

CONTRIBUIÇÕES

A PRECIPITAÇÃO DA PRÉ-ESTAÇÃO E A PREVISIBILIDADE DA ESTAÇÃO CHUVOSA DO NORTE DO NORDESTE

José Ivaldo Barbosa de Brito e Carlos Afonso Nobre

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC
Instituto de Pesquisa Espaciais - INPE
12201 São José dos Campos - SP

Antonio Ribeiro Zaranza

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME
60000 Fortaleza - CE

RESUMO

Neste trabalho, investigou-se a precipitação da pré-estação chuvosa (outubro-janeiro) do norte do Nordeste. Verificou-se que esta precipitação apresentou correlações estatisticamente significativas com as posições latitudinais da ZCIT e da Zona de Confluência dos Ventos Alísios e com o campo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Tropical. Também encontrou-se uma associação entre as precipitações da pré-estação do norte do Nordeste e as da estação chuvosa do sul do Nordeste. Baseado nas altas correlações observadas entre as precipitações da pré-estação e aquelas da estação chuvosa do norte do Nordeste, desenvolveu-se um modelo estatístico simples para prever o índice de anomalia de precipitação da estação chuvosa do norte do Nordeste. Este modelo utiliza como variável preditora a precipitação ocorrida durante a pré-estação.

ABSTRACT

Correlation analyses of northern Northeast Brazil pre-seasonal (October-January) rainfall show the existence of statistically significant values with the latitudinal positions of the ITCZ and trade wind confluence axis and also with SST anomalies in the Tropical Atlantic Ocean. It was also found an association between northern Northeast pre-seasonal rainfall and the southern Northeast seasonal rainfall. Based on the highly correlated northern Northeast pre-seasonal and seasonal rainfall, a simple prediction scheme for the seasonal rainfall anomalies was developed. In this model, the predictor variable is the pre-seasonal rainfall.

1. INTRODUÇÃO

A previsão de anomalias de precipitação na estação chuvosa da região semi-árida do Nordeste é um dos maiores desafios da meteorologia brasileira. Apesar das tentativas feitas desde o início do século, até a década de cinquenta muitos dos métodos de previsão utilizados pelos diversos pesquisadores se confundiam com as crenças populares, salvo poucas exceções como Walker (1928).

Naquela década, alguns pesquisadores (Ferraz, 1950 e Serra, 1956) desenvolveram métodos de previsão para o semi-árido do Nordeste, com confiabilidade maior do que aqueles desenvolvidos até então. Entretanto, estes pesquisadores ressaltavam a pouca confiabilidade dos seus métodos de previsão.

Recentemente, alguns estudiosos do assunto (Hastenrath et al, 1984, Ward et al., 1989 e Hastenrath, 1990) desenvolveram modelos de previsão de precipitação para estação chuvosa do norte do Nordeste.

O método desenvolvido por Hastenrath et al. (1984) utiliza a técnica de regressão múltipla e tem como objetivo prever um índice de anomalia de precipitação para o período de março a setembro para o semi-árido norte do Nordeste, usando como variáveis preditoras as anomalias de pressão ao nível do mar, anomalias de vento zonal e meridional na superfície do mar, anomalias da temperatura na superfície do mar (TSM) em algumas áreas no Oceano Atlântico Tropical e anomalias de precipitação ocorrida na pré-estação chuvosa no norte do Nordeste, além do Índice de Oscilação Sul.

Ward et al. (1989) utilizaram um modelo de análise múltipla discriminante para prever anomalias de precipitação em 5 níveis (categorias) no norte do Nordeste para o período de março a maio, utilizando como variáveis preditoras as anomalias das TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico, derivadas a partir das três Funções Ortogonais Empíricas (EOF) mais significativas. Inicialmente, a previsão é feita com dados de TSM até janeiro; a seguir é atualizada usando dados de TSM até fevereiro. Porém, vale ressaltar que em muitos anos a estação chuvosa no norte do Nordeste começa em fevereiro.

Um dos objetivos deste artigo é descrever o resultado de recentes esforços empreendidos no INPE e na FUNCEME para o estabelecimento de um sistema de monitoramento da precipitação mensal em tempo quase real. A partir deste monitoramento computam-se índices de anomalia de precipitação para o semi-árido norte do Nordeste, tanto para estação chuvosa (fevereiro a maio) como para pré-estação chuvosa (outubro a janeiro). Para tanto, foram selecionados sessenta e seis postos pluviométricos espacialmente distribuídos na parte norte do Nordeste que abrange a parte central e norte do Piauí; o Estado do Ceará, o oeste dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, e o centro-norte da Bahia.

Os índices de anomalias de precipitação computados neste trabalho são similares aos utilizados por Hastenrath e Heller (1977). As diferenças residem em dois aspectos: (i) a área utilizada abrange todo semi-árido norte do Nordeste; (ii) a série é contínua de 1920 até o presente e este índice é atualizado mensalmente.

A partir dos índices de anomalias de precipitação, é proposto um modelo estatístico de previsão das anomalias de precipitação no semi-árido norte do Nordeste. Este método inspira-se nos modelos estatísticos desenvolvidos por Hastenrath (1990), e utiliza como variável independente (preditora) apenas o índice de anomalia de precipitação da pré-estação chuvosa.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os totais mensais de precipitação de 1925 a 1980, de sessenta e seis postos pluviométricos espacialmente distribuídos no semi-árido norte do Nordeste e de vinte e oito postos espacialmente distribuídos no sul do Nordeste, foram fornecidos pelo Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), enquanto os de 1981 a 1990 no norte do Nordeste foram fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). As lacunas existentes foram preenchidas com os dados de precipitação compilados pela SUDENE (SUDENE, 1990).

Os dados de precipitação oriundos do DNAEE utilizados neste artigo foram inicialmente verificados e consistidos por Nobre, et al. (1989). Este tratamento seguiu os seguintes passos:

1) Os totais mensais de precipitação de um determinado posto, que estavam fora do intervalo da média mais ou menos dez desvios padrões, foram rejeitados.

2) Os totais mensais de precipitação de um determinado posto, que estavam fora do intervalo da média mais ou menos quatro desvios padrões, eram aceitos se 50% ou mais das localidades dentro da quadrícula de 1° de longitude X 1° de latitude, onde estava localizado o posto, apresentassem valores de totais mensais de precipitação fora do intervalo da média mais ou menos três desvios padrões; em caso contrário, os dados eram rejeitados.

3) Os totais mensais de precipitação de um determinado posto, que estavam dentro do intervalo da média mais ou menos quatro desvios padrões, eram aceitos.

Como o método de tratamento de dados utilizado por Nobre et al. (1989) não era infalível, uma rigorosa inspeção dos dados dos 66 postos pluviométricos do norte do Nordeste e dos 28 postos do sul do Nordeste foi efetuada e os dados de precipitação considerados incorretos foram eliminados.

Finalmente, algumas das lacunas existentes devido à eliminação dos dados e aquelas já existentes nos dados originais do DNAEE e FUNCEME foram preenchidas com os dados de precipitação do Nordeste compilados pela SUDENE (1990).

A escolha dos sessenta e seis postos pluviométricos obedeceu aos seguintes critérios:

1) a distribuição espacial deveria cobrir todo o semi-árido norte do Nordeste;

2) o registro histórico deveria ser longo e sem quebra de continuidade dos dados.

3) deveria haver facilidade de comunicação para possibilitar a contínua atualização das séries.

Após a escolha dos postos pluviométricos e do tratamento dos dados, foram calculados índices de desvios padronizados de precipitação para:

a) estação chuvosa (fevereiro a maio) do norte do Nordeste;

b) pré-estação chuvosa (outubro a janeiro) do norte do Nordeste; e,

c) parte da estação chuvosa (outubro a janeiro) do sul do Nordeste.

Estes índices são expressos (e.g. Hastenrath e Heller, 1977) por:

$$I_j = (I_{j,1} + I_{j,2} + \dots + I_{j,N})/N, \quad (1a)$$

ou na forma percentual,

$$I_{j\%} = (I_{j\%,1} + I_{j\%,2} + \dots + I_{j\%,N})/N, \quad (1b)$$

sendo que:

$$I_{j,i} = (P_{j,i} - P_i)/S_i, \quad (2a)$$

ou na forma percentual

$$I_{j\%,i} = (P_{j,i} - P_i)/P_i \times 100, \quad (2b)$$

onde $I_{j,i}$ ($I_{j\%,i}$) é o desvio padronizado (desvio percentual) da precipitação da estação ou pré-estação chuvosa no ano j do posto i ; $P_{j,i}$ é a precipitação ocorrida na estação ou pré-estação chuvosa no ano j do posto i ; P_i é a precipitação média climatológica da estação ou pré-estação chuvosa do posto i ; S_i é o desvio padrão da precipitação da estação ou pré-estação do posto i ; I_j ($I_{j\%}$) é o índice padronizado (percentual) de anomalia da precipitação na estação ou pré-estação chuvosa do ano j ; e N é o número de postos utilizados.

Para o norte do Nordeste foram construídos quatro índices de anomalia de precipitação; cada um deles correspondeu a seguinte distribuição espacial:

a) Índice de anomalia de precipitação para a estação e a pré-estação chuvosa, usando sessenta e seis postos pluviométricos, que abrangem a parte central e norte do Piauí, todo Estado do Ceará, o oeste dos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, e o centro-norte da Bahia, como mostra a Figura 1.

b) Índice de anomalia de precipitação para a estação e a pré-estação chuvosa, usando 56 postos pluviométricos (foram excluídos os nove postos da Bahia e o posto de Alagoas).

c) Índice de anomalia de precipitação para a estação e a pré-estação chuvosa, usando 54 postos pluviométricos (foram excluídos os doze postos do Piauí).

d) Índice de anomalia de precipitação para a estação e a pré-estação chuvosa, usando 44 postos pluviométricos (foram excluídos os doze postos do Piauí, os nove da Bahia e o de Alagoas).

Observou-se que os índices de anomalia mostraram-se pouco sensíveis à mudança da distribuição espacial. As maiores discrepâncias verificadas, como era de esperar, foram entre os índices calculados para toda área (usando os 66 postos pluviométricos) e aqueles calculados para a menor área (usando 44 postos pluviométricos) para poucos anos, como mostra a Seção 3.1.

Coefficientes de correlação entre os diversos índices foram calculados, e um modelo estatístico simples de previsão da anomalia de precipitação para a estação chuvosa do semi-árido norte do Nordeste foi desenvolvido a partir do índice dos 66 postos pluviométricos.

O modelo proposto utiliza o método de regressão linear para calcular um índice de anomalia de precipitação no norte do Nordeste para o período de fevereiro a maio, em função (variável independente) do índice das chuvas ocorridas na pré-estação. A previsão é feita em duas etapas, a saber: na primeira, a previsão é efetuada utilizando como variável preditora o índice das chuvas ocorridas de outubro a dezembro; na segunda, a previsão é atualizada após o cálculo do índice de precipitação de outubro a janeiro.

3. RESULTADOS

3.1 ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO

As Figuras 2 a, b, e c mostram os índices padronizados de anomalias de precipitação, calculados conforme a Equação 1, para a estação chuvosa (fevereiro a maio) e pré-estação chuvosa (outubro a janeiro) do norte do Nordeste e para parte da estação chuvosa do sul do Nordeste (outubro a janeiro), respectivamente. Foram utilizados os dados dos 66 postos pluviométricos para o norte do Nordeste e os de 28 postos para o sul do Nordeste, como mostra a Figura 1. No Apêndice A são mostrados os diversos índices de precipitação para o Nordeste do Brasil.

Observou-se que os índices de anomalia eram pouco sensíveis à mudança da distribuição espacial, pois as maiores discrepâncias verificaram-se entre os índices calculados para toda área do norte do Nordeste (usando 66 postos pluviométricos, como mostra a Figura 1) e os calculados para menor área que abrange o Estado do Ceará e o oeste de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte (usando 44 postos pluviométricos, como mostrado na seção 2) para poucos anos, como mostra a Tabela 1 (exceto um único caso, 1921/22, para o índice da pré-estação chuvosa).

Como pode ser observado na Tabela 1, mesmo para os anos onde ocorreram as maiores discrepâncias, os índices de anomalias apontam na mesma direção, as discrepâncias foram apenas nas magnitudes dos índices

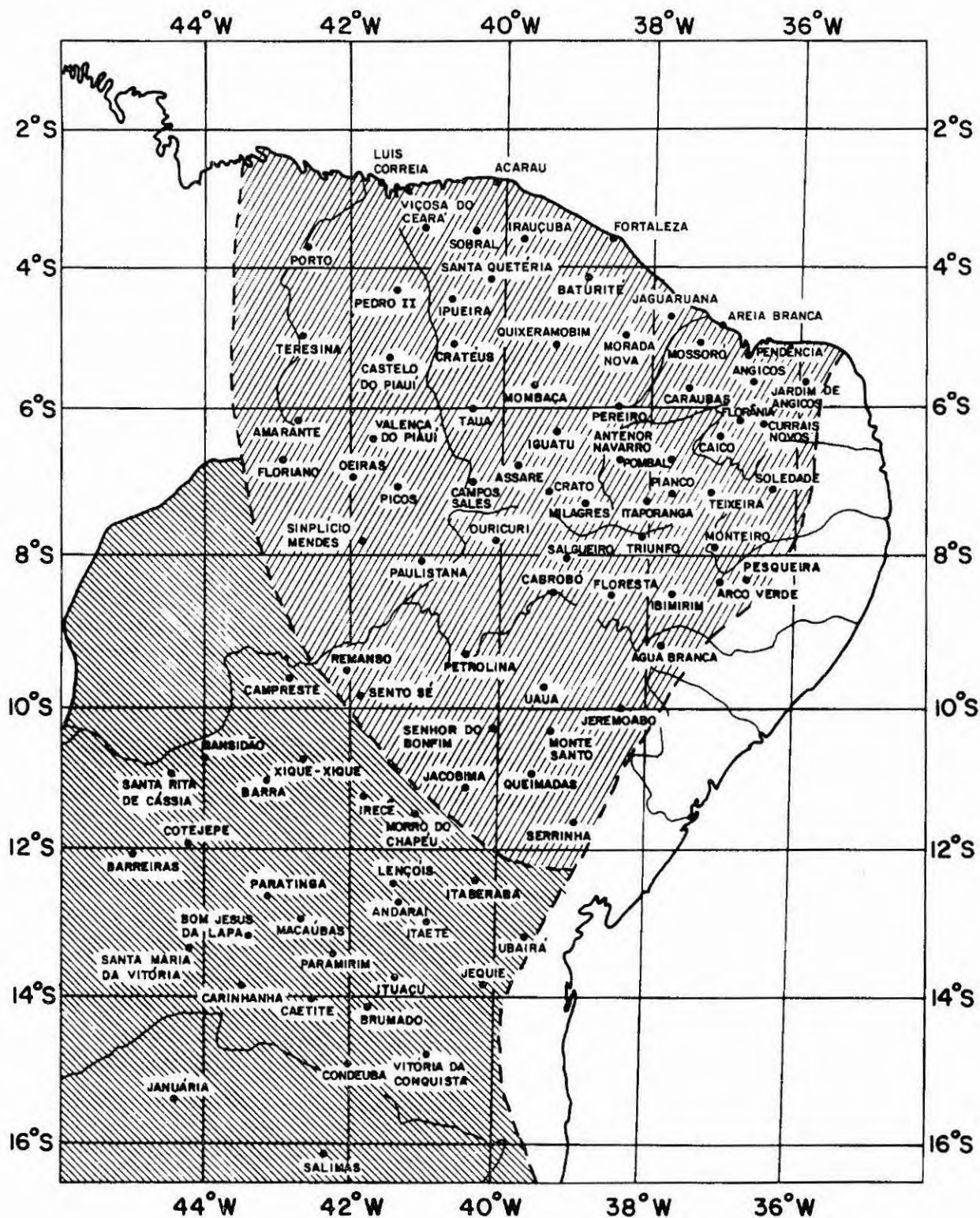


FIGURA 1 - Distribuição espacial dos 66 postos do norte do Nordeste e dos 28 postos do sul do Nordeste.

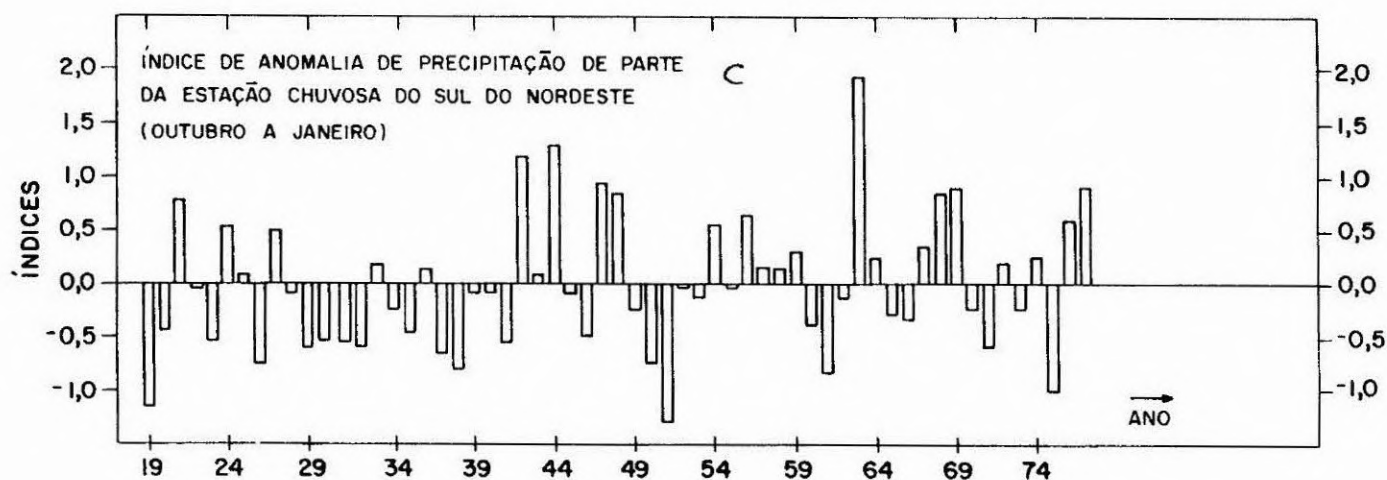
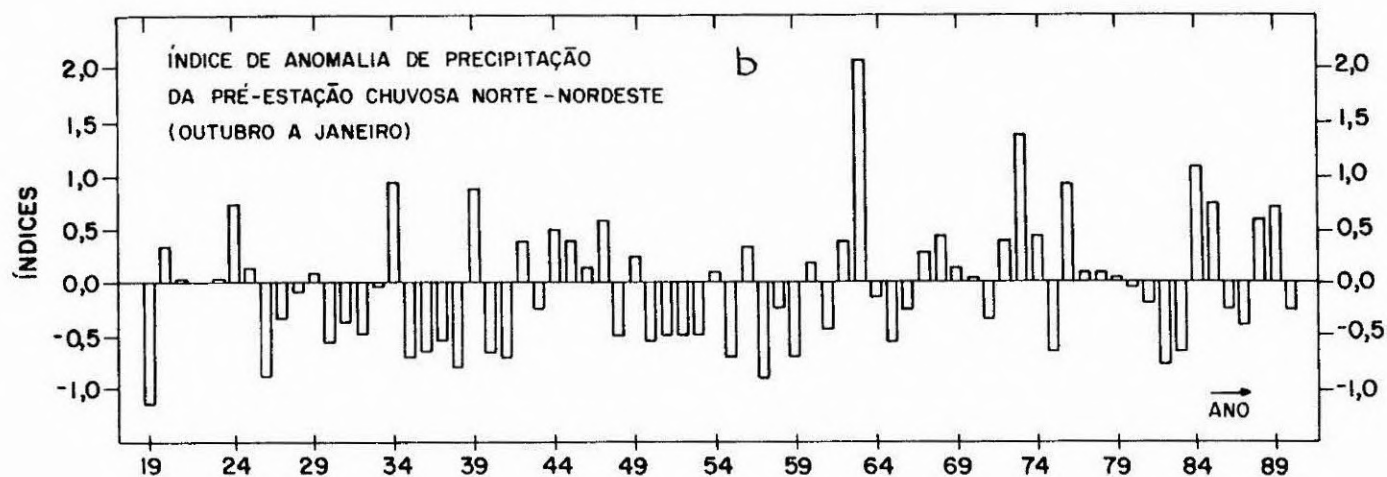
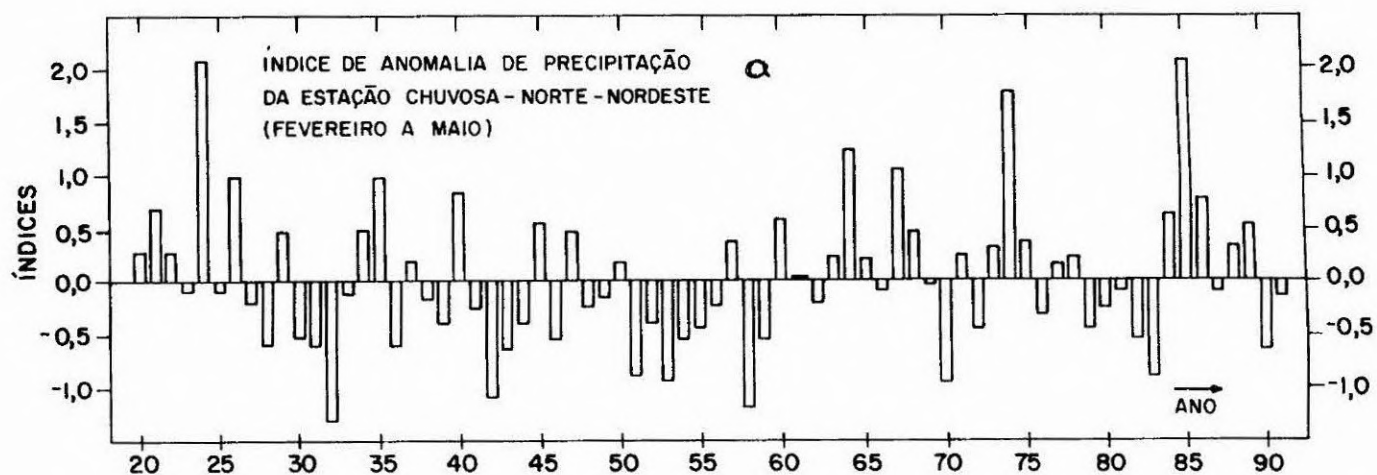


FIGURA 2.a) - Índice de precipitação para estação chuvosa do norte do Nordeste; b) índice de precipitação para pré-estação chuvosa do norte do Nordeste; c) índice de precipitação para o sul do Nordeste.

(exceto um único caso, 1921/22, para o índice da pré-estação chuvosa).

TABELA 1

ÍNDICES DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A ESTAÇÃO E PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA PARA OS ANOS QUE APRESENTARAM AS MAIORES DISCREPÂNCIAS

Estação Chuvosa			Pré-estação Chuvosa		
Área			Área		
Ano	66 postos	44 postos	Ano	66 postos	44 postos
1921	0,69	0,96	1921/22	0,04	-0,25
1926	1,05	0,79	1927/28	-0,36	-0,58
1930	-0,52	-0,88	1932/33	-0,48	-0,23
1957	0,40	0,18	1936/37	-0,63	-0,85
1960	0,58	0,17	1945/46	0,42	0,66
1966	-0,08	-0,38	1946/47	0,14	0,42
1980	-0,23	-0,48	1956/57	0,33	0,09
			1959/60	-0,62	-0,89
			1968/69	0,47	0,18
			1973/74	1,42	1,72

Coefficientes de correlação foram calculados entre os índices de anomalias de precipitação da estação chuvosa e da pré-chuvosa do norte do Nordeste e de parte da estação chuvosa do sul do Nordeste. Estes coeficientes de correlação são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA (IN) E PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA (IPRÉ-N) DO NORTE DO NORDESTE E DA ESTAÇÃO CHUVOSA DO SUL DO NORDESTE (IS)

Período	IS X IPRÉ-N	IS X IN	IN X IPRÉ-N
1925-1978	0,56**	0,15	0,56**
1930-1978	0,56**	0,24	0,63**
1935-1978	0,55**	0,19	0,64**
1945-1978	0,57**	0,20	0,64**

* Significativo ao nível de 95%.

** Significativo ao nível de 99%.

Observa-se na Tabela 2 que existem correlações estatisticamente diferentes de 0, pois o teste só permite dizer se é diferente de 0; não dá nenhuma informação sobre intensidade ao nível de 99% entre o total de precipitação ocorrido no norte do Nordeste durante a pré-estação chuvosa (outubro a janeiro) e o total ocorrido na mesma região durante a estação chuvosa, independente do período de tempo utilizado. No Apêndice B são mostrados os coeficientes de correlação entre o total de precipitação da pré-estação

chuvosa e da estação chuvosa para as diversas áreas utilizadas.

Os coeficientes de correlação entre as precipitações da estação chuvosa do sul do Nordeste e a da pré-estação chuvosa no norte do Nordeste também são mostrados na Tabela 2. Verifica-se que existem correlações significativas ao nível de 99% entre a precipitação ocorrida na pré-estação chuvosa do norte do Nordeste e a ocorrida na estação chuvosa do sul do Nordeste, independentemente do período de tempo utilizado. Por outro lado, observou-se uma diminuição nos coeficientes de correlação de 0,56 para 0,43 quando os postos do Estado da Bahia e Alagoas foram retirados (Apêndice B).

A Tabela 2 mostra ainda os coeficientes de correlação entre as precipitações da estação chuvosa do sul do Nordeste (outubro a janeiro) e as da estação chuvosa do norte do Nordeste (fevereiro a maio). Verifica-se que estes coeficientes são pequenos e, além disso, observa-se grande variabilidade nos coeficientes quando se faz uma variação temporal.

Verificou-se a possível existência de correlações estatisticamente significativas entre as precipitações da estação chuvosa do norte do Nordeste e as precipitações de alguma sub-região do sul do Nordeste. Para tanto, computaram-se as correlações entre IN e as séries temporais para cada um dos 28 postos do sul do Nordeste. Os valores dos coeficientes de correlação foram, em geral, baixos e variaram bastante quando o período de tempo utilizado era modificado.

3.2 A ZCIT E AS CHUVAS DA PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA

Procurou-se encontrar uma razão para as altas correlações entre as precipitações ocorridas na pré-estação e na estação chuvosa do norte do Nordeste. Uma das possibilidades seria que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), no Oceano Atlântico Tropical, estivesse durante a pré-estação em posições mais ao sul (ao norte) de sua posição média e que, portanto, poderia criar condições favoráveis (desfavoráveis) para a precipitação durante a pré-estação. Para tanto, calcularam-se as correlações entre as séries temporais do índice de anomalia de precipitação da pré-estação, IPRÉ-N, (índice de anomalia da precipitação ocorrida de outubro a janeiro) e os desvios da posição média latitudinal da ZCIT e da posição média latitudinal da Zona de Confluência dos ventos alísios (ZCfA), ambos em 40°W e para cada mês de agosto a janeiro e para o período de outubro a janeiro. Os dados da posição tanto da ZCIT quanto da ZCfA são para o período de 1971 a 1987 e foram descritos por Uvo e Nobre (1989). Os coeficientes de correlações lineares encontrados entre os desvios das posição média da ZCIT e da ZCfA são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO DA PRÉ-ESTAÇÃO (TOTAL DE OUTUBRO A JANEIRO E DESVIOS MENSIS DE AGOSTO A JANEIRO E POSIÇÕES DE OUTUBRO A JANEIRO DAS POSIÇÕES MÉDIAS LATITUDINAIS EM 40°W DA ZCIT E DA ZCfA

IPRÉ-N X ZCIT	IPRÉ-N X ZCfA	
Agosto	0,01	-0,54*
Setembro	-0,07	-0,28
Outubro	-0,57	-0,26
Novembro	-0,17	-0,21
Dezembro	-0,43	-0,29
Janeiro	-0,42	-0,56*
Outubro-Janeiro	-0,62	-0,51

* Significativo ao nível de 95%.

Pela Tabela 3 observa-se que existem correlações significativas ao nível de 95% entre os desvios da posição média latitudinal da ZCIT em outubro e o índice da pré-estação, e entre os desvios da posição média latitudinal de outubro a janeiro da ZCIT e o índice da pré-estação. Para os desvios da posição média latitudinal da ZCIT nos demais meses não se observa correlação altamente significativa. Por outro lado, verifica-se a existência de correlações significativas ao nível de 95% entre os desvios da posição média latitudinal da ZCfA nos meses de agosto e janeiro, e o índice de anomalia de precipitação da pré-estação.

Como o número de anos utilizado nesses cálculos de correlação (17 anos) foi relativamente pequeno, os resultados da posição média da ZCIT de outubro a janeiro são mais representativos, uma vez que há grande variabilidade mês a mês na posição da ZCIT. A posição média da ZCIT de outubro a janeiro apresenta uma correlação significativa ao nível de 95% com a precipitação da pré-estação, o que possivelmente mostra uma certa ligação entre a chuva da pré-estação e a posição da ZCIT. Vale ressaltar que de outubro a janeiro a zona de nebulosidade e precipitação convectiva associada à ZCIT encontra-se ainda no Hemisfério Norte, bem distante da costa norte do Nordeste. Portanto, qualquer ligação que possa existir entre a posição da ZCIT e as chuvas da pré-estação deve se manifestar de modo indireto.

Vale salientar uma vez mais que o período de dados da posição da ZCIT é muito curto e qualquer conclusão sobre o efeito da ZCIT na precipitação da pré-estação deve ser visto como preliminar, possivelmente esta correlação pode ter ocorrido devido ao pequeno número de anos utilizados.

Também foram calculados coeficientes de correlação entre a posição da ZCIT e a precipitação da estação chuvosa do sul do Nordeste. Porém, as correlações não foram estatisticamente significativas. A melhor correlação encontrada foi -0,19 entre a posição

média latitudinal de outubro a janeiro da ZCIT e a precipitação, no mesmo período, no sul do Nordeste.

Como a ZCIT não está atuando diretamente sobre o norte do Nordeste de outubro a janeiro, uma possibilidade para explicar as correlações acima é imaginar que, associadas a posições anômalas da ZCIT, as anomalias do campo de pressão próximos à superfície seriam de escala mais ampla, isto é, também englobariam o norte do Nordeste. Para testar essa hipótese, selecionou-se Quixeramobim por ter uma longa série de dados de pressão à superfície e localizar-se no sertão do semi-árido; é, portanto, menos afetada por circulações localizadas, como brisas e linhas de instabilidade costeiras, como seria o caso, por exemplo, de Fortaleza.

A Tabela 4 mostra os coeficientes de correlação entre a pressão barométrica ao nível da superfície em Quixeramobim e as precipitações da pré-estação chuvosa, da estação chuvosa do norte do Nordeste e da estação chuvosa do sul do Nordeste. Os dados são para o período de 1937 a 1973 e foram extraídos do banco de dados meteorológico do INPE. Observa-se que não foram encontradas correlações estatisticamente significativas. Porém, verifica-se que, em geral, quando a pressão média de outubro em Quixeramobim é abaixo da média climatológica, existe uma tendência de a precipitação da pré-estação ser superior à média climatológica.

3.3 AS TSMs NO ATLÂNTICO E AS CHUVAS DA PRÉ-ESTAÇÃO

Os padrões de TSM no Atlântico Tropical podem apresentar configurações favoráveis à precipitação no Nordeste, por exemplo, TSMs mais altas próximas a costa.

A Figura 3 mostra isolinhas de coeficientes de correlação entre a precipitação da pré-estação e as anomalias da temperatura média de setembro a novembro da superfície do mar no Atlântico Tropical. Observam-se coeficientes negativos no Atlântico Norte e positivos no Atlântico Sul. Esta configuração é semelhante à observada por Hastenrath e Heller (1977) e Moura e Shukla (1981) para a estação chuvosa, porém, com magnitudes inferiores às encontradas naqueles trabalhos. Também foram calculados coeficientes de correlação entre as anomalias da temperatura média mensal de agosto a janeiro e as anomalias da temperatura média de outubro a janeiro da superfície do mar, com a precipitação ocorrida na pré-estação. As configurações encontradas foram semelhantes a mostrada na Figura 3; porém, as magnitudes dos coeficientes de correlação foram menores, ou seja, a TSM média de setembro a novembro apresentou uma correlação maior que as TSMs médias mensais de agosto a janeiro e que a TSM média de outubro a janeiro.

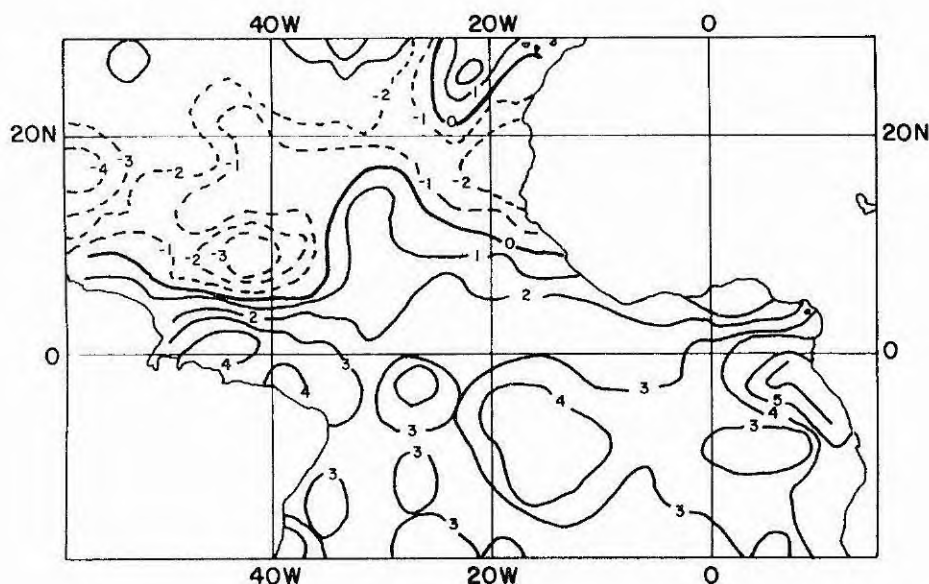


FIGURA 3 - Isolinhas de coeficientes de correlação entre a precipitação da pré-estação chuvosa do norte do Nordeste e anomalias de TSM média de setembro a novembro no Oceano Atlântico Tropical.

TABELA 4

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS DESVIOS DA PRESSÃO BAROMÉTRICA MÉDIA MENSAL DE AGOSTO A JANEIRO E DE OUTUBRO A JANEIRO AO NÍVEL DA SUPERFÍCIE EM QUIXERAMOBIM (PQ) E OS INDICES DE PRECIPITAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA (FEVEREIRO A MAIO) E PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA (OUTUBRO A JANEIRO) DO NORTE DO NORDESTE E ESTAÇÃO CHUVOSA (OUTUBRO A JANEIRO) DO SUL DO NORDESTE.

	PQ X I _{pré-N}	PQ X I _N	PQ X I _S
Agosto	0,11	-0,11	-0,19
Setembro	0,00	0,04	-0,01
Outubro	-0,20	-0,01	-0,07
Novembro	-0,07	0,13	-0,07
Dezembro	-0,07	0,02	0,03
Janeiro	-0,10	0,06	-0,10
Outubro-janeiro	-0,24	0,03	-0,13

3.2 UM MÉTODO DE PREVISÃO PARA ESTAÇÃO CHUVOSA DO NORTE DO NORDESTE

Foram encontrados coeficientes de correlação significativos ao nível de 99% entre as precipitações ocorridas na pré-estação chuvosa e as ocorridas na estação chuvosa, independente do período de tempo escolhido. Este fato serve de base a um modelo estatístico simples de previsão da anomalia de precipitação para estação chuvosa do semi-árido norte do Nordeste.

Este modelo é semelhante, em conceito, ao desenvolvido por Hastenrath (1990); porém, só utiliza uma variável preditora, I_{PRÉ-N}, enquanto, Hastenrath (1990) utilizou três variáveis.

O modelo proposto utiliza o método de regressão linear para calcular um índice de anomalias de precipitação para o período de fevereiro a maio em função (variável independente) do índice das chuvas ocorridas na pré-estação. Na prática, a previsão é realizada em duas etapas: uma primeira previsão é efetuada usando com variável preditora o índice das chuvas ocorridas de setembro a dezembro; a segunda previsão, feita no mês seguinte, é atualizada usando o índice de precipitação de outubro a janeiro.

As equações de regressão das diferentes etapas da previsão foram encontradas como se segue:

1) Utilizando como preditor o índice de anomalia de precipitação de setembro a dezembro:

a) na forma de desvios padronizados pelo desvio padrão

$$I_{PFM} = 0,01 + 0,45I_{SD}, \quad (3a)$$

b) na forma de desvios percentuais da média

$$I_{PFM\%} = 0,01 + 0,22I_{SD\%}, \quad (3b)$$

onde I_{PFM} (I_{PFM%}) é o índice de desvios padronizados pelo desvio padrão (desvios percentuais da média) de anomalia previsto para o período de fevereiro a maio; I_{SD} (I_{SD%}) é o índice de desvios padronizados pelo o desvio padrão (desvios percentuais da média) de anomalia observado no período de setembro a dezembro. O coeficiente de correlação é 0,44 (0,42) e o erro padrão de estimativa é 0,56 (39%).

2) Utilizando como preditor o índice de outubro a janeiro:

a) na forma de desvios padronizados pelo desvio padrão

$$I_{PFM} = 0,02 + 0,66I_{OJ}, \quad (4a)$$

b) na forma de desvios percentuais da média

$$I_{PFM\%} = 1,01 + 0,43I_{OJ\%} \quad (4b)$$

onde IOJ (IOJ%) é o índice observado de outubro a janeiro e IPFM (IPFM%) é o índice previsto para o período de fevereiro a maio. O coeficiente de correlação é 0,66 (0,62) e o erro padrão de estimativa é 0,51 (31%).

Ressalta-se que na derivações dos coeficientes de correlação em (3) e (4), utilizaram-se dados de 1920 a 1980 e reservou-se o período de 1981 a 1991 para um teste independente destes modelos de previsão.

O valor de IPFM encontrado é classificado em uma das cinco categorias de previsão, que são: muito seco, seco, normal, chuvoso, muito chuvoso (Tabela 5).

TABELA 5

CLASSIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DE PREVISÕES

Percentil	Classificação	Categorias
1º - 10º	muito seco	1
11º - 40º	seco	2
41º - 60º	normal	3
61º - 90º	chuvoso	4
91º - 100º	muito chuvoso	5

Os intervalos dos percentis utilizados para classificação das categorias da Tabela 5 foram escolhidos subjetivamente. Os percentis são obtidos a partir da distribuição de frequência observada dos índices de precipitação.

Vale ressaltar que Ward et al (1989) utilizaram uma classificação de categorias (muito chuvoso, chuvoso, normal, seco e muito seco) utilizando percentis equiprováveis. Nicholls (1984) utilizou uma classificação com sete categorias definidas, conforme a

Tabela 6. Outros pesquisadores, tais como Janowiak et al (1986) utilizaram os dez mais baixos percentis como sendo de anos muito secos e os dez mais altos percentis como sendo de anos muito chuvosos. Neste trabalho utilizaram-se os dez mais baixos percentis como sendo dos anos muito secos, os dez mais altos percentis como sendo dos anos muito chuvosos, os vinte percentis centrais como sendo dos anos normais, do 11º ao 40º percentil como sendo dos anos secos e do 61º ao 90º percentil como sendo dos anos chuvosos, como pode ser verificado na Tabela 5. Entendeu-se que esta classificação é melhor para a precipitação do semi-árido do Nordeste do Brasil, do que, por exemplo, a que utiliza percentis equiprováveis.

TABELA 6

CLASSIFICAÇÃO DE CATEGORIAS DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS CONFORME NICHOLLS (1984).

Percentil	Classificação
1º ao 10º	bem abaixo do normal
11º ao 20º	muito abaixo do normal
21º ao 30º	abaixo do normal
31º ao 70º	normal
71º ao 80º	acima do normal
81º ao 90º	muito acima do normal
91º ao 100º	bem acima do normal

Citam-se a seguir alguns exemplos do método de classificação proposto:

a) Em 1989 o índice percentual (IPFM%) previsto foi 40%, que corresponde ao 89º percentil, ou seja a previsão seria de um ano chuvoso para 1989. O desvio percentual da média climatológica observado em 1989 foi de 30%, que representa o 83º percentil e corresponde a um ano chuvoso,

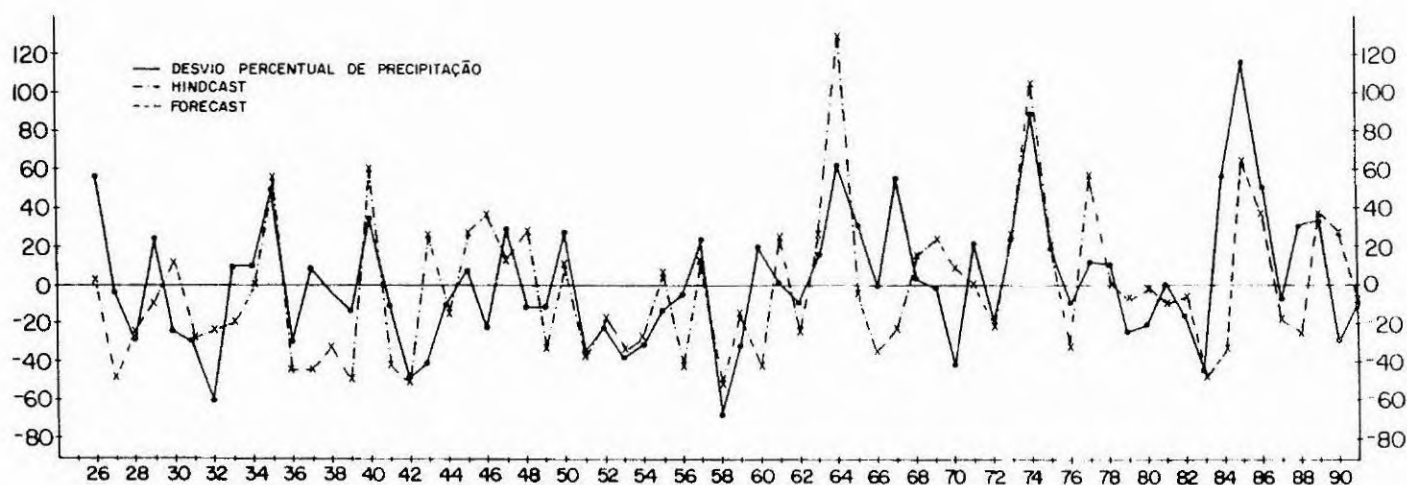
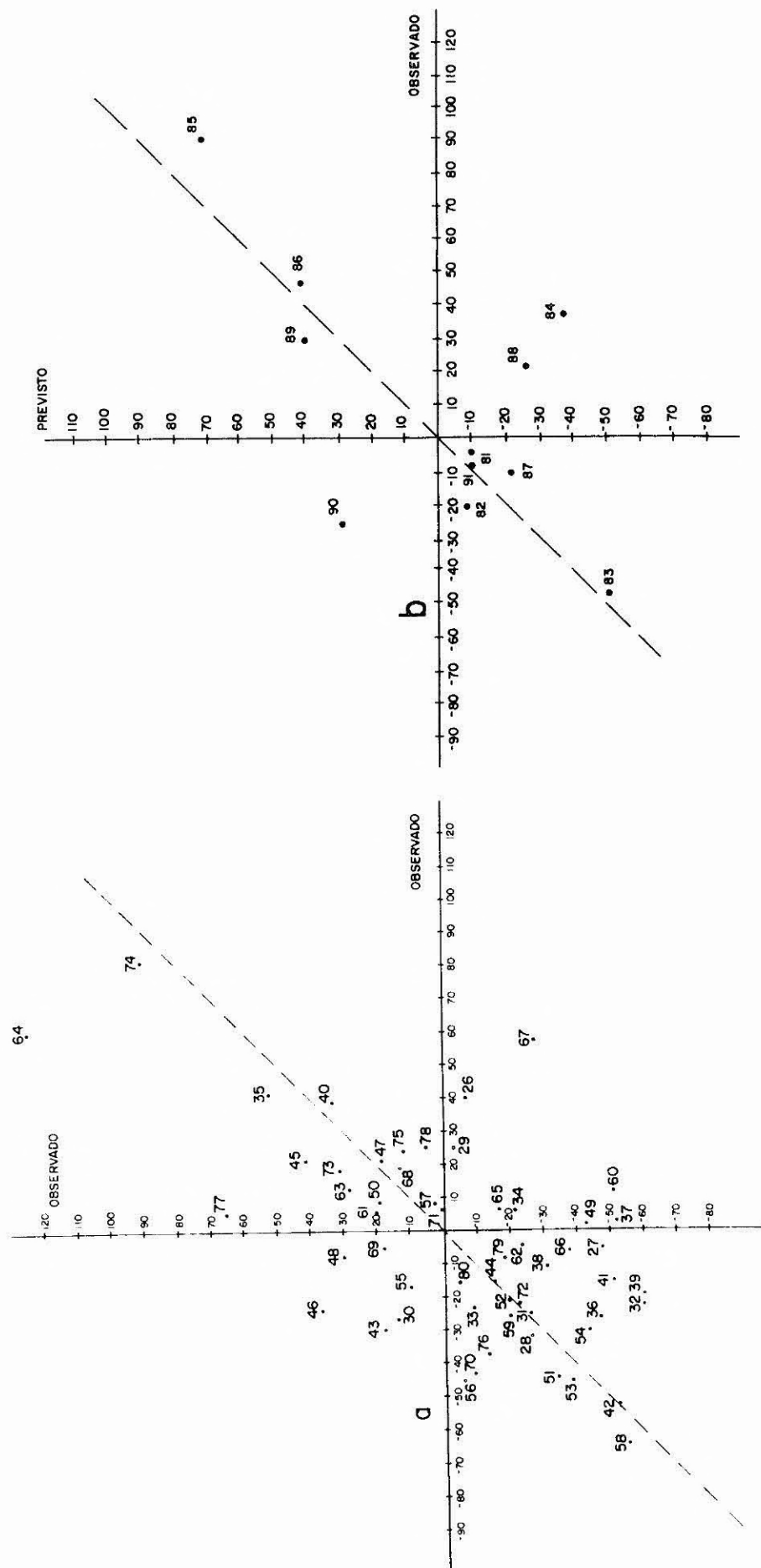


FIGURA 4 - Índice de anomalia de precipitação percentual observado para estação chuvosa do norte do Nordeste (linha contínua), estimado pela Equação 4 (linha tracejada) e previsto pela Equação 4 (linha ponto tracejada).



APÊNDICE - A

	Ano	A	B	C	D	E	F	G	HI
1919/20	-1.15	-1.11	-1.10	-1.08	-1.06	0.28	0.29	0.27	0.28
20/21	-0.44	0.36	0.34	0.32	0.28	0.69	0.82	0.77	0.96
21/22	0.79	0.04	-0.05	-0.11	-0.25	0.30	0.37	0.32	0.42
22/23	-0.05	0.02	0.07	0.08	0.15	-0.10	-0.15	-0.11	-0.17
23/24	-0.57	0.04	0.13	-0.05	0.05	2.12	2.01	2.29	2.19
24/25	0.54	0.76	0.88	0.64	0.77	-0.10	0.00	0.03	0.19
25/26	0.08	0.14	0.13	0.14	0.13	1.05	0.91	0.98	0.79
26/27	-0.75	-0.87	-0.83	-0.91	-0.88	-0.18	-0.19	-0.17	-0.18
27/28	0.51	-0.36	-0.48	-0.40	-0.58	-0.62	-0.55	-0.68	-0.59
28/29	-0.10	-0.12	-0.09	-0.13	-0.10	0.51	0.57	0.49	0.56
29/30	-0.60	0.12	0.10	0.13	0.11	-0.52	-0.65	-0.67	-0.88
30/31	-0.55	-0.56	-0.52	-0.54	-0.49	-0.59	-0.54	-0.64	-0.59
31/32	-0.57	-0.41	-0.46	-0.32	-0.35	-1.32	-1.33	-1.33	-1.36
32/33	-0.58	-0.48	-0.33	-0.43	-0.23	-0.13	-0.15	-0.18	-0.22
33/34	0.18	-0.02	0.03	-0.15	-0.11	0.50	0.70	0.46	0.71
34/35	-0.23	0.95	1.05	0.93	1.06	0.99	1.01	0.97	1.00
35/36	-0.48	-0.70	-0.70	-0.78	-0.81	-0.62	-0.73	-0.65	-0.81
36/37	0.15	-0.63	-0.74	-0.69	-0.85	0.21	0.18	0.20	0.16
37/38	-0.65	-0.53	-0.37	-0.68	-0.52	-0.17	-0.20	-0.14	-0.16
38/39	-0.78	-0.81	-0.85	-0.88	-0.95	-0.39	-0.23	-0.46	-0.28
39/40	-0.08	0.91	1.04	0.90	1.06	0.86	0.86	0.93	0.95
40/41	-0.11	-0.66	-0.78	-0.65	-0.80	-0.24	-0.38	-0.19	-0.35
41/42	-0.54	-0.71	-0.77	-0.75	-0.83	-1.09	-1.15	-1.10	-1.17
42/43	1.18	0.41	0.41	0.43	0.43	-0.66	-0.73	-0.72	-0.82
43/44	0.08	-0.23	-0.26	-0.16	-0.18	-0.39	-0.39	-0.31	-0.30
44/45	1.31	0.51	0.38	0.55	0.40	0.37	0.39	0.45	0.50
45/46	-0.08	0.42	0.56	0.48	0.66	-0.57	-0.59	-0.53	-0.54
46/47	-0.50	0.14	0.28	0.22	0.42	0.51	0.50	0.50	0.49
47/48	0.97	0.61	0.48	0.64	0.48	-0.25	-0.24	-0.16	-0.13
48/49	0.87	-0.50	-0.67	-0.48	-0.68	-0.14	-0.04	-0.13	0.00
49/50	-0.24	0.26	0.16	0.33	0.23	0.18	0.27	0.12	0.23
50/51	-0.74	-0.54	-0.56	-0.49	-0.50	-0.92	-1.07	-0.91	-1.11
51/52	-1.28	-0.49	-0.38	-0.42	-0.26	-0.41	-0.38	-0.47	-0.45
52/53	-0.04	-0.51	-0.58	-0.48	-0.56	-0.94	-0.96	-1.00	-1.05
53/54	-0.16	-0.49	-0.61	-0.39	-0.53	-0.53	-0.59	-0.53	-0.61
54/55	0.56	0.11	0.03	0.19	0.11	-0.45	-0.34	-0.45	-0.33
55/56	-0.06	-0.70	-0.74	-0.68	-0.73	-0.23	-0.14	-0.22	-0.12
56/57	0.64	0.33	0.22	0.25	0.09	0.40	0.24	0.39	0.18
57/58	0.17	-0.89	-0.89	-0.89	-0.90	-1.21	-1.31	-1.27	-1.42
58/59	0.15	-0.24	-0.26	-0.22	-0.23	-0.55	-0.47	-0.59	-0.50
59/60	0.31	-0.62	-0.77	-0.70	-0.89	0.58	0.31	0.52	0.17
60/61	-0.42	0.18	0.33	0.26	0.47	0.01	0.26	-0.03	0.27
61/62	-0.86	-0.43	-0.34	-0.55	-0.47	-0.20	-0.14	-0.27	-0.20
62/63	-0.16	0.42	0.52	0.36	0.46	0.24	0.35	0.23	0.36
63/64	1.94	2.12	2.16	2.17	2.23	1.23	1.16	1.25	1.16
64/65	0.23	-0.17	-0.18	-0.09	-0.08	0.23	0.34	0.17	0.30
65/66	-0.29	-0.56	-0.62	-0.49	-0.55	-0.08	-0.33	-0.07	-0.38
66/67	-0.35	-0.26	-0.28	-0.28	-0.32	1.07	1.18	1.17	1.33
67/68	0.35	0.32	0.22	0.42	0.33	0.49	0.56	0.50	0.60

Ano	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1968/69	0.84	0.47	0.37	0.35	0.18	-0.01	-0.21	0.06	-0.17
69/70	0.98	0.14	0.02	0.18	0.03	-0.96	-0.93	-0.94	-0.90
70/71	-0.25	0.02	0.01	0.06	0.05	0.25	0.34	0.18	0.28
71/72	-0.58	-0.36	-0.31	-0.33	-0.25	-0.45	-0.52	-0.41	-0.51
72/73	0.22	0.42	0.34	0.50	0.42	0.33	0.35	0.31	0.33
73/74	-0.23	1.42	1.75	1.33	1.72	1.79	1.79	1.87	1.89
74/75	0.25	0.43	0.36	0.42	0.34	0.42	0.44	0.55	0.60
75/76	-1.02	-0.65	-0.53	-0.67	-0.52	-0.33	-0.27	-0.25	-0.14
76/77	0.58	0.96	0.92	1.08	1.05	0.17	0.24	0.21	0.31
77/78	0.80	0.10	0.03	0.03	-0.07	0.22	0.08	0.27	0.10
78/79	0.08	0.00	0.02	-0.09	-0.45	-0.51	-0.46	0.54	
79/80	0.06	-0.09	0.02	-0.19	-0.23	-0.39	-0.28	-0.48	
80/81	-0.04	-0.01	-0.04	0.00	-0.11	-0.41	-0.10	-0.34	
81/82	-0.21	-0.12	-0.23	-0.12	-0.53	-0.56	-0.50	-0.54	
82/83	-0.73	-0.67	-0.68	-0.61	-0.89	-1.03	-0.85	-1.02	
83/84	-0.64	-0.61	-0.68	-0.66	0.67	0.78	0.63	0.75	
84/85	1.10	1.23	1.09	1.26	2.08	2.25	2.00	2.21	
85/86	0.77	0.71	0.79	0.71	0.81	0.95	0.83	1.01	
86/87	0.25	-0.22	-0.18	-0.13	-0.10	-0.13	-0.16	-0.22	
87/88	-0.40	-0.40	-0.44	-0.45	0.35	0.39	0.34	0.39	
88/89	0.58	0.60	0.61	0.65	0.54	0.63	0.56	0.68	
89/90	0.80			-0.56					
90/91	-0.27			-0.17					

A coluna A representa o índice de precipitação para o semi-árido sul do Nordeste para o período de outubro a janeiro, usando 28 postos pluviométricos espacialmente distribuídos.

A coluna B representa o índice de precipitação para o norte do Nordeste para o período de outubro a janeiro, usando 66 postos pluviométricos em uma área que abragem o centro e norte do Piauí, o Estado do Ceará, o oeste e centro do Rio Grande do Norte e Paraíba, o oeste de Pernambuco e Alagoas e centro-norte da Bahia.

A coluna C equivalente a coluna B sem os dez postos da Bahia e Alagoas. A coluna D equivalente a coluna B sem os doze postos do Piauí.

A coluna E equivalente a coluna B sem os postos da Bahia, Alagoas e Piauí.

A coluna F representa o índice de precipitação para o norte do Nordeste no período de fevereiro a maio, usando 66 postos pluviométricos em uma área que abragem o centro e norte do Piauí, o Estado do Ceará, o oeste e centro do Rio Grande do Norte e Paraíba, o oeste de Pernambuco e Alagoas e o centro-norte da Bahia.

A coluna G equivalente a coluna F sem os dez postos da Bahia e Alagoas.

A coluna H equivalente a coluna F sem os 12 postos do Piauí.

A coluna I equivalente a coluna F sem os postos da Bahia, Alagoas e Piauí.

APÊNDICE B

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES APRESENTADOS NO APÊNDICE A

a) Para o período de 1925-78

	A	F	G	H	I
A	1,00	0,15	0,14	0,16	0,15
B	0,56	0,56			
C	0,46		0,59		
D	0,55			0,53	
E	0,43				0,57

b) Para o período de 1930-78

	A	F	G	H	I
A	1,00	0,24	0,22	0,26	0,23
B	0,56	0,63			
C	0,45		0,64		
D	0,55			0,60	
E	0,43				0,62

c) Para o período de 1935-78

	A	F	G	H	I
A	1,00	0,19	0,16	0,21	0,17
B	0,55	0,64			
C	0,44		0,66		
D	0,54			0,62	
E	0,42				0,64

d) Para o Período de 1940-78

	A	F	G	H	I
A	1,00	0,20	0,16	0,21	0,17
B	0,57	0,64			
C	0,47		0,65		
D	0,57			0,62	
E	0,44				0,64

A representa a estação chuvosa do sul do Nordeste

B, C, D e E representam a pré-estação chuvosa do norte do Nordeste, de acordo com as áreas mostradas no Apêndice A.

F, G, H e I representam a estação chuvosa do norte do Nordeste, de acordo com as áreas mostradas no Apêndice A.

b) e em 1990 o índice percentual (IpFM%) previsto foi 27%, que corresponde ao 81º percentil, que representa uma previsão de um ano chuvoso, enquanto o índice percentual da média climatológica observado em 1990 foi -28%, que corresponde ao 21º percentil, ou seja 1990 foi um ano seco.

A Figura 4 mostra os Índices de desvios percentuais de precipitação de fevereiro a maio observados e calculados usando a Equação 4, para o período de 1926 a 1980. Observa-se que, em geral, os desvios calculados através da Equação 4 seguem os desvios observados, sendo que as maiores discrepâncias ocorreram nos seguintes anos 1927, 30, 37, 43, 46, 48, 56, 60, 66 e 70.

A Figura 4 também mostra os desvios previstos, utilizando a Equação 4, e os observados para período de 1981 a 1991, selecionados para um teste, independente do desempenho dos modelos de previsão. Verifica-se que dos onze anos previstos, em oito os desvios previstos tiveram o mesmo sinal dos desvios observados, e em três (1984, 1988 e 1990) os sinais foram opostos.

A Figura 5a é um gráfico de espalhamento que mostra o índice de anomalia de precipitação observado e o calculado utilizando a Equação 4 para a estação chuvosa do norte do Nordeste de 1920 a 1980. A Figura 5b mostra um gráfico de espalhamento do índice de anomalia de precipitação observado e o previsto utilizando a Equação 4 para a estação chuvosa do norte do Nordeste de 1981 a 1991.

A Tabela 7 mostra as categorias (muito chuvoso, chuvoso, normal, seco e muito seco) prevista e observada da qualidade da estação chuvosa no norte do Nordeste no período de 1981 a 1991. Verifica-se que, dos onze anos previstos, seis corresponderam exatamente às categorias observadas. Das cinco previsões que não corresponderam às observações (1982, 1984, 1987, 1988 e 1990), em três delas (1984, 1988 e 1990) o erro foi considerável, ou seja, ocorreu o oposto do previsto, como mostra a Figura 5b.

A vantagem deste método de previsão é a sua simplicidade, pois se usam apenas dados de precipitação da região norte do Nordeste.

Uma desvantagem do método proposto é que a quantidade de precipitação média climatológica da pré-estação é pequena, quando comparada com a precipitação da estação chuvosa. Isto pode levar o método a prever ano seco (chuvoso), mesmo que as condições de grande escala da atmosfera esteja favoráveis (desfavoráveis) ao aumento da precipitação na região, como nos dois casos mostrados a seguir:

1) Caso um único sistema sinótico (tipicamente penetrações frontais) penetre no semi-árido norte do Nordeste na pré-estação, este poderá produzir

precipitações superiores à média climatológica da pré-estação, mesmo que as condições de grande escala sejam favoráveis à deficiência de precipitação. Isto foi exatamente o que ocorreu em dezembro de 1989, que foi um ano chuvoso, que faz com que o índice da pré-estação fosse positivo, provocando o erro na previsão de 1990, que foi um ano seco.

TABELA 7

CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES OBSERVADOS E PREVISTOS DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO NORTE DO NORDESTE

ANO	CATEGORIAS	
	PREVISTA	OBSERVADA
1981	3	3
1982	3	2
1983	1	1
1984	1	4
1985	5	5
1986	5	5
1987	2	3
1988	2	4
1989	4	4
1990	4	2
1991	3	3

2) No caso de um grande período com deficiência de precipitação causada pelas condições de grande escala, como ocorreu em 1983, a atmosfera global pode levar algum tempo para passar de condições desfavoráveis à precipitação para condições favoráveis à precipitação. E se o ajustamento da atmosfera ocorrer nos dois últimos meses da pré-estação, poderá haver deficiência de precipitação durante a pré-estação; porém, na época da estação chuvosa (fevereiro a maio) as condições de grande escala da atmosfera poderão estar bastante diferentes das observadas anteriormente, o que poderá ser favorável ao aumento de precipitação no norte do Nordeste. Isto foi o que ocorreu no final de 1983 e no início de 1984 (chuvas bem abaixo da média), provocando o erro na previsão de 1984 (chuvas da estação chuvosa acima da média).

4. SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Recentemente o INPE e a FUNCEME desenvolveram esforços para o estabelecimento de um sistema de monitoramento da precipitação mensal no semi-árido do Nordeste do Brasil em tempo quase real. Um dos objetivos deste monitoramento é estabelecer índices de anomalias de precipitação (índices de seca) atualizados mês a mês para todo semi-árido do Nordeste, tanto para a estação chuvosa como para a pré-estação chuvosa. Para levar a cabo este monitoramento, foram selecionados sessenta e seis postos pluviométricos espacialmente distribuídos na parte norte do Nordeste, que abragem a parte central do Piauí; o Estado do Ceará; o oeste dos Estados do Rio

Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, e o centro-norte da Bahia.

A partir dos dados históricos (totais mensais) de precipitação para o período de 1920 a 1980 dos sessenta e seis postos selecionados, foram computados os índices de anomalia de precipitação para a pré-estação chuvosa e para a estação chuvosa. Foram calculados coeficientes de correlação entre os índices de anomalias de precipitação da pré-estação chuvosa e os da estação chuvosa. Verificaram-se correlações estatisticamente significativas ao nível de 99% entre a precipitação observada na pré-estação e a observada na estação. Esta ligação entre as chuvas ocorridas durante a pré-estação chuvosa e as ocorridas durante a estação chuvosa é possivelmente causada pela circulação de grande escala.

Por outro lado, não foi encontrada nenhuma ligação direta entre a precipitação ocorrida durante a estação chuvosa do norte do Nordeste (fevereiro a maio) e a observada na estação chuvosa do sul do Nordeste (outubro a janeiro). Também não foi observado nenhuma ligação direta entre a pressão ao nível da superfície, a média mensal de agosto a janeiro e a média do período de outubro a janeiro em Quixeramobim e as precipitações da estação chuvosa na região norte do Nordeste.

Como foram encontradas correlações significativas ao nível de 99% entre as precipitações da estação chuvosa e as da pré-estação chuvosa, desenvolveu-se um modelo estatístico simples no intuito de prever as chuvas da estação chuvosa do norte do Nordeste. O modelo utiliza o método de regressão linear para prever um índice de anomalia de precipitação para a estação chuvosa (fevereiro a maio) do norte do Nordeste em função do índice de anomalia de precipitação da pré-estação (outubro a janeiro) da mesma região.

Um teste independente do uso do modelo foi realizado para o período de 1981 a 1991. Verificou-se que as previsões em seis destes onze anos corresponderam exatamente às categorias observadas. Das cinco previsões que não corresponderam às observações (1982, 1984, 1987, 1988 e 1990), em três delas o erro foi considerável isto é, ocorreu o oposto do previsto. (1984, 1988 e 1990). Pode-se dizer brevemente o porquê disso (embora já tenha sido colocado na seção anterior).

Também foram observadas correlações estatisticamente significativas, ao nível de 95%, entre as precipitações ocorridas durante a pré-estação e a posição média da ZCIT e a da Zona de Confluência dos Alísios no Oceano Atlântico Tropical. Posições mais ao sul (norte) da posição média climatológica da ZCIT no período de outubro a janeiro estão associadas a um aumento (diminuição) de precipitação sobre o semi-árido norte do Nordeste durante o mesmo

período. Contudo, o período utilizado para o cálculo desta correlação foi muito pequeno (17 anos). Portanto, esta associação entre a posição da ZCIT e a precipitação na pré-estação chuvosa deve ser vista com certa cautela.

Também foram encontradas correlações estatisticamente significativas, ao nível de 95%, entre a precipitação da pré-estação chuvosa e a TSM no Atlântico Tropical para um período de cálculo de 1964 a 1987 (23 anos). Os padrões espaciais das correlações foram semelhantes ao dipólo de TSMs, isto é, águas mais quentes (frias) no Atlântico Norte Tropical e mais frias (quentes) no Atlântico Sul Tropical estão associadas a chuvas abaixo (acima) da média no norte do Nordeste.

5. AGRADECIMENTOS

Aos Srs. Aydil Gusmão e Benedito Seraphim pelo envio dos dados de precipitação do Nordeste compilados pela SUDENE; à FUCEME pela coleta mensal dos dados de precipitação; ao Sr. Francisco Aristides F. Rodrigues, da Funceme, pelo esforço da coleta de dados mensais de precipitação do norte do Nordeste; à Sra. Cintia Uvo por ter cedido os dados da posição média da ZCIT e da Zona de Confluência dos Alísios; à Sra. Maria de Jesus Aguiar do IPA-PE pelo envio dos dados de precipitação de algumas localidades do Estado de Pernambuco; ao Sr. João Aurelio Viana, da EMATER-BA, pelo envio de dados de precipitação de algumas localidades do nordeste da Bahia; à Sra. Ana Lúcia Neves pela elaboração dos desenhos, à Sra. Adriana Coelho Fonseca pela paciência demonstrada na elaboração da arte final; e a todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho. Finalmente, gostaríamos também de manifestar de maneira especial nosso agradecimento póstumo a Lourdes Bernadete da Fonseca pelo enorme apoio na fase de tratamento de parte dos dados de precipitação utilizado neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERRAZ, J. S. Iminência duma grande seca nordestina: algumas indicações empíricas de sua possível ocorrência em torno de meados do atual decênio. *Revista Brasileira de Geografia*. 12(1):3-15, jan., 1950.
- HASTENRATH, S.L. Tropical Climate Prediction: A Progress Report 1985-90. *Bulletin American Meteorological Society*. 71(6):819-825, June, 1990.
- HASTENRATH, S. L.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 102(435):77-92. Jan., 1977.

- HASTENRATH, S.L.; WU, M.C.; CHU, P. S. Towards the monitoring and prediction of Northeast Brazil droughts. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 110(sf):411-425. Oct., 1984.
- JANOWIAK, J. E.; ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. The Precipitation Anomaly Classification: A Method for Monitoring Regional Precipitation Deficiency and Excess on a Global Scale. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 25(4):565-574, Apr., 1986.
- MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observation, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38(12):2653-2675, Dec., 1981.
- NICHOLLS, N. A System for Predicting the Onset of the North Australian Wet-Season. *Journal of Climatology*, 4(sf):425-435, 1984.
- NOBRE, P.; PAIÃO, L.B.C.; GUSMÃO, A.M. C. Tratamento dos dados de precipitação do norte do Brasil. (comunicação pessoal), 1989.
- SERRA, A.B. As secas do Nordeste. *Boletim Geográfico*, 14(132):269-270, maio/junho, 1956.
- UVO, C. R. B.; NOBRE, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (CZIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *Climanálise* 4(7):34-40, 1989.
- WARD, M.N.; BROOKS, S.; FOLLAND, C. K. Predictability of seasonal rainfall in the Northern Nordeste. IN: *Recent Climate Change, a regional approach*, ed. S. Gregory, 1989.
- WALKER, G. T. Ceará (Brazil) famines and the general air movement. *Beitrage zur Physik der freien Atmosphäre*, 14(sf):88-93, 1928.