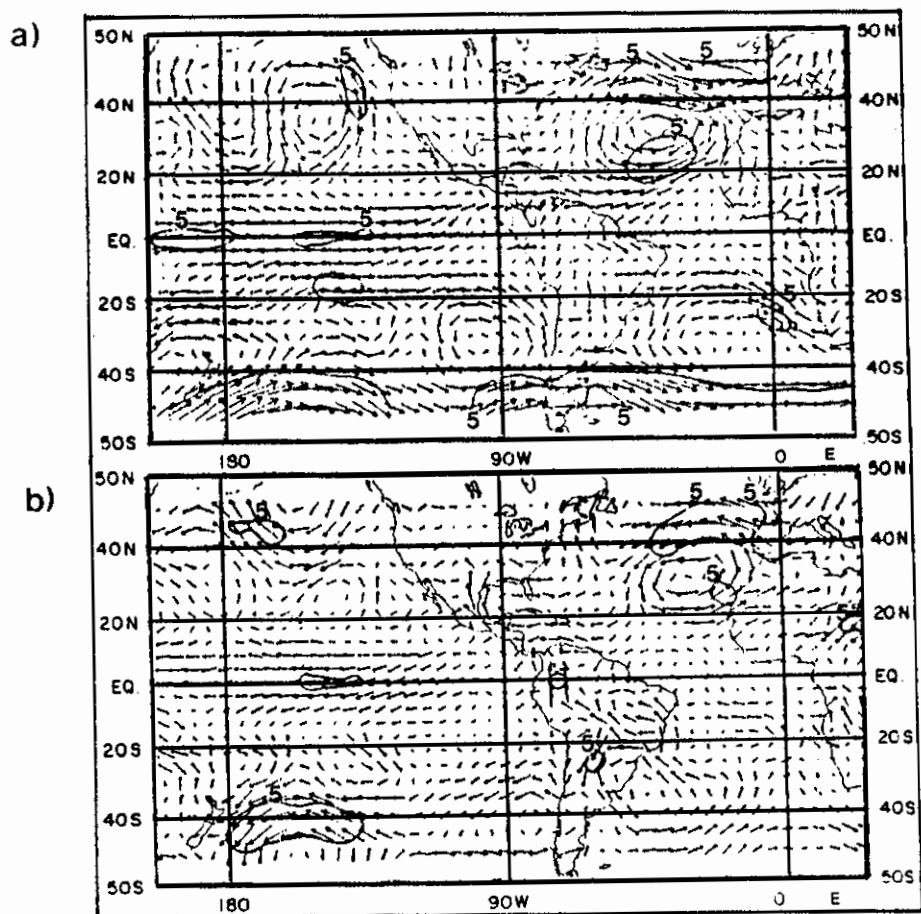


Fig. F.2 - Anomalias do vetor vento em 850hPa no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989.  
 FONTE: Climanálise (1989).

Um vetor de comprimento igual a  $5^\circ$  de longitude equivale a uma velocidade do vento de 3,25m/s. O intervalo das isotacas é de 5m/s.

(continua)

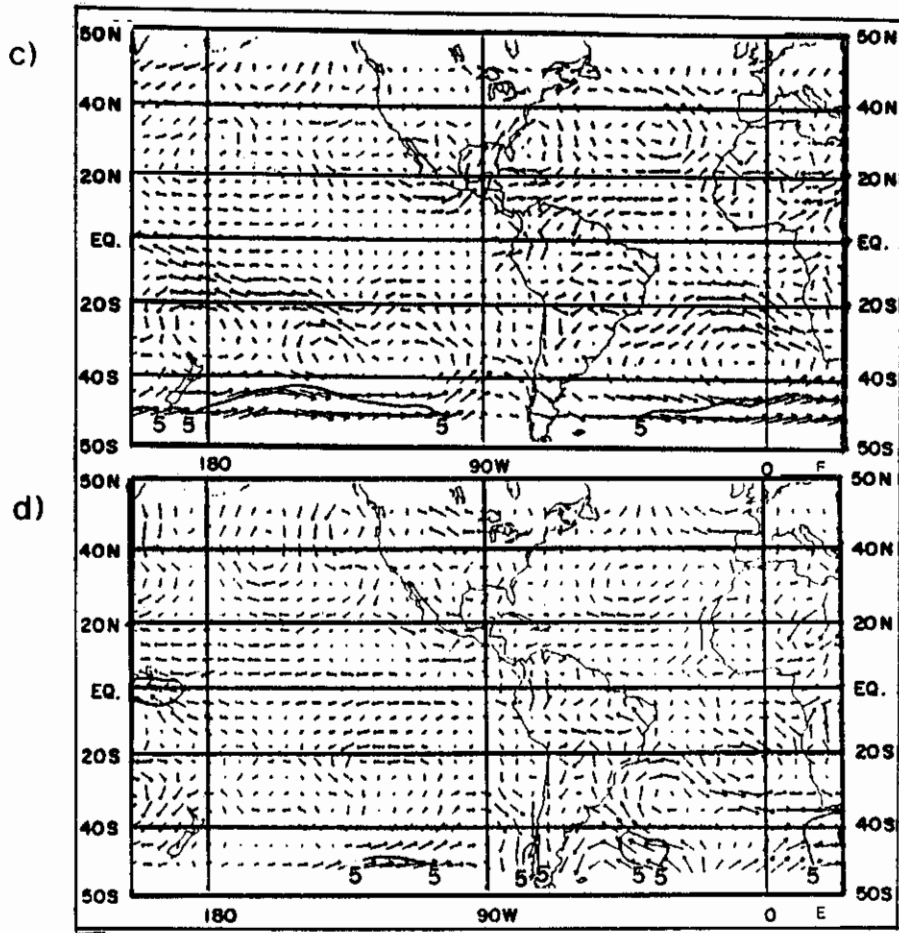


Fig. F.2 - Conclusão.

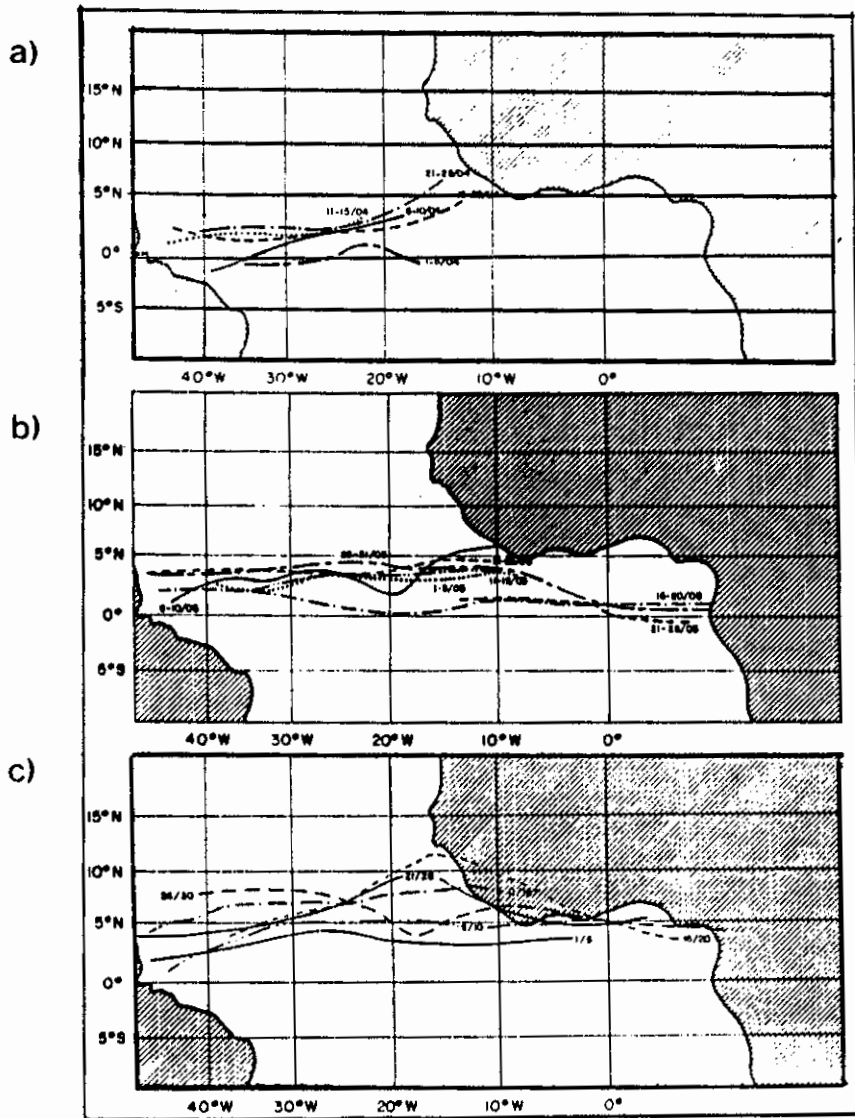


Fig. F.3 - Posição geográfica média do eixo de nebulosidade convectiva indicativo da posição da ZCIT sobre o Oceano Atlântico, de 00°W a 45°W, para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989. FONTE: Climanálise (1989).

(continua)

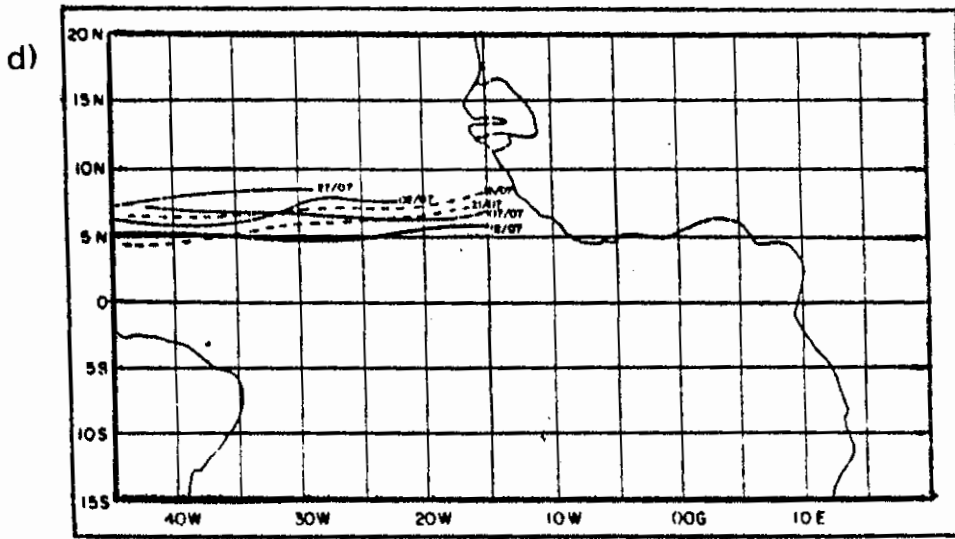


Fig. F.3 - Conclusão.

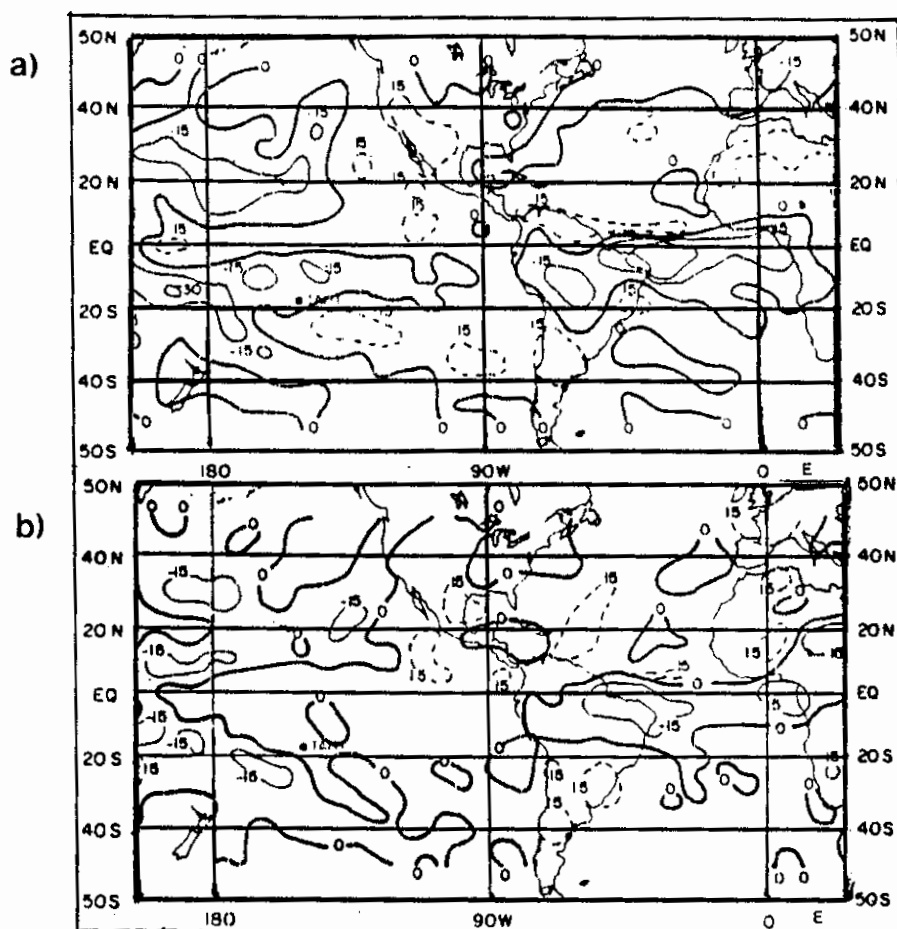


Fig. F.4 - Anomalias de ROL emitida para o espaço para:  
 a) abril b) maio; c) junho; d) julho de 1989.  
 FONTE: Climanálise (1989).

As anomalias são computadas como desvios das médias para o período base 1974-1983. (com exceção de 1978). O intervalo os contornos é de  $15\text{W/m}^2$ . Anomalias positivas são indicadas por linhas tracejadas.

(continua)

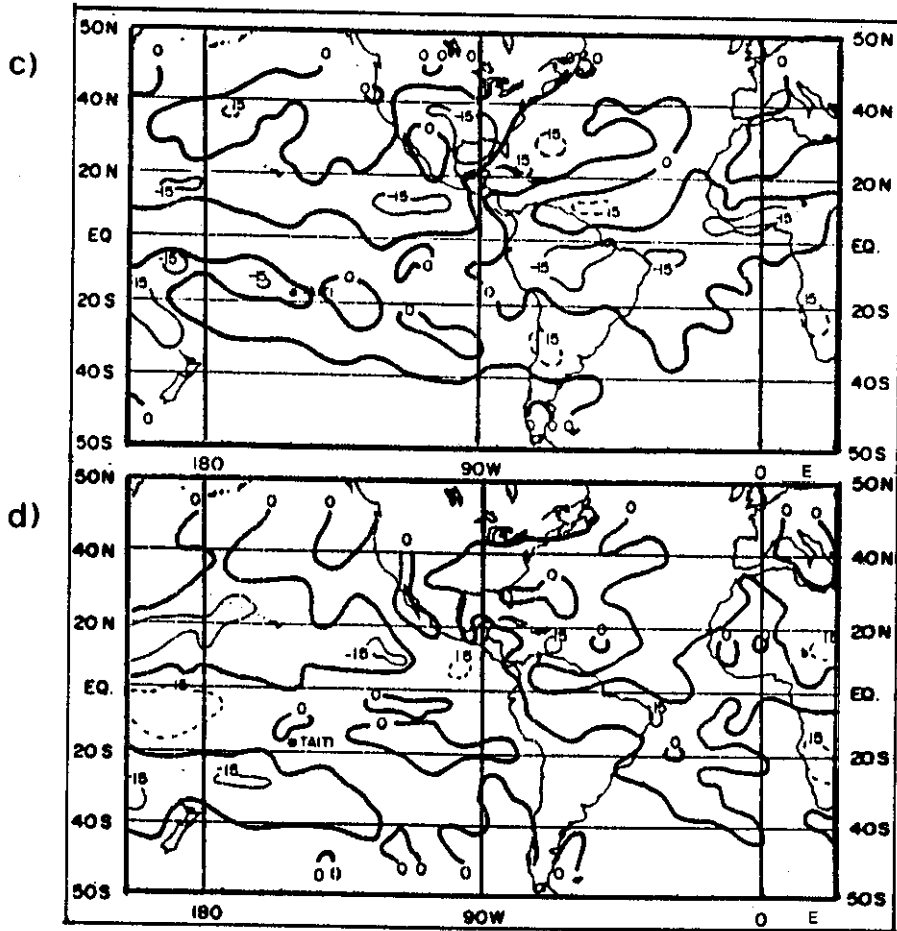


Fig. F.4 - Conclusão.

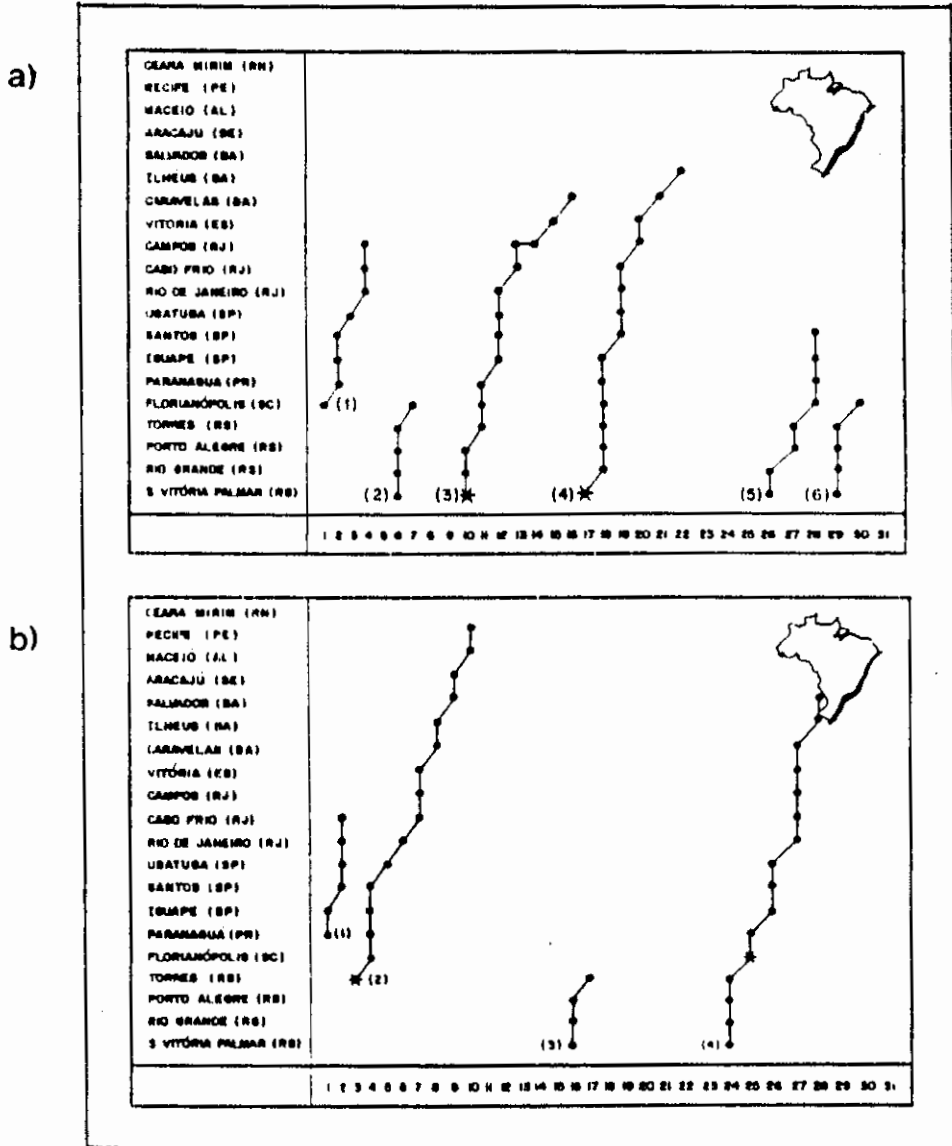
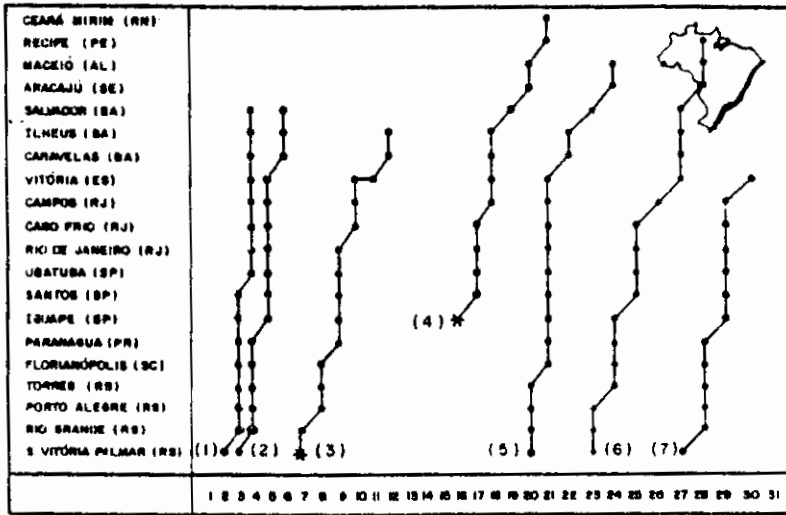


Fig. F.5 - Secção estação x tempo dos sistemas frontais que se deslocaram pelo litoral do Brasil nos meses de: (a) abril; (b) maio; (c) junho; (d) julho de 1989.

FONTE: Climanálise (1989).

(continua)

c)



d)

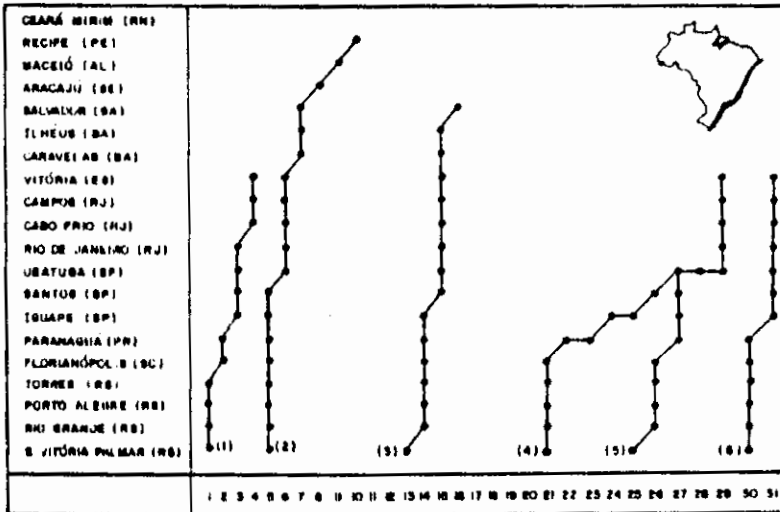


Fig. F.5 - Conclusão.



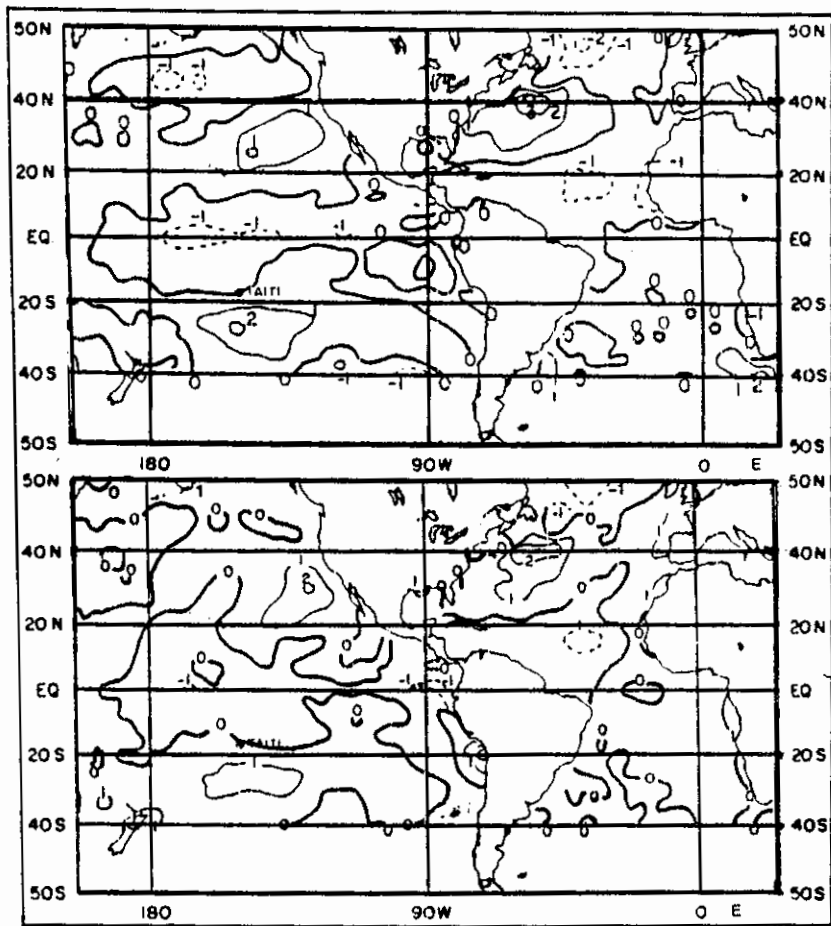


Fig. F.6 - Configuração do campo de anomalias de TSM, em  $^{\circ}\text{C}$ , no Atlântico e no Pacífico Leste Tropical para: a) abril; b) maio; c) junho; d) julho de 1989.

FONTE: Climanálise (1989).

(continua)

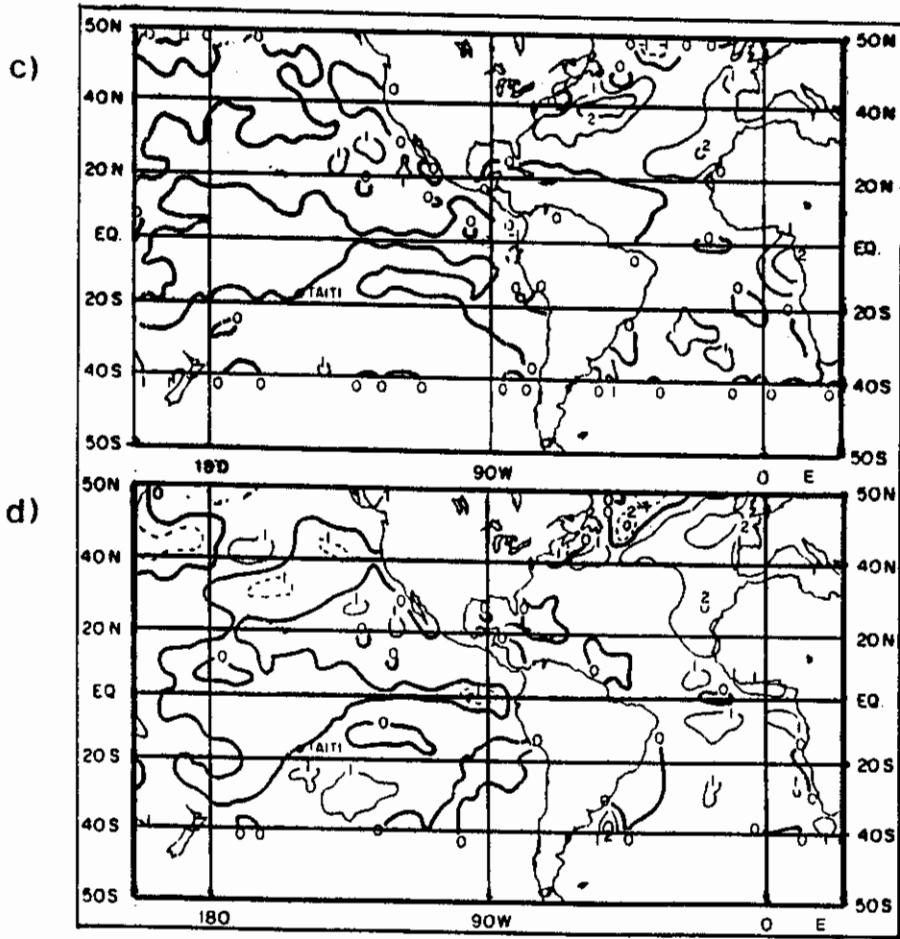


Fig. F.6 - Conclusão.