

INÍCIO DAS CHUVAS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL: ANÁLISE CLIMATOLÓGICA

Lincoln Muniz Alves, José A. Marengo, Christopher A. C. Castro

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Rodovia Presidente Dutra, Km 39 - Cachoeira Paulista/SP

lincoln@cptec.inpe.br, marengo@cptec.inpe.br, castro@cptec.inpe.br

ABSTRACT – In order to explain to the most diverse activities of the society on the onset of the rainy season in Southeastern, Center-West and south northeastern Brazil, the purpose of this work is to analyze the results of researches concerning on the onset of the rainy season in a pentad scale and its possible fluctuations. A pentad climatology was obtained using outgoing longwave radiation (OLR) thresholds of 240, 230 and 220 W/m², for the period of 1979 to 2000. A similar analysis with pentad precipitation to verify the previous methodology is also presented. For precipitation 2, 3, 4 and 5 mm were used as thresholds. The used precipitation base period was from 1968 to 1997. Both OLR and precipitation agree on the onset pentad (between pentad 54 to 56).

1. INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI, no ápice de toda uma tecnologia que nos envolve temos a água como um bem precioso e finito. Prova disto, foram as recentes manifestações de conscientização da importância desta nas mais diversas atividades que a utilizam, a exemplo, das hidroelétricas, na produção de energia, agricultura, transporte, etc.

No meio de toda essa preocupação da crise de energia, todo o País perguntava-se “*Quando as chuvas iriam começar?*”, “*Se as chuvas irão adiantar ou atrasar?*” nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e sul do Nordeste, regiões estas onde se encontram as bacias de drenagem que abastecem os principais reservatórios do sistema hidroelétrico do País.

A fim de esclarecer os mais diversos segmentos da sociedade quanto aos aspectos relacionados ao início da estação chuvosa, este trabalho tem por objetivo analisar os resultados de pesquisas quanto a uma data média do início da estação chuvosa numa escala mensal e suas possíveis flutuações. Entretanto, para alcançar uma compreensão desta análise é fundamental levar em consideração os processos atmosféricos de diferentes escala de tempo.

Na literatura, encontramos diversos trabalhos que enfocam nestas áreas os mais diversos aspectos da chuva, em várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a planetária (milhares de quilômetros) até a escala local (alguns quilômetros): Tarifa (1975); Gomes & Massambani (1984); Silva Dias (1987); Sugahara (1991); Kousky et. al., (1984).

2. DADOS E METODOLOGIA

São vários os métodos que têm sido utilizados para identificar e prever o início das chuvas em diversas regiões do globo. Para tanto, a maioria dos estudos utilizam dados de Radiação de Onda Longa-ROL (variável que permite inferir a ocorrência ou não de chuva em determinada área do globo). O campo de ROL é um bom indicador da variabilidade interanual e intrasazonal de profunda convecção (chuva) em regiões tropicais, como mencionado em Kousky (1988), Horel et. al., (1989), Marengo et. al., (2001), Heddinghaus & Krueger (1981), Janowiak et. al., (1985).

No entanto, outros autores baseiam-se no total de chuva diária acumulada em um determinado período ou pântadas (Sugahara, 1991; Virmani, 1975; Benoit, 1977; Nicholls et. al., 1982).

No desenvolvimento deste estudo, foram utilizados dados diários interpolados de ROL provenientes do “NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center” com resolução espacial de 2.5°x2.5° para o período entre 1979 a 2000, bem como dados diários interpolados de precipitação (Fonte: CMCD/INPE, CPTEC/INPE, ANEEL e INMET) com resolução espacial de 1°x1° para o período entre 1968 a 1997.

As médias pentadais ou média de 5 dias de ROL e precipitação foram calculadas a partir dos dados diários, sem sobreposição de datas, obtendo-se então, para cada ano um total de 73 pântadas (Tabela 1). Para um ano bissexto, o dia 29 de fevereiro foi incluído na pântada 12 (25/Fev-01/Mar), de tal forma que, o valor desta pântada representa neste caso uma média de seis dias.

Para o início da estação chuvosa com base nos dados de ROL adotou-se uma definição semelhante à de Kousky (1988): (a) primeira ocorrência de ROL médio inferior a 240 W/m^2 ; (b) a condição (a) ser precedida por 12 pântadas tendo pelo menos em 10 pântadas $> 240 \text{ W/m}^2$; (c). a condição (a) ser seguida por 12 pântadas com pelo menos 10 pântadas $< 240 \text{ W/m}^2$. Foram analisados também os limiares de 220 e 230 W/m^2 utilizando os mesmos critérios discutidos acima.

Com relação as pântadas de chuva adotou-se um critério semelhante a de Virmani (1975) e Sugahara (1991), com as seguintes imposições: (a) a partir da pântada de número 37, que está dentro da estação seca; (b) a primeira ocorrência de uma pântada $\geq 2 \text{ mm}$; (c) a condição (b) ser seguida e precedida por 5 pântadas com pelo menos 2 pântadas $> 2 \text{ mm}$. Similar aos dados de ROL analisou-se também os limiares de 3, 4 e 5 mm.

Tabela 1 – Número de pântadas e as datas correspondentes ao calendário convencional

Pântada	Datas	Pântada	Datas
1	1-5 de Janeiro	38	5-9 de Julho
2	6-10 de Janeiro	39	10-14 de Julho
3	11-15 de Janeiro	40	15-19 de Julho
4	16-19 de Janeiro	41	20-24 de Julho
5	20-24 de Janeiro	42	25-29 de Julho
6	25-29 de Janeiro	43	30 de Jul. a 3 Agosto
7	30 de Jan. a 4 Fev	44	4-8 de Agosto
8	5-9 de Fevereiro	45	9-13 de Agosto
9	10-14 de Fevereiro	46	14-18 de Agosto
10	15-19 de Fevereiro	47	19-23 de Agosto
11	20-24 de Fevereiro	48	24-28 de Agosto
12	25 de Fev. a 1 de Mar	49	29 de Ago. a 2 Set.
13	2-6 de Março	50	3-7 de Setembro
14	7-11 de Março	51	8-12 de Setembro
15	12-16 de Março	52	13-17 de Setembro
16	17-21 de Março	53	18-22 de Setembro
17	22-26 de Março	54	23-27 de Setembro
18	27-31 de Março	55	28 de Set. a 2 de Out.
19	1-5 de Abril	56	3-7 de Outubro
20	5-10 de Abril	57	8-12 de Outubro
21	11-15 de Abril	58	13-17 de Outubro
22	16-20 de Abril	59	18-22 de Outubro
23	21-25 de Abril	60	23-27 de Outubro
24	26-30 de Abril	61	28 Out. a 1 de Nov.
25	1-5 de Maio	62	2-6 de Novembro
26	6-10 de Maio	63	7-11 de Novembro
27	11-15 de Maio	64	12-16 de Novembro
28	16-20 de Maio	65	17-21 de Novembro
29	21-25 de Maio	66	22-26 de Novembro
30	26-30 de Maio	67	27 Nov. a 1 de Dez.
31	31 de Maio a 4 Junho	68	2-6 de Dezembro
32	5-9 de Junho	69	7-11 de Dezembro
33	10-14 de Junho	70	12-16 de Dezembro
34	15-19 de Junho	71	17-21 de Dezembro
35	20-24 de Junho	72	22-26 de Dezembro
36	25-29 de Junho	73	27-31 de Dezembro
37	30 de Jun. a 4 de Jul.		

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, será discutido brevemente a variação sazonal da chuva e os mais diversos aspectos relacionados com esta variável. Em adição, serão feitas análises dos campos pentadais de ROL e chuva, na área em

estudo (Figura 1), estabelecendo-se também uma comparação entre as duas variáveis, bem como as prováveis datas de início das chuvas.

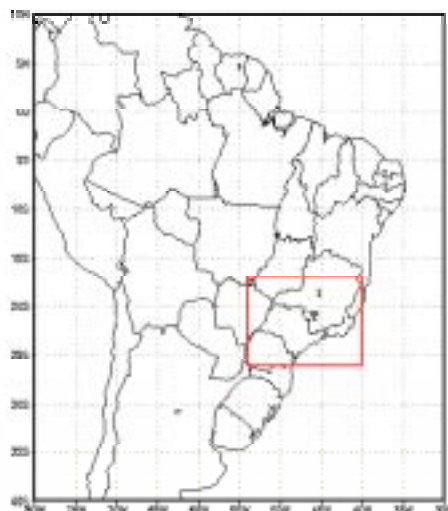


Figura 1 – Localização da área utilizada no estudo (retângulo vermelho)

As Regiões Sudeste, Centro-Oeste e sul do Nordeste, devido ao posicionamento latitudinal, caracterizam-se por serem áreas de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos, do tipo temperado das latitudes médias (Silva Dias & Marengo, 1999). O regime anual da chuva é altamente sazonal, basicamente com verão chuvoso e inverno seco, com total de chuva média anual acumulada variando entre 1500 e 2000 mm. O trimestre mais seco ocorre nos meses de junho-julho-agosto com totais de chuva em torno de 30 mm em grande parte do Brasil Central. O trimestre mais chuvoso ocorre no período de dezembro-janeiro-fevereiro.

Essa grande variabilidade é influenciada diretamente pelos sistemas de circulação atmosférica que serão citados a seguir.

Há evidências de que o El Niño pode influenciar a distribuição das chuvas em várias partes do Brasil, inclusive na Região Sudeste, conforme Kousky et. al. (1984). Outros fenômeno que tem relação com as chuvas na região são a Oscilação de 30-60 dias, observado durante todo o ano (Nobre & Melo, 2001), bandas de nuvens associadas a frentes frias, complexos convectivos de mesoescala (Silva Dias et. al., 1986) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS (Sanches, 2002).

As pântadas médias de ROL, utilizando um limiar de 240 W/m^2 , do início da estação chuvosa, é apresentada na Figura 2 (número de pântadas correspondentes as datas da Tabela 1). As regiões em branco são as que não satisfizeram os critérios estabelecidos. Ressalta-se que apesar da figura mostrar pântadas médias para todo o país o enfoque é dado apenas para a região de estudo ($17^\circ\text{-}26^\circ\text{S}$ e $54^\circ\text{-}40^\circ\text{W}$). De acordo com a figura, espera-se que as primeiras chuvas comecem, em média, entre 3 e 7 de outubro (Pântada 56), ou seja, durante a primavera o que sugere que são resultantes de fenômenos de escala de tempo pequenas, uma vez que esta região ainda se encontra sobre um padrão de inverno.

Utilizando-se outros limiares, a exemplo de 230 e 220 W/m^2 , nota-se então que o período de transição do seco para o chuvoso é sensivelmente afetado pelo critério estabelecido havendo, portanto, um adiamento destas datas (Figura 3) quando comparadas com as da Figura 2. Então as datas para os limiares de 230 e 220 W/m^2 são aproximadamente 18-22 de outubro (Pântada 59) e 12-16 de novembro (Pântada 64), respectivamente.

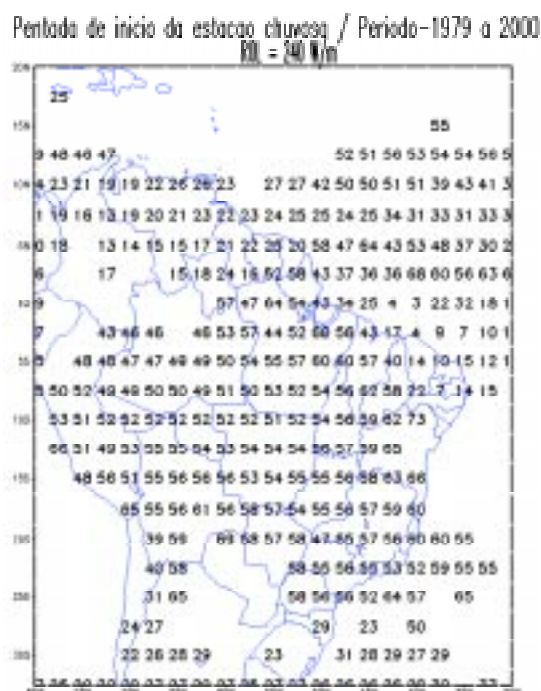


Figura 2 – Pêntadas médias do início da estação chuvosa para o período de 1979 a 2000, baseados em dados de ROL com limiar de 240W/m²

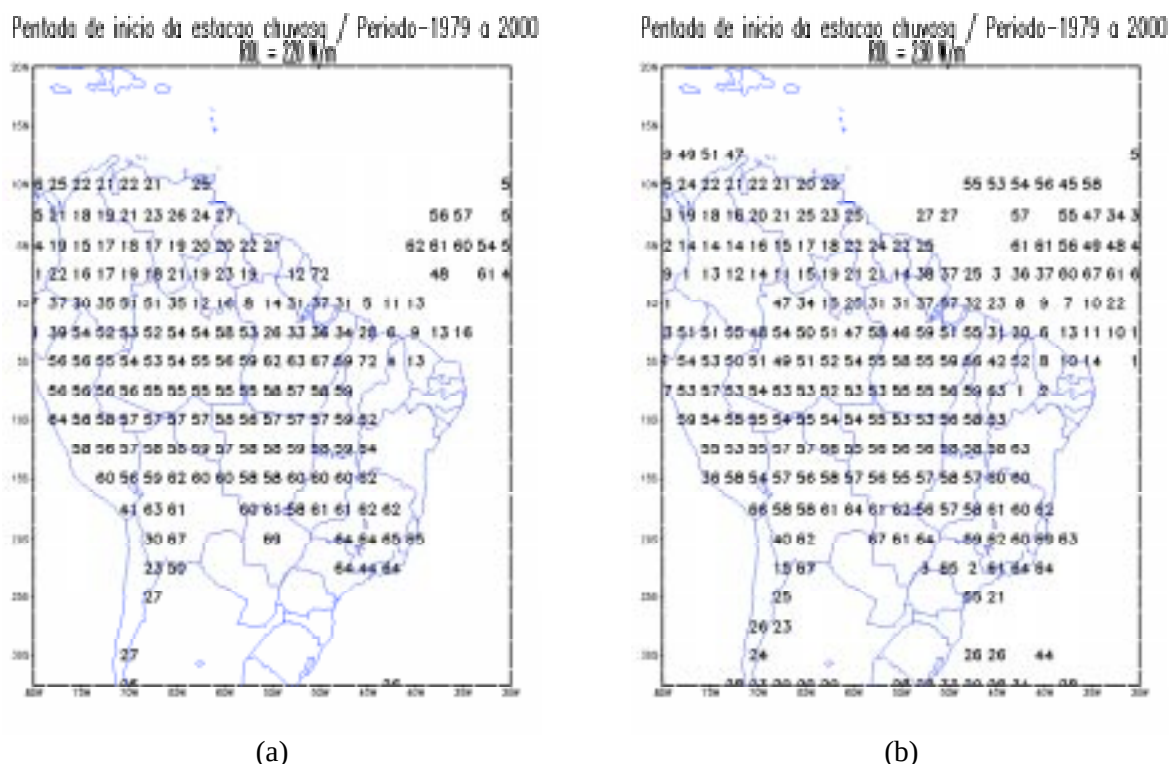


Figura 3 – Pêntadas médias do início da estação chuvosa para o período de 1979 a 2000, baseados em dados de ROL com limiar de 220W/m² (a) e 230W/m² (b)

As pêntadas médias de início da estação chuvosa, baseada nos dados diários de chuva usando um limiar de 2 mm, são demonstradas na Figura 4. De acordo com a figura, o início da estação chuvosa se dá, em média, entre 23 e 27 de setembro (pêntada 54). Essas datas a, grosso modo, são consistentes com aquelas encontradas por Kousky (1988), usando somente dados de ROL e Sugahara (1991) com dados de precipitação. As diferenças obtidas são devidas, possivelmente as ordens cronológicas e as metodológicas utilizadas.

Kousky (1988), observando a evolução temporal do campo de ROL sobre o setor da América do Sul, notou que essas datas (início e final da estação chuvosa) estão associadas com o ciclo anual da ZCAS, uma vez que esta começa a se intensificar entre o final de setembro e início de outubro.

Da mesma forma que os dados de ROL, foram utilizados também limiares de 3, 4 e 5 mm (Figura 5), no qual se observa uma tendência semelhante a apresentada com os dados de ROL, ou seja, um retardamento das datas de início, sendo estas 13 a 17 de outubro (pêntada 58), 2 e 6 de novembro (pêntada 62), e 12 e 16 de novembro (pêntada 64), respectivamente.

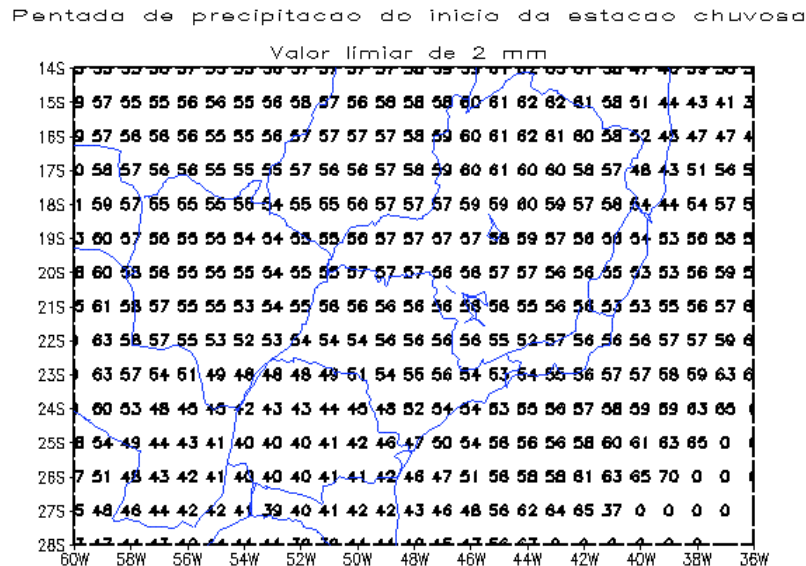
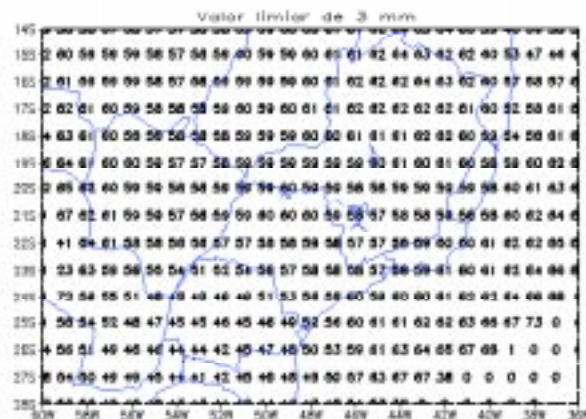
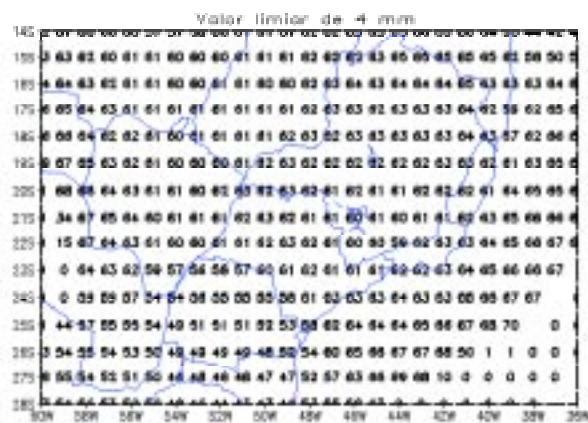


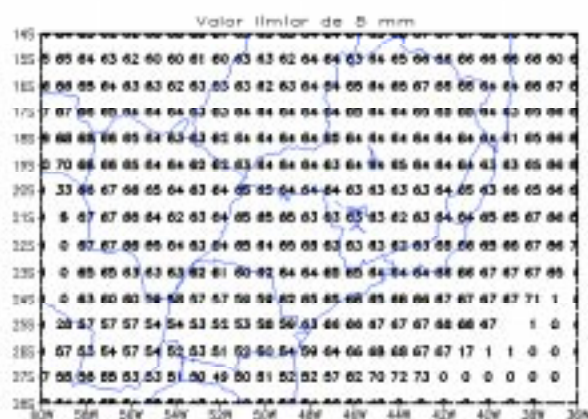
Figura 4 – Pêntadas médias do início da estação chuvosa para o período de 1968 a 1997, baseados em dados diários de chuva com limiar de 2 mm (Fonte: CMCD/INPE, CPTEC/INPE, ANEEL e INMET)



(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Pântadas médias do início da estação chuvosa para o período de 1968 a 1997, baseados em dados diários de chuva com limiar de 3 mm (a), 4 mm (b) e 5 mm (c) (Fonte: CMCD/INPE, CPTEC/INPE, ANEEL e INMET)

Vê-se claramente uma enorme variabilidade na definição da data média do início das chuvas que depende exclusivamente do critério e dos limiares escolhidos.

Outro ponto que merece destaque é o quão dependente é a estação chuvosa destas datas. Procurando responder a esta interrogação tentou-se mostrar que independentemente do período dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) ser chuvoso, normal ou seco. Caracterizou como trimestre seco, normal ou chuvoso com base no total acumulado no trimestre, ou seja, DJF normais aqueles com totais acumulados de chuva compreendidos no intervalo $(\mu - \sigma/2)$ e $(\mu + \sigma/2)$, como chuvoso aqueles onde o total fosse superior a $(\mu + \sigma/2)$ e seco fosse inferior a $(\mu - \sigma/2)$. Onde μ é a média do total acumulado de chuva no trimestre para o período de 1968 a 1997 e σ o desvio padrão sobre toda a amostra de dados. Como se pode observar 72% dos casos analisados, considerando um período de 30 anos e usando um limiar de 2 mm, estão entre as pântadas 51 e 57, ou seja, entre pântada média (54) $\pm$ o desvio da amostra (3), como pode ser visto na Figura 6. Portanto, ressalta-se que a qualidade da estação chuvosa independe da antecipação ou atraso das chuvas, ficando a estação dependente de outros fatores.

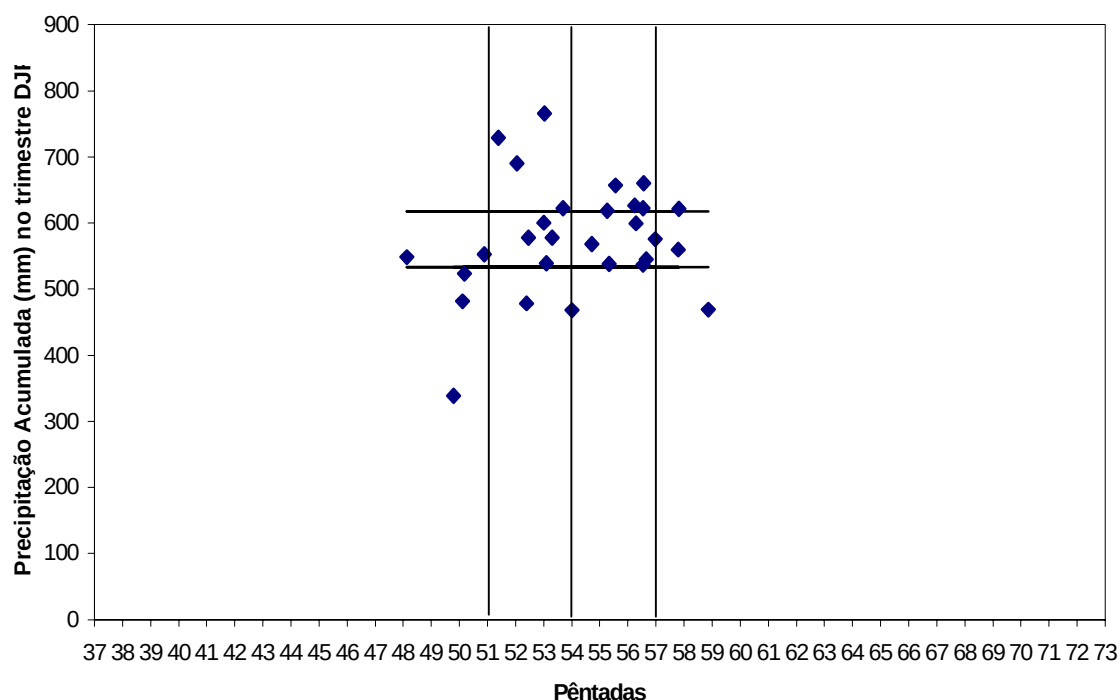


Figura 6 – Gráfico de dispersão entre as pênadas médias e a precipitação acumulada no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) no período que compreende 1968 a 1997

4. CONCLUSÕES

Com base nas discussões dos resultados apresentados na seção anterior as conclusões mais relevantes foram as seguintes:

- A estação chuvosa tem início mais provável entre as pênadas 54 e 56 (23 de setembro e 7 de outubro), sendo estas datas aproximadamente coincidentes com as apresentadas por Kousky (1988) e Sugahara (1991);
- Associadas a essas datas estão o ciclo sazonal das ZCAS e outras mudanças atmosféricas de grande escala, como discutido por outros Kousky (1988);
- As datas de início, de qualquer modo, são completamente sensíveis a variação do limiar escolhido;
- A qualidade da estação chuvosa (seca, normal ou chuvosa) independe da antecipação ou atraso da data de início.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de Previsão Climática do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC pelas valiosas contribuições. O primeiro autor agradece também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pelo suporte concedido através de bolsa de pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benoit, P.; 1977: *The Start of the Growing Season in Northern Nigeria*. Agric. Meteolo., 18, 91.
- Gomes, A. M.; Massambani, O.; 1984: *Aspectos Meteorológicos Associados a Eventos em São Paulo – Estudo de Casos*. Anais do III Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte, 3-7 de Dezembro, 216-220.
- Heddinghaus, T. R.; Krueger, A. F.; 1981: *Annual and Interannual Variations in Outgoing Longwave Radiation over the Tropics*. Monthly Weather Review, 109, 1208-1218.
- Horel, J. D., A. N. Hahmann, and J. E. Geisler, 1989: *An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas*. Journal of Climate, 2, 1388-1403.

- Janowiak, J. E.; Krueger, A. F.; Arkin, P. A. and Gruber, A. 1985; *Atlas of Outgoing Longwave Radiation Derived from NOAA Satellite Data*. NOAA Atlas nº 6, NOAA/NWS/NESDIS U.S. Dept. of Commerce, Silver Spring, Maryland 20907, 44pp.
- Kousky, V. E., 1988: *Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector*. Revista Brasileira de Meteorologia, 3, 217-231.
- Kousky, V. E., Kagano, M. T.; Cavalcanti, I. F.; 1984: *A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies*. Tellus, 364, 490-504.
- Marengo, J., 1992: *Interannual variability of surface climate in the Amazon basin*. Int. J. Climatol., 12, 853-863.
- Marengo, J., Liebmann B., Kousky, V. E., Filizola, N. P., Wainer, I. C., 2001; *Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin*. American Meteorological Society, 14, 833-852.
- Nicholls, N., J. L. McBride, and R. J. Ormerod, 1982: *On predicting the onset of the Australian wet season at Darwin*. Monthly Weather Review, 110, 14-17.
- Nobre, P., Melo, A. B. C. de, 2001: *Variabilidade Climática Intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000*. Revista Climanálise, dezembro.
- Sanches, M. B.; 2002: *Análise Sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) Utilizando-se a Técnica de Composição*. Dissertação de Mestrado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1-4.
- Silva Dias, M. A. F., Scola J., Sugahara, S.; 1986: *Diagnóstico de sistemas organizados através do método da média ponderada em meso e grande escala*. Anais do IV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília-DF, 20-24 de Outubro, 2, 117-122.
- Silvas Dias, M. A. F.; 1987: *Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo*. Revista Brasileira de Meteorologia, 2, 133-150.
- Sugahara, S., 1991: *Flutuações interanuais, sazonais e intrasazonais da precipitação no Estado de São Paulo*. Tese de doutorado pela Universidade de São Paulo, 63-91.
- Tarifa, M. L., 1971: *Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera-Verão no Estado de São Paulo. Uma Análise Quantitativa do Processo Genético*. Tese de Doutorado pela Universidade de São Paulo, 93pp.
- Virmani, S. M., 1975: *The agricultural climate of the Hyderabad regions in relation to crop planning*. Internal Report, Farming Systems Program. ICRISAT, Hyderabad, India. [Available from Department of Meteorology, The Florida State University, Tallahassee, FL 32304.]