

MFN= 007373
01 SID/SCD
02 6011
03 INFE-6011-FRE/2126
04 MET
05 S
06 as
10 Kayano, Mary Toshie
10 Prakki, Satyamurty
12 Oscilacoes intra-sazonais na precipitacao do sul do Ceara
14 38
30 Climanalise
31 6
32 8
40 Pt
41 Pt
41 En
42 <E>
58 CPTC/DCM
61 <PN>
64 ago. <1991>
68 FRE
76 ,STUDOS DO TEMPO E DO CLIMA
82 <CEARA (CE)>
83 Foram analisadas as precipitacoes medias moveis de 5 dias e diarias medias de 15 estacoes pluviometricas do sul do Ceara (Cariri), Brasil para o verao e outono austrais de 1974/75-1988/89. O efeito da oscilacao de 30 a 60 dias e evidente na precipitacao desta area. Em particular, durante os anos de EL Nino a precipitacao e fortemente modulada por esta oscilacao. Tambem, foram observadas um inicio de estacao chuvosa gradual durante novembro e dezembro e um termino abrupto das chuvas em maio.
87 PRECIPITACAO (METEOROLOGIA)>
87 OSCILACAO
87 CHUVA
90 b
91 FDB-19961016
92 FDB-MLR

CONTRIBUIÇÃO

OSCILAÇÕES INTRA-SAZONAIS NA PRECIPITAÇÃO DO SUL DO CEARÁ

Mary Toshie Kayano
Prakki Satyamurti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPT
C.P. 515, 12201 São José dos Campos - SP

José Maria Brabo Alves

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
C.P. 3221, 60325 Fortaleza - CE

RESUMO

Foram analisadas as precipitações médias móveis de 5 dias e diárias médias de 15 estações pluviométricas do sul do Ceará (Cariri), Brasil para o verão e outono austrais de 1974/75-1988/89. O efeito da oscilação de 30 a 60 dias é evidente na precipitação desta área. Em particular, durante os anos de El Niño a precipitação é fortemente modulada por esta oscilação. Também, foram observadas um início de estação chuvosa gradual durante novembro e dezembro e um término abrupto das chuvas em maio.

ABSTRACT

Five-day running mean and daily precipitation averages of 15 raingauge stations in the southern Ceará (Cariri), Brazil for 1974/75-1988/89 austral summer and fall seasons are analysed. The 30 to 60 day oscillation effect is evident in the precipitation of this area. In particular, during the El Niño years the rainfall is strongly modulated by this oscillation. A slow rainy season onset during November and December and a sudden retreat of rainfall in May are also observed.

1 - INTRODUÇÃO

A precipitação na Região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande variabilidade em suas distribuição espacial e temporal, com sérias implicações econômicas para a população local. Estes aspectos inerentes ao clima do NEB têm sido bastante investigados (Hastenrath and Heller, 1977; Kayano et al., 1988; Kousky, 1979; Kousky et al., 1984; Moura and Shukla, 1981; Ropelewski and Halpert, 1987; Uvo e Nobre, 1989; Virji and Kousky, 1983; e outros). Todavia, algumas particularidades sub-regionais do regime pluviométrico no NEB deveriam ser melhor investigadas e adequadamente exploradas para viabilizar a otimização de práticas agrícolas.

O sul do Ceará em particular, conhecido como Cariri, do ponto de vista de produção agrícola, é uma área economicamente importante para o Estado. A estação chuvosa de janeiro a abril, para esta área, precede por um mês a do restante do Estado (Alves e Kayano, 1991).

As chuvas nesta área são aparentemente influenciadas tanto por sistemas frontais como pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Alves e Kayano, 1991). Esta área constitui portanto, em termos pluviométricos, uma sub-região de "transição" entre o sul e o norte do NEB. O máximo de precipitação durante dezembro no sul do NEB está relacionado com o deslocamento de sistemas frontais na direção

equatorial (Kousky, 1979; Virji and Kousky, 1983); enquanto o pico de precipitação do norte do NEB em março-abril está intimamente associado à migração sazonal da ZCIT na direção meridional (Hastenrath and Heller, 1977; Uvo e Nobre, 1989).

No entanto, o comportamento destes sistemas pode ser modulado por fenômenos de grande escala. Por exemplo, durante alguns episódios El Niño têm sido observados movimentos subsidentes no NEB (Kayano et al., 1988) que propiciam condições atmosféricas desfavoráveis à organização de convecção. De fato, deficiência de chuvas nesta região durante alguns anos tem sido associada à ocorrência de El Niño no Pacífico Equatorial, como foi o caso da estação chuvosa de 1983.

Além desta variabilidade interanual, o regime de chuvas do NEB pode apresentar variações intra-sazonais, que têm sido associadas às incursões de sistemas frontais na direção equatorial (Kousky, loc. cit.; Virji and Kousky, loc. cit.) e aos vórtices ciclônicos de altos níveis (Kousky and Gan, 1981). Recentemente, a variabilidade de precipitação nesta escala de tempo para algumas áreas do Brasil tem sido relacionada com a oscilação de 30 a 60 dias (Casarin e Kousky, 1986; Kayano et al., 1990; Silva Dias et al., 1988).

Em vista de esta oscilação estar associada à convecção nos trópicos e subtropicais e atuar também durante o verão austral (Weickmann, 1983; Weickmann et al., 1985), é importante investigar seus efeitos no

NEB, uma vez que a estação chuvosa, em particular do Cariri, inclui este período.

Um outro aspecto do regime de chuvas do NEB, pouco investigado, diz respeito à duração do início e do término da estação chuvosa. Nas regiões tropicais e subtropicais para as quais o regime pluviométrico apresenta uma estação chuvosa bem definida observam-se início abrupto e término gradual, como é típico das regiões asiáticas afetadas por monções (Joint Organizing Committee, 1976). Um aspecto climático destas regiões, também observado no NEB, consiste no fato de a estação chuvosa ser bem definida, no caso do semi-árido, de fevereiro a maio.

O presente estudo investiga aspectos relevantes do regime de precipitação no Cariri e tenta esclarecer alguns pontos acima mencionados.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados foram as séries de precipitação diária de 15 estações pluviométricas (cujas localizações estão ilustradas na Figura 1 de Alves e Kayano, 1991) bem distribuídas (em área) no sul do Ceará, para os meses de novembro a maio dos anos de 1974/75 a 1988/89, disponíveis no banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Inicialmente foi calculada a média de 15 anos da soma da precipitação diária das 15 estações pluviométricas do Cariri. Foram também calculadas e plotadas para cada ano as médias móveis de 5 dias (pêntadas móveis) de precipitação, média de 15 estações. Em seguida procedeu-se ao cálculo da média de 15 anos destas pêntadas. Vale ressaltar que para anos bissextos a precipitação do dia 29 de fevereiro foi somada a do dia 28, de forma a se ter o mesmo número de elementos para todas as séries.

Espectros de potências das pêntadas móveis de precipitação de novembro a maio foram calculados individualmente para cada ano em estudo, com vistas em identificar as frequências predominantes.

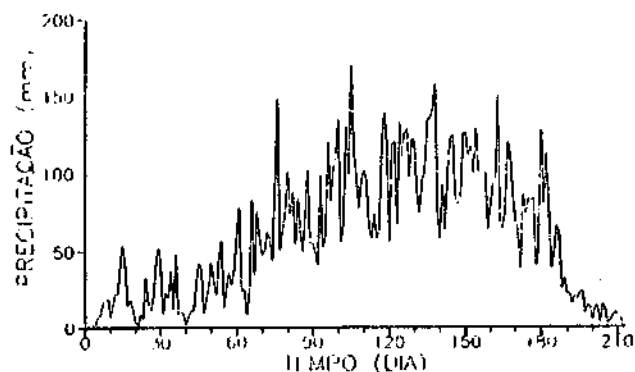


Fig. 1. Precipitação diária acumulada (soma das precipitações diárias das 15 estações pluviométricas) sobre a região do Cariri, média de 15 anos

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação diária totalizada sobre as 15 estações, média de 16 anos, para os meses de novembro a maio é mostrada na Figura 1. Claramente o início da estação chuvosa no sul do Ceará é gradual, isto é, a precipitação aumenta lentamente, atingindo os valores da estação chuvosa em dois meses (novembro e dezembro). Por outro lado, o término da estação chuvosa é bastante abrupto e acontece no início de maio. Este comportamento pluviométrico é oposto ao de outras regiões do globo, com estação chuvosa bem definida, tais como o regime de monções da Ásia (Joint Organizing Committee, loc. cit.) e a convecção tropical na Amazônia (Horel et al., 1989).

O Cariri localiza-se em uma área de "transição" entre o norte e o sul do NEB, podendo estar sujeito às influências de sistemas frontais e da ZCIT. De novembro a janeiro ocorrem chuvas razoavelmente intensas e intermitentes, o que sugere a influência de sistemas frontais e de vórtices ciclônicos de altos níveis. A maior regularidade das chuvas durante a estação chuvosa, especialmente de fevereiro ao início de maio (Figura 1), indica que as chuvas devem estar associadas principalmente à atuação da ZCIT. Kousky (1979) mostrou que a precipitação mensal atinge o máximo no norte do NEB (inclusive o Estado do Ceará) durante março-abril. Por outro lado, este máximo de precipitação pode ser atribuído à posição latitudinal da ZCIT, que atinge a posição sul extrema durante estes meses (Hastenrath and Heller, 1977).

A Figura 2 mostra as pêntadas móveis de precipitação média na área do Cariri durante as estações pré-chuvosa e chuvosa de 1974/75 a 1988/89. É notável para vários anos (1974/75, 1978/79, 1979/80, 1980/81, 1982/83, 1986/87) a ocorrência de chuvas intensas quase periódicas, com aproximadamente 4 picos em seis meses. Nota-se uma tendência de os sucessivos picos de chuvas apresentarem valores gradualmente maiores, em particular durante os anos de El Niño (1978/79, 1982/83, 1986/87). O comportamento quase-periódico da precipitação do

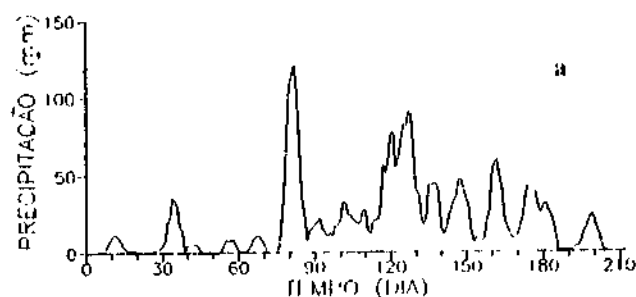


Fig. 2. Pêntadas móveis da precipitação sobre a região do Cariri para novembro a maio de: a) - o), para 1974/75 a 1988/89, respectivamente.

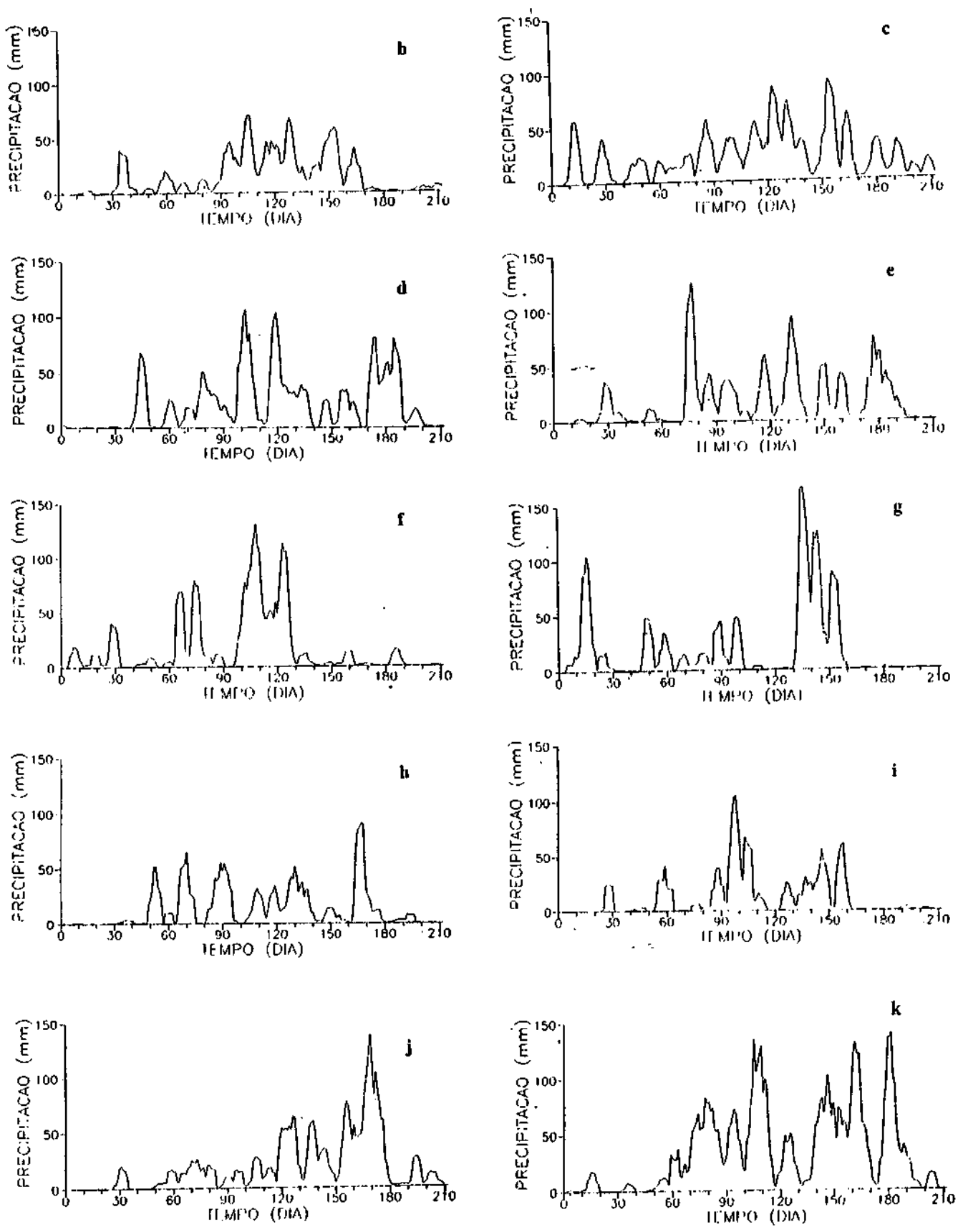


Fig. 2 - Continuação.

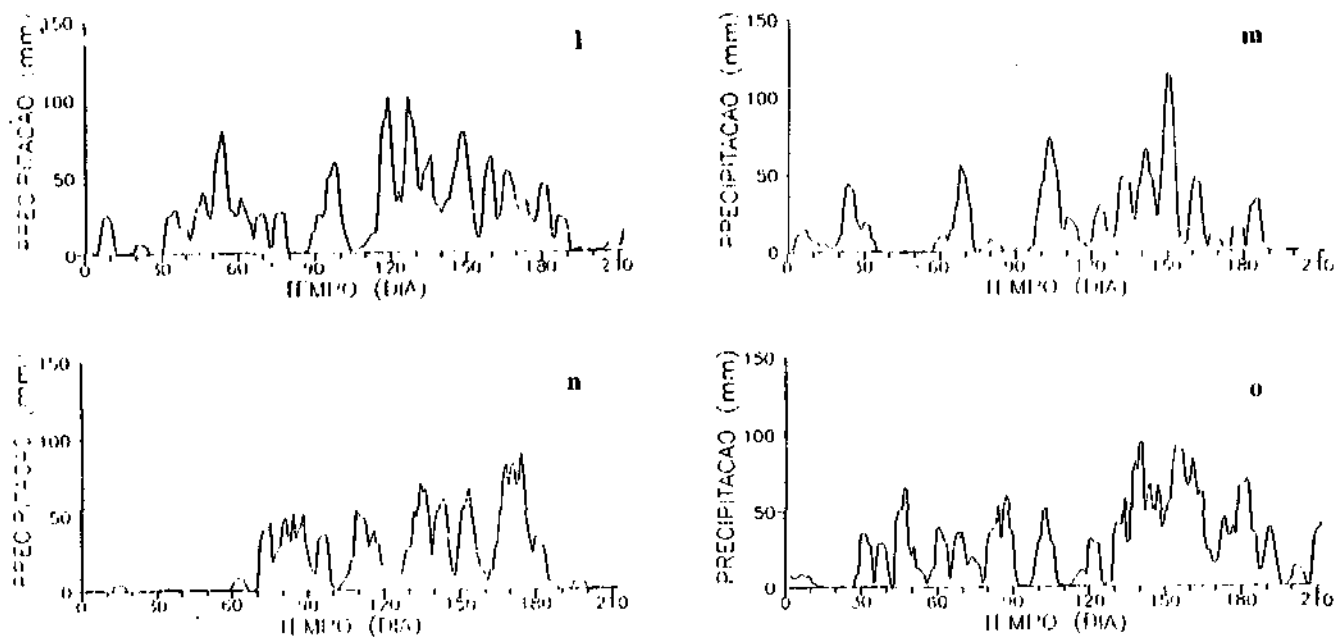


Fig. 2 - Conclusão.

Cariri poder estar relacionado com a oscilação de 30-60 dias estudada por Weickmann (1983) e Weickmann et al. (1985). Casarin e Kousky (1986) e Kayano et al. (1990) também apresentaram evidências observacionais dos efeitos desta oscilação sobre a região sul-americana.

A oscilação nos dados de precipitação apresentou um período com um valor de 30-50 dias, menos variável na área do Cariri do que as oscilações de 30-60 dias documentadas para outras regiões (Weickmann loc. cit.; Weickmann et al., loc. cit.). Este fato poderá eventualmente ser explorado para aplicações em previsão de longo prazo.

Para os demais anos a atuação da oscilação intra-sazonal não foi muito evidente, pois picos de chuvas intensas com periodicidade menor foram dominantes (Figura 2). Nestes anos, possivelmente outros fatores atuaram conjuntamente de forma a mascarar os sinais desta oscilação na precipitação do Cariri.

Contudo, o espectro de potência das pênulas móveis de precipitação de novembro a maio média na área do Cariri apresentou para a maioria dos anos a predominância de flutuações com períodos de 30 a 50 dias (Figura 3). A Tabela 1 indica fortemente que esta oscilação pode ter efeitos marcantes no regime pluviométrico desta área, uma vez que para 11 dos 15 analisados foram encontrados picos significantes na faixa de frequências entre 0,0190/dia a 0,0316/dia, correspondentes a períodos de 53 a 32 dias. Estes resultados reforçam e confirmam os de pesquisas

anteriores citadas acima, concernentes aos efeitos desta oscilação na precipitação do NEB.

Kousky (1985) documentou uma intensa atuação da oscilação intra-sazonal de dezembro de 1984 a fevereiro de 1985. Por outro lado, Sugahara et al. (1986) estimaram o espectro de variância para os dados da estação climatológica do IAG/USP, Brasil (23°39'S, 43°37'W), do período 1975-1980, e encontraram oscilações de 20-60 dias na pressão de superfície e radiação solar. Os espectros simples e cruzado para a altura geopotencial (vários níveis) de Congonhas, SP, Brasil para 1975-1980 apresentaram picos para períodos de 20-60 dias apenas no inverno de 1975 e verão de 1980 (Dorelo et al., 1986). Portanto, existe uma concordância destes resultados com os apresentados neste artigo.

A variabilidade de precipitação no NEB na escala de tempo intra-sazonal tem sido associada a incursões de sistemas frontais (Kousky, 1979; Virji and Kousky, 1983) e aos vórtices ciclônicos de altos níveis (Kousky and Gan, 1981) que atuam no sul do NEB e adjacências, principalmente durante o verão austral.

É interessante notar que os espectros na Figura 3 mostram periodicidade significativa na faixa de 8 a 12 dias. A existência de oscilações com períodos em torno de 10 dias foi evidenciada para os dados da estação climatológica de Congonhas (Dorelo et al., 1986). Portanto, estas oscilações na região do Cariri e em Congonhas podem ter em comum algum mecanismo que as excitem. O mecanismo mais provável deve estar relacionado com as incursões de sistemas frontais. No

Tabela 1

Picos no espectro de potências para períodos entre 20 e 80 dias, correspondentes a frequências de 0,05/dia e 0,0625/dia. Os períodos em negrito marcam os similares aos da oscilação intra-sazonal

Ano	Períodos	
74/75	23	53
75/76	32	
76/77	32	
77/78	20	79
78/79	20	53
79/80	20	53
80/81	20	79
81/82	20	40
82/83	53	
83/84	53	
84/85	40	
85/86	23	
86/87	40	
87/88	20	32
88/89	20	

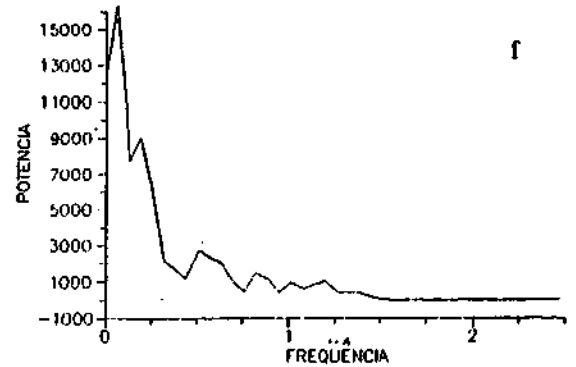
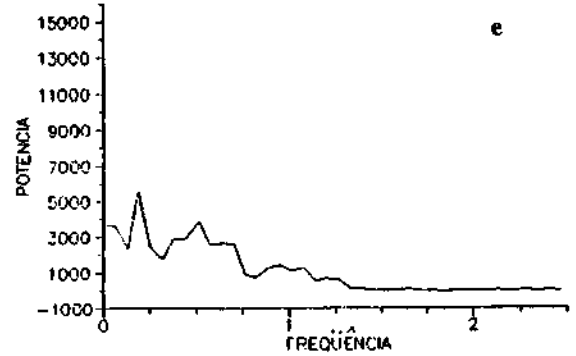
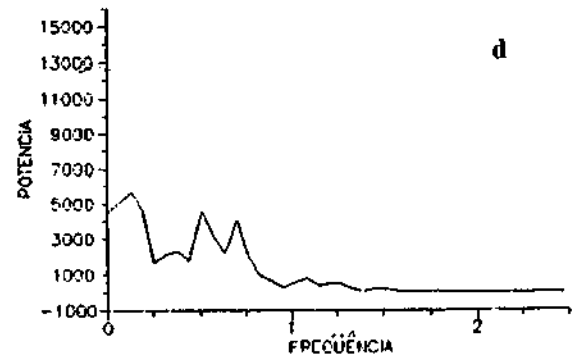
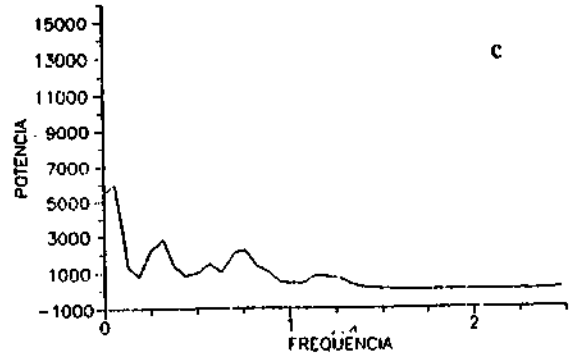
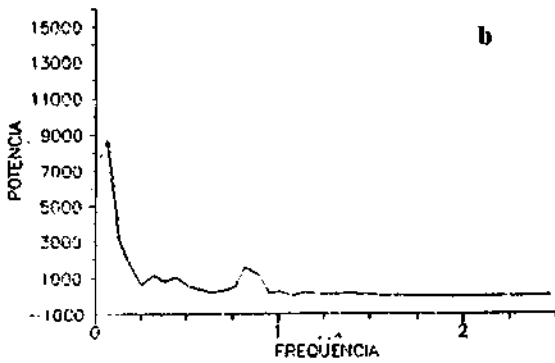
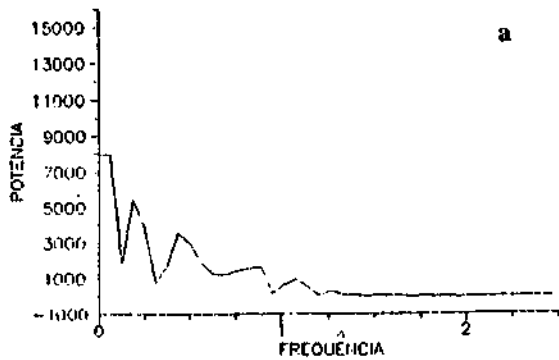


Fig. 3 - Espectro de potência para as pentadas móveis da precipitação sobre a região do Cariri para novembro a maio de: a) - o), para 1974/75 a 1988/89, respectivamente. A unidade das ordenadas é $\text{mm}^2 \text{dia}^{-1}$ e a das abscissas é dia^{-1} .

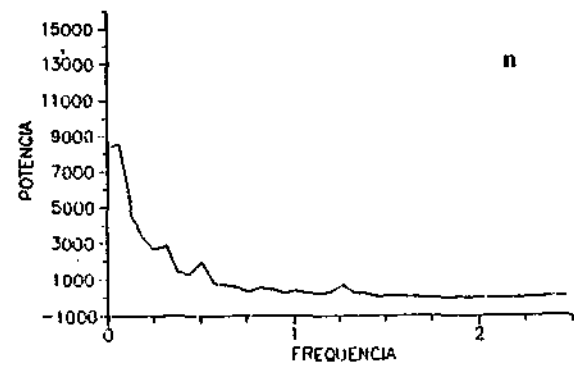
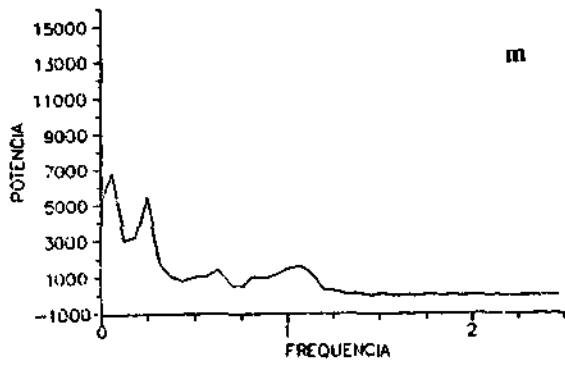
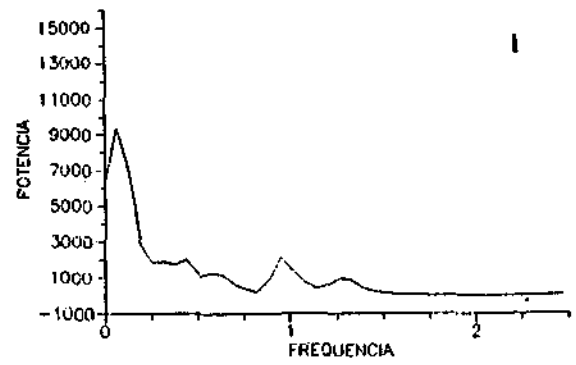
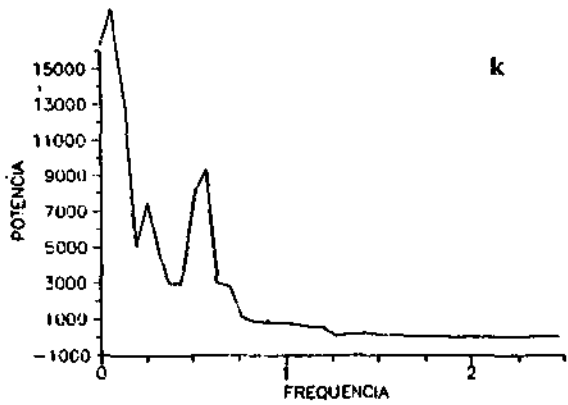
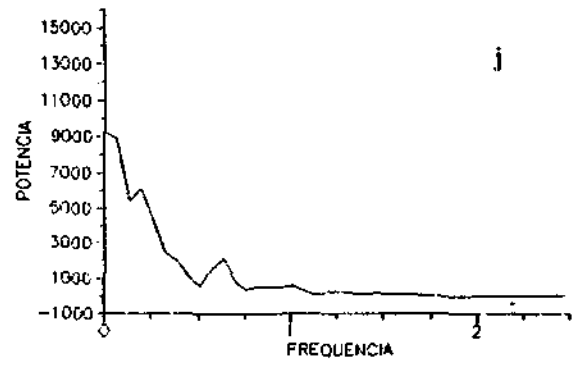
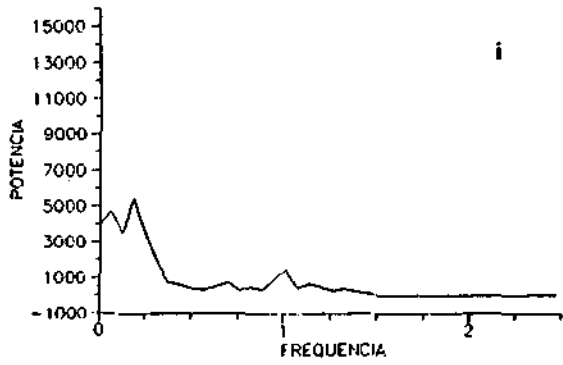
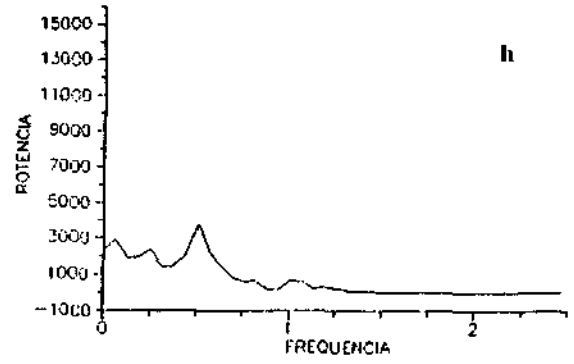
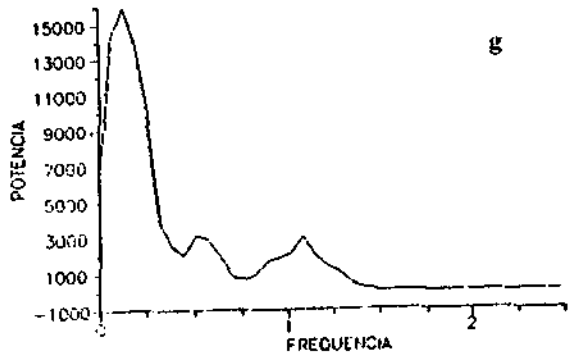


Fig. 3 - Continuação.

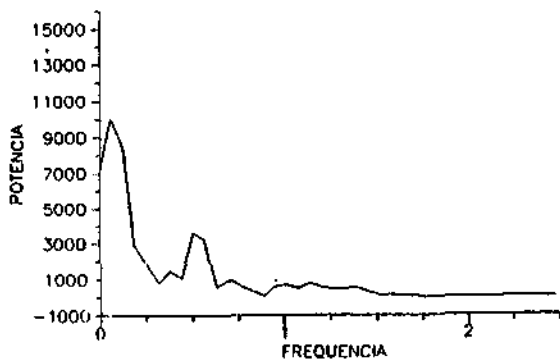


FIG. 3 - Conclusão.

caso do Cariri, os vórtices ciclônicos de altos níveis também podem causar variabilidade climática nesta escala de tempo (períodos de 8 a 12 dias) em virtude de a duração destes sistemas variar de alguns dias a mais que um mês (Kousky and Gan, 1981).

Por outro lado, tem sido amplamente documentada a influência da ZCIT durante o outono austral na precipitação do norte do NEB (Hastenrath and Heller, 1977; Uvo e Nobre, 1989). As análises das séries de precipitação do Cariri indicam que os efeitos da ZCIT nesta área podem ser modulados pelas oscilações intra-sazonais.

4. CONCLUSÕES

Durante o verão e outono austrais de vários anos, do período de 1974/75 a 1988/89, foram encontradas evidências da influência da oscilação intra-sazonal (oscilação de 30 a 60 dias) no clima do sul do Ceará (Cariri), através das análises de séries de pântadas móveis de precipitação média desta área. Tais análises mostraram claramente a existência de oscilações no campo de precipitação, com periodicidade de 30 a 50 dias. Mesmo nos anos em que a atuação desta oscilação não foi muito nítida, foram observados picos de chuvas intensos com periodicidade de 30-50 dias superpostos a oscilações com períodos menores.

Os sinais da oscilação 30-60 dias na precipitação do Cariri foram aparentemente mais fortes em anos de El Niño. Isto indica que nestes anos esta oscilação pode ser um fator determinante da distribuição de chuvas no sul do Ceará. Vale contudo ressaltar que as séries analisadas não são suficientemente longas para resultados conclusivos.

Além disso, a análise do espectro de potências não deixa dúvidas quanto à importância desta oscilação na precipitação dessa área. Há vista a existência de picos significantes para períodos de 32 a 53 dias, para 11 dos 15 anos analisados. A periodicidade de 32 a 53 dias é menos variável do que a observada em outras partes do globo (Weickmann, 1983; Weickmann et al., 1985; Madden and Julian 1971). Isto sugere que o monitoramento desta oscilação e seu melhor entendimento poderão fornecer subsídios relevantes à previsão de longo prazo.

Estes resultados indicam que a oscilação intra-sazonal pode ter influência marcante no regime pluviométrico do Cariri, o que possivelmente determina em grande parte a distribuição sazonal das chuvas desta área.

Outro fato mostrado pelas análises da precipitação no Cariri é um início gradual da estação chuvosa durante novembro e dezembro e um término abrupto das chuvas no início de maio. Este comportamento do regime pluviométrico desta área é oposto ao de outras regiões tropicais e subtropicais com uma estação chuvosa bem definida.

O clima do NEB tem características ímpares quando comparado com o de outras regiões do globo na mesma faixa latitudinal. A duração do início e término da estação chuvosa, no caso do Cariri, revela-se também como outro aspecto diferenciado, ao menos para esta subregião. Isto ressalta ainda mais a importância do estudo do clima do NEB, cuja economia baseia-se primordialmente na agricultura, em geral não irrigada.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Naide de Fátima Farias de Oliveira o trabalho de digitação do manuscrito, e a Ricardo Sobral de Oliveira a elaboração de alguns programas de computador.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J.M.B.; Kayano, M.T. Estudo preliminar da precipitação no sul do Ceará durante a pré-estação chuvosa. *Climanálise*, 6(4), 41-50, 1991.
- Casarin, D.P., and Kousky, V.E. Anomalias da precipitação no sul do Brasil e variáveis na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1, 83-90, 1986.
- Dorelo, M.B.; Silva Dias, P.L.da; Sugahara, S. Características espectrais da estrutura vertical da radiossondagem de São Paulo. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 1, 106-111, 1986.
- Horel, J.D; Hahmann, A.N.; Geisler, J.E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *J. Climate*, 2, 1388-1404, 1989.
- Hastenrath, S.; Heller, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 103, 72-92, 1977.
- Joint Organizing Committee, The monsoon experiment. GARP publications series, n 18, World Meteorological Organization, Geneva, pp 123, 1976.

- Kayano, M.T.; Rao, V.B.; Moura, A.D. Tropical circulation and the associated rainfall anomalies during 1983-1984. *J. Climatol.*, 8, 477-488, 1988.
- Kayano, M.T.; Kousky, V.E.; Studzinski, C.M.; Silva Dias, P.L. da. As variações intra-sazonais da precipitação no Brasil durante o verão de 1988/1990. *Climanálise*, 5, 40-50, 1990.
- Kousky, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1140-1153, 1979.
- Kousky, V.E. The global climate December 1984-February 1985: a case of strong intraseasonal oscillations. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 2158-2172, 1985.
- Kousky, V.E.; Gan, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33, 538-551, 1981.
- Kousky, V.E., Kagano, M.T.; Cavalcanti, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: Oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A, 290-504, 1984.
- Madden, R.A.; Julian, P.R. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702-708, 1971.
- Moura, A.D.; Shukla, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2653-2675, 1981.
- Ropelewski, C.F.; Halpert, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626, 1987.
- Silva Dias, P.L. da.; Caplan, P.; Kousky, V.E. As chuvas intensas de fevereiro de 1988: Circulação global e previsibilidade. *Anais do V Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 2, IX.6-IX.10, 1988.
- Sugahara, S.; Dorelo, M.B.; Silva Dias, P.L. da Análise espectral dos dados da estação meteorológica do I.A.G./U.S.P. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 1, 99-104, 1986.
- Uvo, C.R.B.; Nobre, C.A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *Climanálise*, 4(7): 34-40, jul., 1989.
- Virji, H.; Kousky, V.E. Regional and global aspects of a low latitude frontal penetration in Amazonas and associated tropical activity. Preprints of the First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, São José dos Campos, SP, Brazil, 215-220, 1983.
- Weickmann, K.M. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.* 111, 1838-1858, 1983.
- Weickmann, K.M.; Lussy, G.R.; Kutzbach, J.E. A global-scale analysis of intraseasonal fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb stream function during northern winter. *Mon. Wea. Rev.* 113, 941-961, 1985.

CONTRIBUIÇÃO

OSCILAÇÕES INTRA-SAZONAIS NA PRECIPITAÇÃO DO SUL DO CEARÁ

Mary Toshie Kayano
Prakki Satyamurti

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPT
C.P. 515, 12201 São José dos Campos - SP

José Maria Brabo Alves

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
C.P. 3221, 60325 Fortaleza - CE

RESUMO

Foram analisadas as precipitações médias móveis de 5 dias e diárias médias de 15 estações pluviométricas do sul do Ceará (Cariri), Brasil para o verão e outono austrais de 1974/75-1988/89. O efeito da oscilação de 30 a 60 dias é evidente na precipitação desta área. Em particular, durante os anos de El Niño a precipitação é fortemente modulada por esta oscilação. Também, foram observadas um início de estação chuvosa gradual durante novembro e dezembro e um término abrupto das chuvas em maio.

ABSTRACT

Five-day running mean and daily precipitation averages of 15 raingauge stations in the southern Ceará (Cariri), Brazil for 1974/75-1988/89 austral summer and fall seasons are analysed. The 30 to 60 day oscillation effect is evident in the precipitation of this area. In particular, during the El Niño years the rainfall is strongly modulated by this oscillation. A slow rainy season onset during November and December and a sudden retreat of rainfall in May are also observed.

1 - INTRODUÇÃO

A precipitação na Região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande variabilidade em suas distribuição espacial e temporal, com sérias implicações econômicas para a população local. Estes aspectos inerentes ao clima do NEB têm sido bastante investigados (Hastenrath and Heller, 1977; Kayano et al., 1988; Kousky, 1979; Kousky et al., 1984; Moura and Shukla, 1981; Ropelewski and Halpert, 1987; Uvo e Nobre, 1989; Virji and Kousky, 1983; e outros). Todavia, algumas particularidades sub-regionais do regime pluviométrico no NEB deveriam ser melhor investigadas e adequadamente exploradas para viabilizar a otimização de práticas agrícolas.

O sul do Ceará em particular, conhecido como Cariri, do ponto de vista de produção agrícola, é uma área economicamente importante para o Estado. A estação chuvosa de janeiro a abril, para esta área, precede por um mês a do restante do Estado (Alves e Kayano, 1991).

As chuvas nesta área são aparentemente influenciadas tanto por sistemas frontais como pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Alves e Kayano, 1991). Esta área constitui portanto, em termos pluviométricos, uma sub-região de "transição" entre o sul e o norte do NEB. O máximo de precipitação durante dezembro no sul do NEB está relacionado com o deslocamento de sistemas frontais na direção

equatorial (Kousky, 1979; Virji and Kousky, 1983); enquanto o pico de precipitação do norte do NEB em março-abril está intimamente associado à migração sazonal da ZCIT na direção meridional (Hastenrath and Heller, 1977; Uvo e Nobre, 1989).

No entanto, o comportamento destes sistemas pode ser modulado por fenômenos de grande escala. Por exemplo, durante alguns episódios El Niño têm sido observados movimentos subsidentes no NEB (Kayano et al., 1988) que propiciam condições atmosféricas desfavoráveis à organização de convecção. De fato, deficiência de chuvas nesta região durante alguns anos tem sido associada à ocorrência de El Niño no Pacífico Equatorial, como foi o caso da estação chuvosa de 1983.

Além desta variabilidade interanual, o regime de chuvas do NEB pode apresentar variações intra-sazonais, que têm sido associadas às incursões de sistemas frontais na direção equatorial (Kousky, loc. cit.; Virji and Kousky, loc. cit.) e aos vórtices ciclônicos de altos níveis (Kousky and Gan, 1981). Recentemente, a variabilidade de precipitação nesta escala de tempo para algumas áreas do Brasil tem sido relacionada com a oscilação de 30 a 60 dias (Casarin e Kousky, 1986; Kayano et al., 1990; Silva Dias et al., 1988).

Em vista de esta oscilação estar associada à convecção nos trópicos e subtropicais e atuar também durante o verão austral (Weickmann, 1983; Weickmann et al., 1985), é importante investigar seus efeitos no

NEB, uma vez que a estação chuvosa, em particular do Cariri, inclui este período.

Um outro aspecto do regime de chuvas do NEB, pouco investigado, diz respeito à duração do início e do término da estação chuvosa. Nas regiões tropicais e subtropicais para as quais o regime pluviométrico apresenta uma estação chuvosa bem definida observam-se início abrupto e término gradual, como é típico das regiões asiáticas afetadas por monções (Joint Organizing Committee, 1976). Um aspecto climático destas regiões, também observado no NEB, consiste no fato de a estação chuvosa ser bem definida, no caso do semi-árido, de fevereiro a maio.

O presente estudo investiga aspectos relevantes do regime de precipitação no Cariri e tenta esclarecer alguns pontos acima mencionados.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados foram as séries de precipitação diária de 15 estações pluviométricas (cujas localizações estão ilustradas na Figura 1 de Alves e Kayano, 1991) bem distribuídas (em área) no sul do Ceará, para os meses de novembro a maio dos anos de 1974/75 a 1988/89, disponíveis no banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Inicialmente foi calculada a média de 15 anos da soma da precipitação diária das 15 estações pluviométricas do Cariri. Foram também calculadas e plotadas para cada ano as médias móveis de 5 dias (pêntadas móveis) de precipitação, média de 15 estações. Em seguida procedeu-se ao cálculo da média de 15 anos destas pêntadas. Vale ressaltar que para anos bissextos a precipitação do dia 29 de fevereiro foi somada a do dia 28, de forma a se ter o mesmo número de elementos para todas as séries.

Espectros de potências das pêntadas móveis de precipitação de novembro a maio foram calculados individualmente para cada ano em estudo, com vistas em identificar as frequências predominantes.

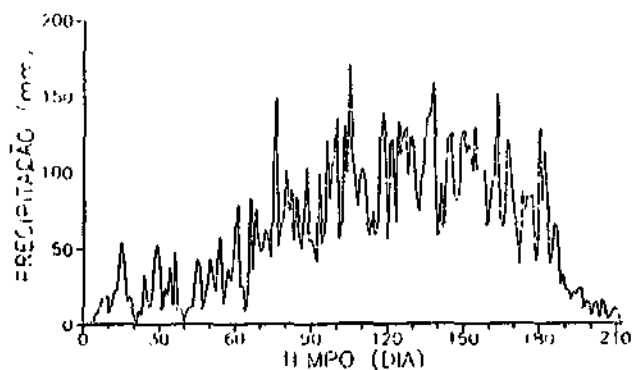


Fig. 1. Precipitação diária acumulada (soma das precipitações diárias das 15 estações pluviométricas) sobre a região do Cariri, média de 15 anos

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação diária totalizada sobre as 15 estações, média de 16 anos, para os meses de novembro a maio é mostrada na Figura 1. Claramente o início da estação chuvosa no sul do Ceará é gradual, isto é, a precipitação aumenta lentamente, atingindo os valores da estação chuvosa em dois meses (novembro e dezembro). Por outro lado, o término da estação chuvosa é bastante abrupto e acontece no início de maio. Este comportamento pluviométrico é oposto ao de outras regiões do globo, com estação chuvosa bem definida, tais como o regime de monções da Ásia (Joint Organizing Committee, loc. cit.) e a convecção tropical na Amazônia (Horel et al., 1989).

O Cariri localiza-se em uma área de "transição" entre o norte e o sul do NEB, podendo estar sujeito às influências de sistemas frontais e da ZCIT. De novembro a janeiro ocorrem chuvas razoavelmente intensas e intermitentes, o que sugere a influência de sistemas frontais e de vórtices ciclônicos de altos níveis. A maior regularidade das chuvas durante a estação chuvosa, especialmente de fevereiro ao início de maio (Figura 1), indica que as chuvas devem estar associadas principalmente à atuação da ZCIT. Kousky (1979) mostrou que a precipitação mensal atinge o máximo no norte do NEB (inclusive o Estado do Ceará) durante março-abril. Por outro lado, este máximo de precipitação pode ser atribuído à posição latitudinal da ZCIT, que atinge a posição sul extrema durante estes meses (Hastenrath and Heller, 1977).

A Figura 2 mostra as pêntadas móveis de precipitação média na área do Cariri durante as estações pré-chuvosa e chuvosa de 1974/75 a 1988/89. É notável para vários anos (1974/75, 1978/79, 1979/80, 1980/81, 1982/83, 1986/87) a ocorrência de chuvas intensas quase periódicas, com aproximadamente 4 picos em seis meses. Nota-se uma tendência de os sucessivos picos de chuvas apresentarem valores gradualmente maiores, em particular durante os anos de El Niño (1978/79, 1982/83, 1986/87). O comportamento quase-periódico da precipitação do

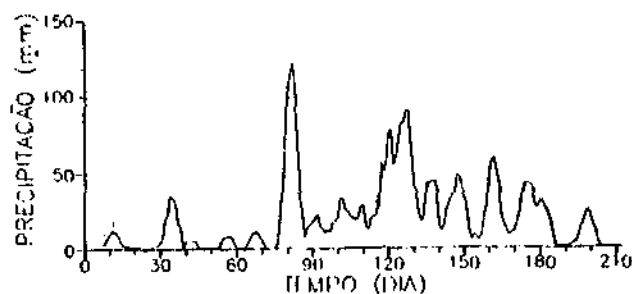


Fig. 2. Pêntadas móveis da precipitação sobre a região do Cariri para novembro a maio de: a) - o, para 1974/75 a 1988/89, respectivamente.

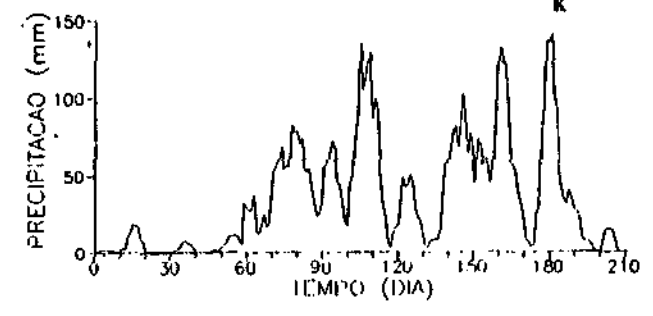
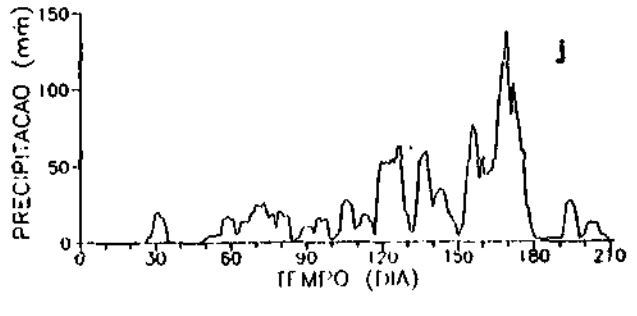
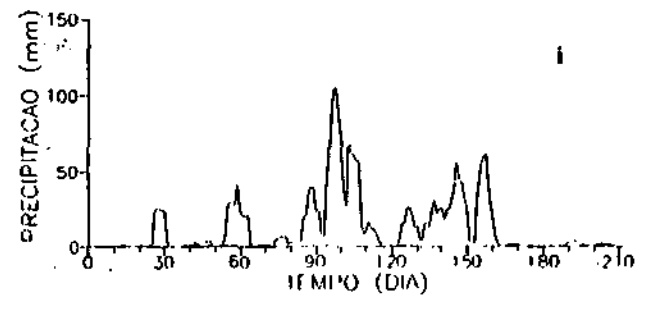
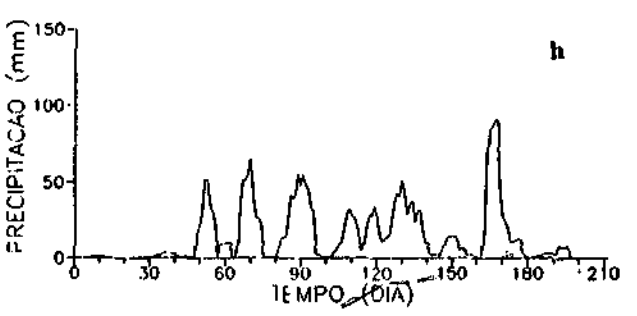
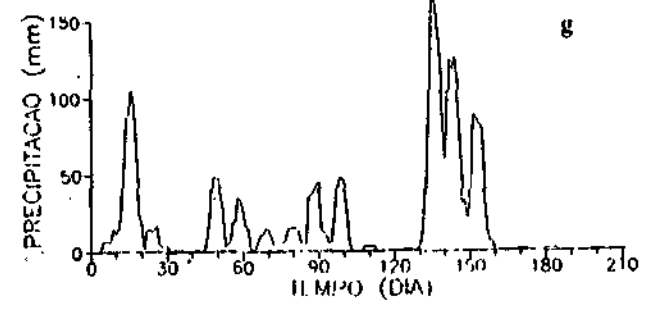
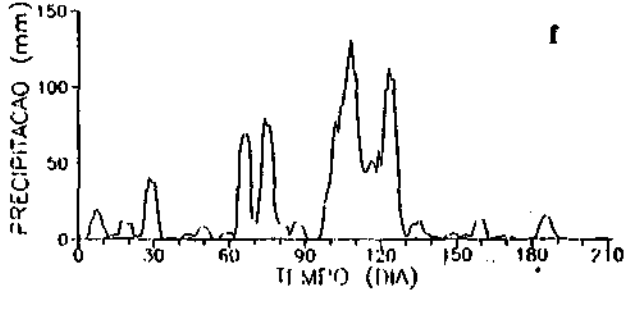
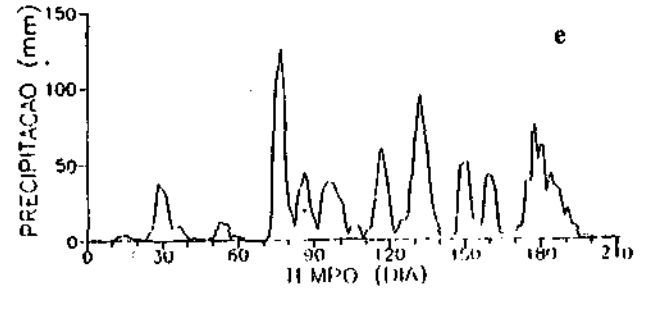
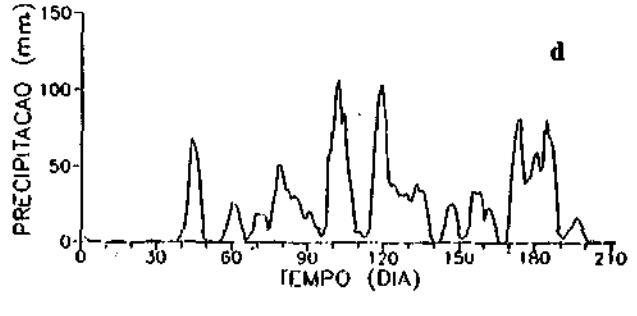
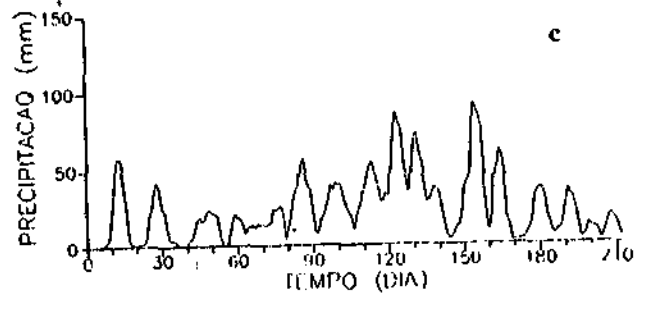
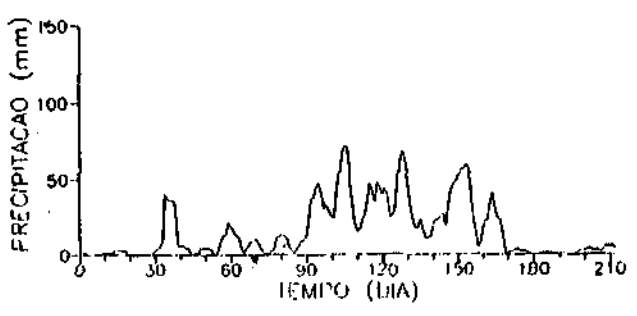


Fig. 2 - Continuação.

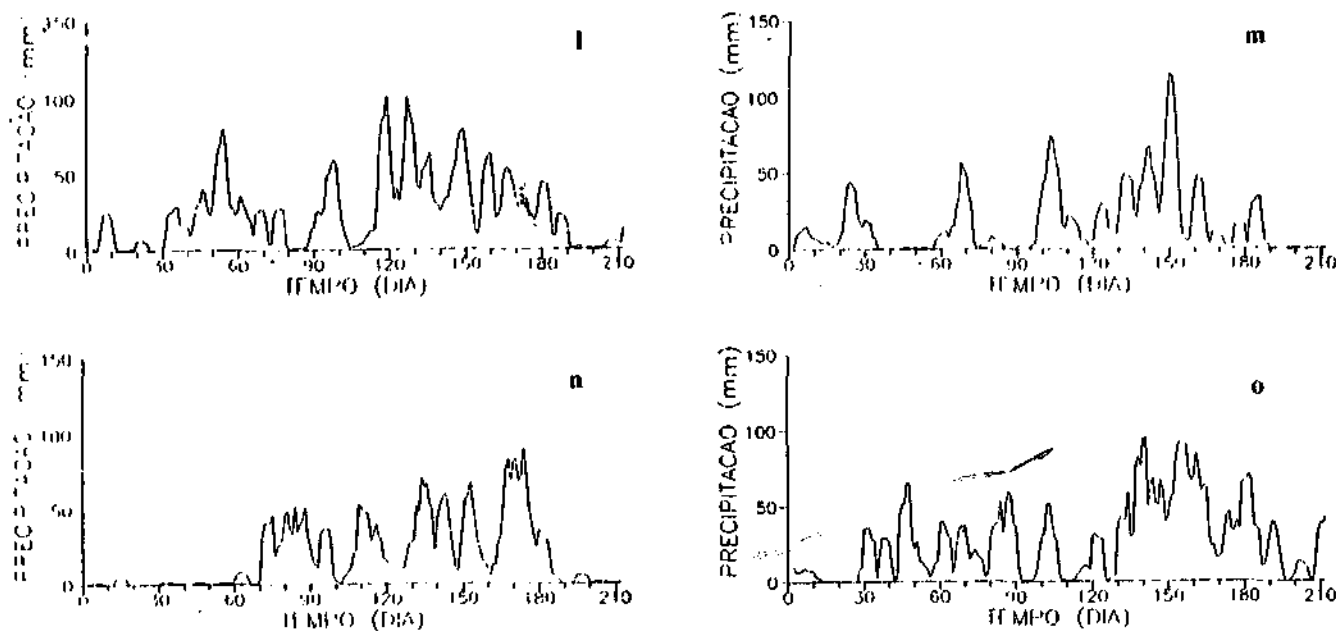


Fig. 2 - Conclusão.

Cariri poder estar relacionado com a oscilação de 30-60 dias estudada por Weickmann (1983) e Weickmann et al. (1985). Casarin e Kousky (1986) e Kayano et al. (1990) também apresentaram evidências observacionais dos efeitos desta oscilação sobre a região sul-americana.

A oscilação nos dados de precipitação apresentou um período com um valor de 30-50 dias, menos variável na área do Cariri do que as oscilações de 30-60 dias documentadas para outras regiões (Weickmann loc. cit.; Weickmann et al., loc. cit.). Este fato poderá eventualmente ser explorado para aplicações em previsão de longo prazo.

Para os demais anos a atuação da oscilação intra-sazonal não foi muito evidente, pois picos de chuvas intensas com periodicidade menor foram dominantes (Figura 2). Nestes anos, possivelmente outros fatores atuaram conjuntamente de forma a mascarar os sinais desta oscilação na precipitação do Cariri.

Contudo, o espectro de potência das pênadas móveis de precipitação de novembro a maio média na área do Cariri apresentou para a maioria dos anos a predominância de flutuações com períodos de 30 a 50 dias (Figura 3). A Tabela 1 indica fortemente que esta oscilação pode ter efeitos marcantes no regime pluviométrico desta área, uma vez que para 11 dos 15 analisados foram encontrados picos significantes na faixa de frequências entre 0,0190/dia a 0,0316/dia, correspondentes a períodos de 53 a 32 dias. Estes resultados reforçam e confirmam os de pesquisas

anteriores citadas acima, concernentes aos efeitos desta oscilação na precipitação do NEB.

Kousky (1985) documentou uma intensa atuação da oscilação intra-sazonal de dezembro de 1984 a fevereiro de 1985. Por outro lado, Sugihara et al. (1986) estimaram o espectro de variância para os dados da estação climatológica do IAG/USP, Brasil (23°39'S, 43°37'W), do período 1975-1980, e encontraram oscilações de 20-60 dias na pressão de superfície e radiação solar. Os espectros simples e cruzado para a altura geopotencial (vários níveis) de Congonhas, SP, Brasil para 1975-1980 apresentaram picos para períodos de 20-60 dias apenas no inverno de 1975 e verão de 1980 (Dorelo et al., 1986). Portanto, existe uma concordância destes resultados com os apresentados neste artigo.

A variabilidade de precipitação no NEB na escala de tempo intra-sazonal tem sido associada a incursões de sistemas frontais (Kousky, 1979; Virji and Kousky, 1983) e aos vórtices ciclônicos de altos níveis (Kousky and Gan, 1981) que atuam no sul do NEB e adjacências, principalmente durante o verão austral.

É interessante notar que os espectros na Figura 3 mostram periodicidade significativa na faixa de 8 a 12 dias. A existência de oscilações com períodos em torno de 10 dias foi evidenciada para os dados da estação climatológica de Congonhas (Dorelo et al., 1986). Portanto, estas oscilações na região do Cariri e em Congonhas podem ter em comum algum mecanismo que as excitem. O mecanismo mais provável deve estar relacionado com as incursões de sistemas frontais. No

Tabela 1

Picos no espectro de potências para períodos entre 20 e 80 dias, correspondentes a frequências de 0,05/dia e 0,0625/dia. Os períodos em negrito marcam os similares aos da oscilação intra-sazonal

Ano	Períodos	
74/75	23	53
75/76	32	
76/77	32	
77/78	20	79
78/79	20	53
79/80	20	53
80/81	20	79
81/82	20	40
82/83	53	
83/84	53	
84/85	40	
85/86	23	
86/87	40	
87/88	20	32
88/89	20	

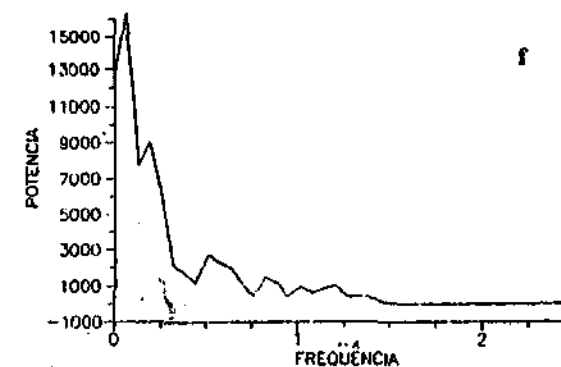
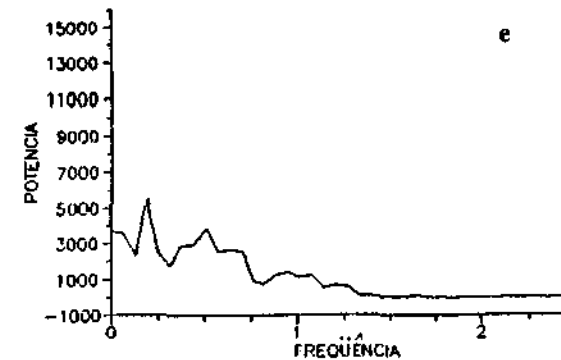
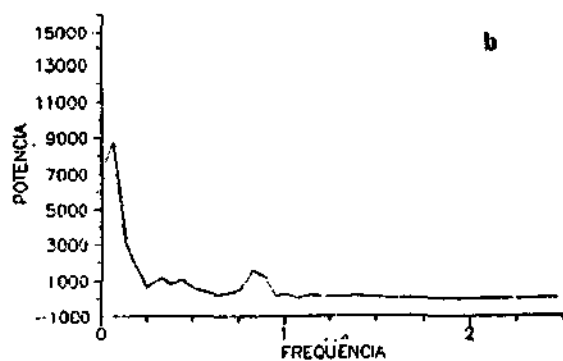
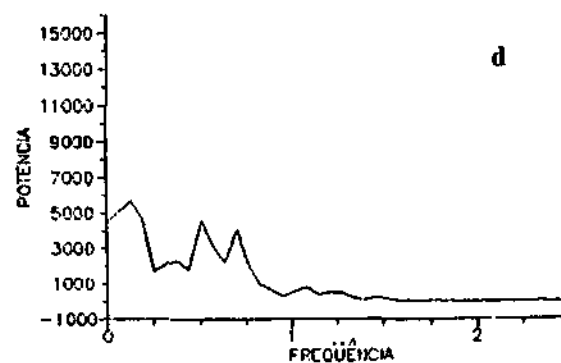
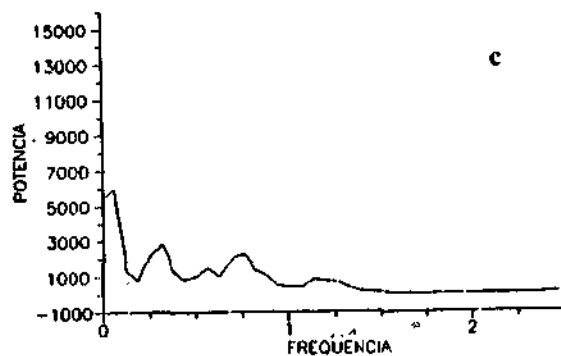
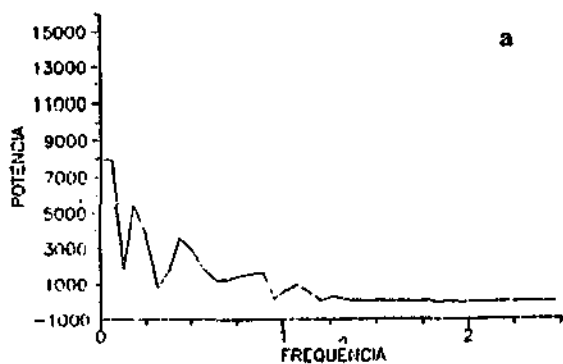
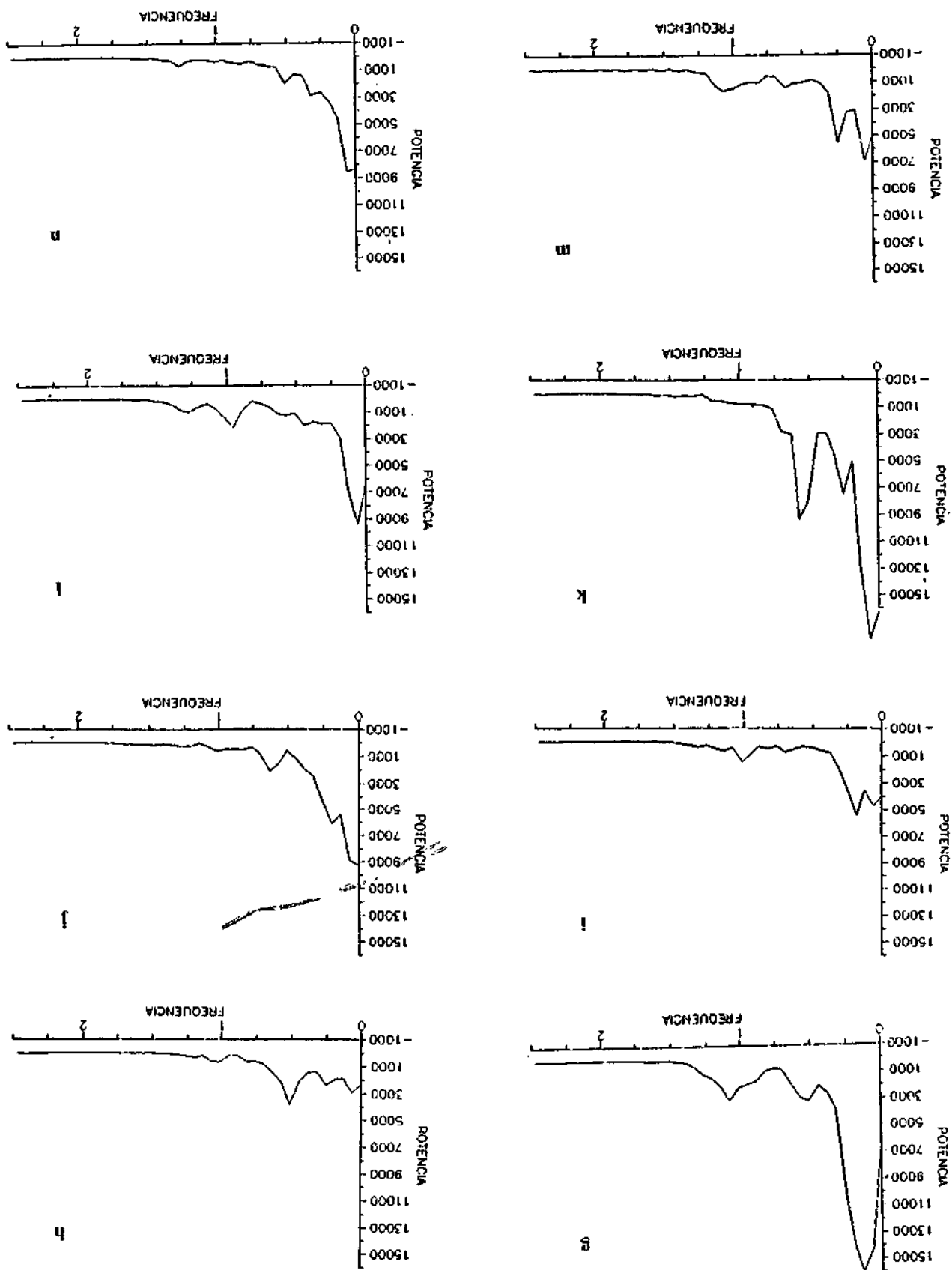


Fig. 3 - Espectro de potência para as pntadas móveis da precipitação sobre a região do Cariri para novembro a maio de: a) - o), para 1974/75 a 1988/89, respectivamente. A unidade das ordenadas é mm^2/dia e a das abscissas é dia^{-1}

Fig. 3 - Continuação.



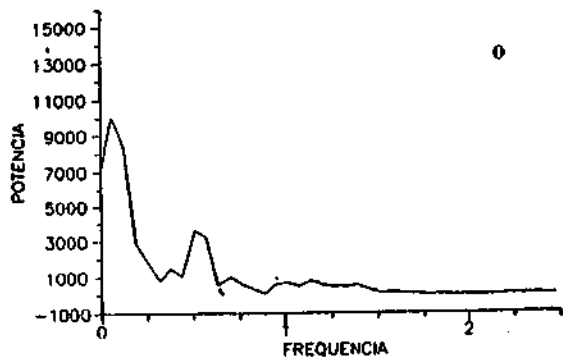


FIG. 3 - Conclusão..

caso do Cariri, os vórtices ciclônicos de altos níveis também podem causar variabilidade climática nesta escala de tempo (períodos de 8 a 12 dias) em virtude de a duração destes sistemas variar de alguns dias a mais que um mês (Kousky and Gan, 1981).

Por outro lado, tem sido amplamente documentada a influência da ZCIT durante o outono austral na precipitação do norte do NEB (Hastenrath and Heller, 1977; Uvo e Nobre, 1989). As análises das séries de precipitação do Cariri indicam que os efeitos da ZCIT nesta área podem ser modulados pelas oscilações intra-sazonais.

4. CONCLUSÕES

Durante o verão e outono austrais de vários anos, do período de 1974/75 a 1988/89, foram encontradas evidências da influência da oscilação intra-sazonal (oscilação de 30 a 60 dias) no clima do sul do Ceará (Cariri), através das análises de séries de pentadas móveis de precipitação média desta área. Tais análises mostraram claramente a existência de oscilações no campo de precipitação, com periodicidade de 30 a 50 dias. Mesmo nos anos em que a atuação desta oscilação não foi muito nítida, foram observados picos de chuvas intensos com periodicidade de 30-50 dias superpostos a oscilações com períodos menores.

Os sinais da oscilação 30-60 dias na precipitação do Cariri foram aparentemente mais fortes em anos de El Niño. Isto indica que nestes anos esta oscilação pode ser um fator determinante da distribuição de chuvas no sul do Ceará. Vale contudo ressaltar que as séries analisadas não são suficientemente longas para resultados conclusivos.

Além disso, a análise do espectro de potências não deixa dúvidas quanto à importância desta oscilação na precipitação dessa área. Haja vista a existência de picos significantes para períodos de 32 a 53 dias, para 11 dos 15 anos analisados. A periodicidade de 32 a 53 dias é menos variável do que a observada em outras partes do globo (Weickmann, 1983; Weickmann et al., 1985; Madden and Julian 1971). Isto sugere que o monitoramento desta oscilação e seu melhor entendimento poderão fornecer subsídios relevantes à previsão de longo prazo.

Estes resultados indicam que a oscilação intra-sazonal pode ter influência marcante no regime pluviométrico do Cariri, o que possivelmente determina em grande parte a distribuição sazonal das chuvas desta área.

Outro fato mostrado pelas análises da precipitação no Cariri é um início gradual da estação chuvosa durante novembro e dezembro e um término abrupto das chuvas no início de maio. Este comportamento do regime pluviométrico desta área é oposto ao de outras regiões tropicais e subtropicais com uma estação chuvosa bem definida.

O clima do NEB tem características ímpares quando comparado com o de outras regiões do globo na mesma faixa latitudinal. A duração do início e término da estação chuvosa, no caso do Cariri, revela-se também como outro aspecto diferenciado, ao menos para esta subregião. Isto ressalta ainda mais a importância do estudo do clima do NEB, cuja economia baseia-se primordialmente na agricultura, em geral não irrigada.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Naide de Fátima Farias de Oliveira o trabalho de digitação do manuscrito, e a Ricardo Sobral de Oliveira a elaboração de alguns programas de computador.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, J.M.B.; Kayano, M.T. Estudo preliminar da precipitação no sul do Ceará durante a pré-estação chuvosa. *Climanálise*, 6(4), 41-50, 1991.
- Casarin, D.P., and Kousky, V.E. Anomalias da precipitação no sul do Brasil e variáveis na circulação atmosférica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 1, 83-90, 1986.
- Dorelo, M.B.; Silva Dias, P.L.da; Sugahara, S. Características espectrais da estrutura vertical da radiossondagem de São Paulo. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 1, 106-111, 1986.
- Horel, J.D.; Hahmann, A.N.; Geisler, J.E. An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. *J. Climate*, 2, 1388-1404, 1989.
- Hastenrath, S.; Heller, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 103, 72-92, 1977.
- Joint Organizing Committee, The monsoon experiment. GARP publications series, n 18, World Meteorological Organization, Geneva, pp 123, 1976.

- Kayano, M.T.; Rao, V.B.; Moura, A.D. Tropical circulation and the associated rainfall anomalies during 1983-1984. *J. Climatol.*, 8, 477-488, 1988.
- Kayano, M.T.; Kousky, V.E.; Studzinski, C.M.; Silva Dias, P.L. da. As variações intra-sazonais da precipitação no Brasil durante o verão de 1988/1990. *Climanálise*, 5, 40-50, 1990.
- Kousky, V.E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1140-1153, 1979.
- Kousky, V.E. The global climate December 1984-February 1985: a case of strong intraseasonal oscillations. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 2158-2172, 1985.
- Kousky, V.E.; Gan, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, 33, 538-551, 1981.
- Kousky, V.E., Kagano, M.T.; Cavalcanti, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: Oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36A, 290-504, 1984.
- Madden, R.A.; Julian, P.R. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702-708, 1971.
- Moura, A.D.; Shukla, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2653-2675, 1981.
- Ropelewski, C.F.; Halpert, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626, 1987.
- Silva Dias, P.L. da.; Caplan, P.; Kousky, V.E. As chuvas intensas de fevereiro de 1988: Circulação global e previsibilidade. *Anais do V Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 2, IX.6-IX.10, 1988.
- Sugahara, S.; Dorelo, M.B.; Silva Dias, P.L. da Análise espectral dos dados da estação meteorológica do I.A.G./U.S.P. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Vol 1, 99-104, 1986.
- Uvo, C.R.B.; Nobre, C.A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *Climanálise*, 4(7): 34-40, jul., 1989.
- Virji, H.; Kousky, V.E. Regional and global aspects of a low latitude frontal penetration in Amazonas and associated tropical activity. *Preprints of the First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology*, São José dos Campos, SP, Brazil, 215-220, 1983.
- Weickmann, K.M. Intraseasonal circulation and outgoing longwave radiation modes during Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.* 111, 1838-1858, 1983.
- Weickmann, K.M.; Lüssky, G.R.; Kutzbach, J.E. A global-scale analysis of intraseasonal fluctuations of outgoing longwave radiation and 250 mb stream function during northern winter. *Mon. Wea. Rev.* 113, 941-961, 1985.