

VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM MUNICÍPIOS LOCALIZADOS EM DIFERENTES SUB-REGIÕES DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Francisca Magnólia de Oliveira

Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFCG (PB)
Magnolia_ufcg@yahoo.com.br

Vanda Maria de Lira

Doutoranda em Engenharia Agrícola - UFCG (PB)
vandalira@yahoo.com.br

Renilson Targino Dantas

Prof. Dr. do DCA - UFCG (PB)
renilson@dca.ufcg.edu.br

Werônica Meira de Souza

Mestre em Meteorologia/DEHM/SECTMA (PE)

RESUMO

Foram utilizados dados de precipitação referentes ao período 1961-2000 dos municípios de Cabrobó, Garanhuns e Triunfo, localizadas no estado do Pernambuco, com o objetivo de avaliar a variabilidade temporal deste elemento meteorológico neste período. Neste sentido, foi realizada distribuição em séries de 10 anos correspondendo aos sub-períodos de 1961-70, 1971-80, 1981-90 e 1991-00, sendo analisado desta forma as variações deste elemento, utilizando-se o desvio normalizado e o método dos mínimos quadrados para avaliação das tendências de precipitação. Constatou-se que houve diminuição da precipitação, principalmente na última década, mínima de 67,0 mm em Cabrobó, fato este associado ao fenômeno El-Niño, ocorridos em 1993 e 1997/1998. De um modo geral, conclui-se que no período de 1961-2000 houve diminuição da precipitação no Estado de Pernambuco de até 11,8 mm em relação a média histórica.

Palavras-chave: Climatologia, El-Niño, séries temporais

TEMPORAL VARIABILITY OF RAINFALL IN COUNTY LOCALITED IN DIFFERENTS SUB-REGIONS OF THE PERNAMBUCO STATE

ABSTRACT

It was utilized rainfall data referring to the 1961-2000 period of the cities of Cabrobó, Garanhuns and Triunfo, located in the Pernambuco State, with the objective to evaluated the temporal variation of this meteorological element in this period. In this way the data of rainfall were distributed in ten years series, correspondent to the 1961-70, 1971-80, 1981-90 and 1991-00 periods, being analyzed the variations of this element, utilizing the normalized deviations and the method of least squares to evaluated the rainfall tendencies. It was verified a reduction of the rainfall in the last decade, principally, with the minimum value of 67,0 mm in Cabrobó, fact that can be associated to the El-Niño phenomenon, occurred in 1993 and 1997/1998. In conclusion it had a decrease of this meteorological element from 1961 to 2000 in the Pernambuco State nearby 11,8 mm in relation to historical average.

Key-words: Climatology, El-Niño, temporal series

Recebido em 18/07/2006
Aprovado para publicação em 15/08/2006

INTRODUÇÃO

A precipitação caracteriza-se como o retorno ao solo, do vapor d'água que se condensou, e se transformou em gotas de dimensões suficientes para quebrar a força da gravidade, e cair. Essa água em trânsito entre nuvem e solo, chamada chuva, tem aparentemente regular seu aspecto quantitativo para cada local no globo, mas sua distribuição, durante o ciclo anual é irregular (Ometto, 1981).

A homogeneidade térmica no tempo e no espaço contrasta violentamente com a notável heterogeneidade espacial e temporal do regime pluviométrico, pela má distribuição espacial da altura anual e extrema irregularidade dos valores quantitativos dos totais mensais, sazonais e anuais. Nimer (1979), comparando os agrupamentos de máximos percentuais de contribuição pluviométrica de meses consecutivos com os totais anuais das Zonas da Mata, Agreste e Sertão do estado de Pernambuco, verificou uma enorme desvantagem do regime de precipitação do sertão semi-árido: além do sertão possuir totais anuais muito inferiores aos da Zona da Mata, seu regime anual é muito mais concentrado em poucos meses. Na Zona da Mata litorânea, embora haja um decréscimo acentuado de precipitação durante cerca de 5 a 6 meses, existem chuvas em quantidades acima das necessidades, durante cerca de 8 a 11 meses. Ao contrário, no sertão o balanço hídrico demonstra um déficit biológico de água durante 6 a 12 meses.

Oliveira & Souza (1997), estudando os elementos meteorológicos no período de 1896 a 1995 na cidade de Belém, observaram que a elevada precipitação que foi registrada no período estudado tem como uma de suas conseqüências a massa de ar equatorial continental que ocorre na região, condicionando movimentos convectivos que são intensificados pela convergência dos alísios de nordeste e sudeste, fazendo com que Belém seja tradicionalmente reconhecida como sujeita a chuvas abundantes. Os autores concluíram que a precipitação interanual em Belém apresentou uma distribuição regular durante o período observado. A normalização da precipitação anual com relação ao desvio-padrão da série apresentou variação de 2,68 a -1,86, sendo que o valor de 2,68 está associado ao ano de 1989, considerando como o mais chuvoso, com 3752 mm e - 1,86 ao ano de 1903, como o menos chuvoso, com 2025 mm. Da série temporal, caracteriza-se um movimento cíclico ao longo do período, mas com uma tendência de aumento.

Diferentes regimes de chuvas são identificados no Nordeste. No norte da região a estação chuvosa principal é de março a maio, no sul e sudeste as chuvas ocorrem principalmente durante o período de dezembro a fevereiro e no leste a estação chuvosa é de maio a julho. A principal estação chuvosa do NE, incluindo o norte e leste da região, que explica 60% da chuva anual e de abril a julho e a estação seca, para maior parte da região, ocorre de setembro a dezembro (Rao *et al.*, 1993).

Após o intenso episódio El Niño/Oscilação Sul (ENOS) de 1982/83, o fenômeno ocorreu novamente em 1986/87, porém com menor intensidade, e de 1990 ao início de 1995, onde este foi considerado o mais longo evento nos últimos 50 anos, sendo comparável apenas com o episódio de 1911-1915, (Halpert *et al.*, 1996). No Nordeste houve um extenso período de seca de 1990 a 1993, onde a precipitação na estação chuvosa foi abaixo da média, de 28% em 1990 e 13% em 1991 (Climanálise, 1992a). Em 1992, as precipitações ficaram abaixo da média, 30% no mês de março, 34,7% em abril e 87% no mês de maio (Climanálise, 1992b). Na estação chuvosa de 1993 as precipitações ficaram 63% abaixo da média (Climanálise, 1993), e em 1994 a estação chuvosa do Nordeste voltou a se normalizar com precipitações um pouco acima do normal (Cavalcanti, 1996).

Conforme Landsberg (1981), existe uma probabilidade crescente de precipitação nas cidades em que há uma conseqüência natural do aumento da poluição térmica, da poluição atmosférica, da turbulência e da convecção térmica.

Encontra-se sobre a região Nordeste uma alta variedade climática, levando-se em conta o regime de chuvas, podendo-se verificar desde o clima semi-árido no interior da região com precipitação

acumulada inferior a 500 mm/ano, ate clima chuvoso, observado principalmente na costa leste, com precipitação acumulada anual superior a 1500 mm (Kousky & Chu, 1978).

O presente trabalho tem como objetivo verificar as alterações da precipitação nas cidades de Cabrobó, Garanhuns e Triunfo, localizadas no Estado do Pernambuco, no período compreendido entre 1961 e 2000.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho, abrange os municípios de Cabrobó (8°30' S; 39°19' W ; 350m), microrregião de Petrolina; Garanhuns (8°53' S; 36°29' W ; 866m), microrregião de Garanhuns; e, Triunfo (7°50' S; 38°07' W ; 1010m), microrregião do Pajeú, referente a uma série total de dados mensais de precipitação compreendido entre 1961 e 2000.

O acréscimo da precipitação sofre influência da orografia, a estação climatológica de Triunfo situada a 1010 m de altitude na divisa do estado de Pernambuco com Ceará, recebe em media, 1243 mm de chuvas durante o ano, isto é, um total semelhante aos alcançados na Zona da Mata litorânea.

A distribuição geral de declínio de precipitação para o interior sofre interferência da ação do relevo que resulta, por vezes, em locais onde os totais médios de precipitação tendem a subir por acréscimos de chuvas orográficas, como exemplo, Garanhuns com 908 mm. Ao contrário, na Borborema, as mais profundas depressões do relevo, em virtude do ressecamento do ar por transformação térmica adiabática, registram totais pluviométricos tão baixos assemelhando-se aos totais do corredor mais seco: Tara, na bacia do rio Cordeiro, afluente do rio São Francisco (398 mm); e Caruaru, no vale do rio Ipojuca (363 mm).

Os dados utilizados foram obtidos de uma série de dados representativos, fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A outra parte complementar dos dados foram obtidos através da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Para avaliação das tendências da precipitação e suas respectivas retas de regressão, foi utilizado o desvio normalizado e o método dos mínimos quadrados.

Utilizou-se a seguinte relação para determinar o desvio normalizado, Moura *et al.* (1998):

$$DN = \left(\frac{X - \bar{X}}{\sigma} \right) E$$

Em que:

X = valor observado anual do elemento meteorológico (precipitação e temperatura);

\bar{X} = média do elemento meteorológico referente à série de 40 anos (precipitação e temperatura);

σ = desvio padrão da série temporal (precipitação e temperatura);

$E = \frac{\sigma}{X}$, onde a partir deste erro (E) determina-se quando o ano é considerado normal ($y = \pm E$); acima da média ($y > E$); muito acima da média ($y > 2E$); abaixo da média ($y < E$) e muito abaixo da média ($y < 2E$).

Para o método dos mínimos quadrados foi definido um critério da “melhor reta de ajustamento” e da “melhor parábola de ajustamento”, visando melhor adaptar o conjunto de dados.

A reta de mínimo quadrado que se ajusta ao conjunto de pontos (X_1, Y_1) (X_2, Y_2) ,....., (X_N, Y_N) será representada pela equação (Spiegel, 1961):

$$Y = a_0 + a_1 X \quad (1)$$

Em que, as constantes $a_0 + a_1$ são determinadas mediante a resolução simultânea do sistema de equações:

$$\sum Y = a_0 N + a_1 \sum X \quad (2)$$

$$\sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$$

que são denominadas equações da reta de mínimo quadrado.

As constantes a_0 e a_1 da equação (2), podem ser também determinadas por meio das fórmulas:

$$a_0 = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a_1 = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1, observa-se que os meses de janeiro, fevereiro, março, e abril são os mais chuvosos, representando mais de 60% do total anual das chuvas dessa região. destaca-se o mês de março que apresentou os maiores totais de chuva no mês, ressaltando o período de 1981-1990 com 191,3mm. Na figura nota-se que os meses de novembro e dezembro contribuem positivamente no total anual das chuvas de Cabrobó, sendo considerados os meses que precedem a estação chuvosa dessa área, onde as frentes frias são os principais sistemas responsáveis pelas chuvas nesse período, principalmente na microrregião de Petrolina. Os meses de agosto, setembro e outubro são os menos chuvosos.

A média anual das chuvas é relativamente baixa com 539,6mm, tendo em vista um erro calculado em torno de $\pm 40\%$. A Figura 2 evidencia a grande variabilidade anual, mostrando ciclos com fases positivas e negativas de aproximadamente 5 anos até a década de 1980, e um ligeiro aumento da precipitação em torno $\pm 0,05\%$, que corresponde a um aumento de 0,2 mm, no período de 1961-2000, não evidenciando um aumento ou diminuição significativa da precipitação. Os anos de 1967, 1988 e 1989 foram classificados como anos chuvosos, pois apresentaram desvios positivos acima de 60%, e os anos de 1974 e 1985 ficaram dentro da categoria de um ano extremamente chuvoso com desvios de +81% e +136%, respectivamente, com valores reais de 976,8 mm e 1274,5 mm.

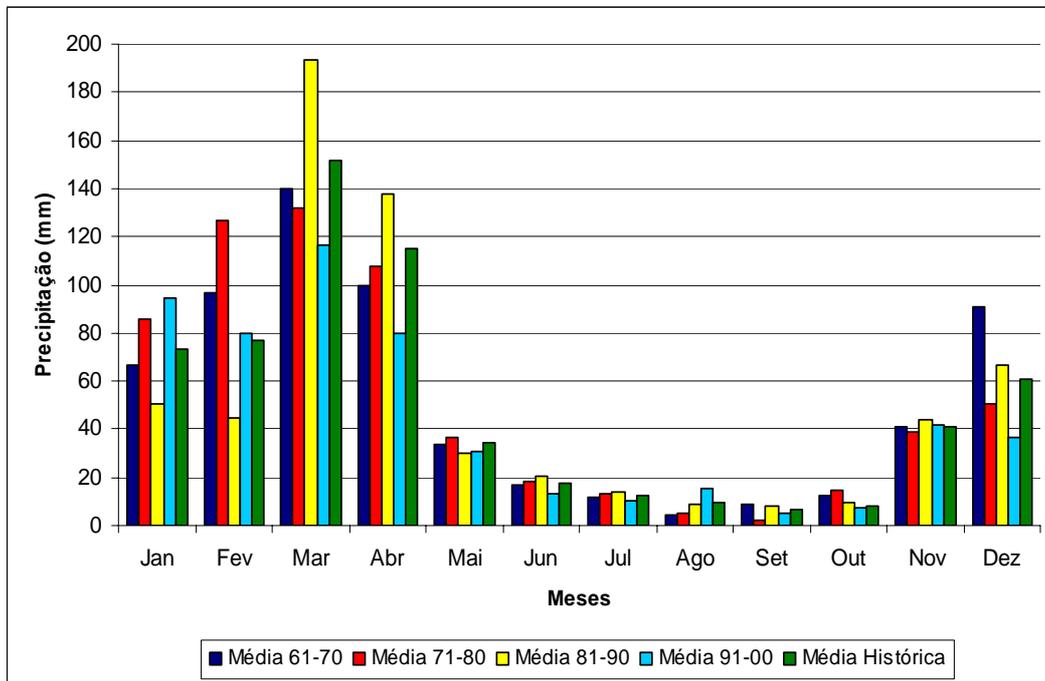


Figura 1 - Médias mensais da precipitação nos períodos de 1961-1970; 1971-1980; 1981- 1990 e 1991- 2000 no município de Cabrobó-PE.

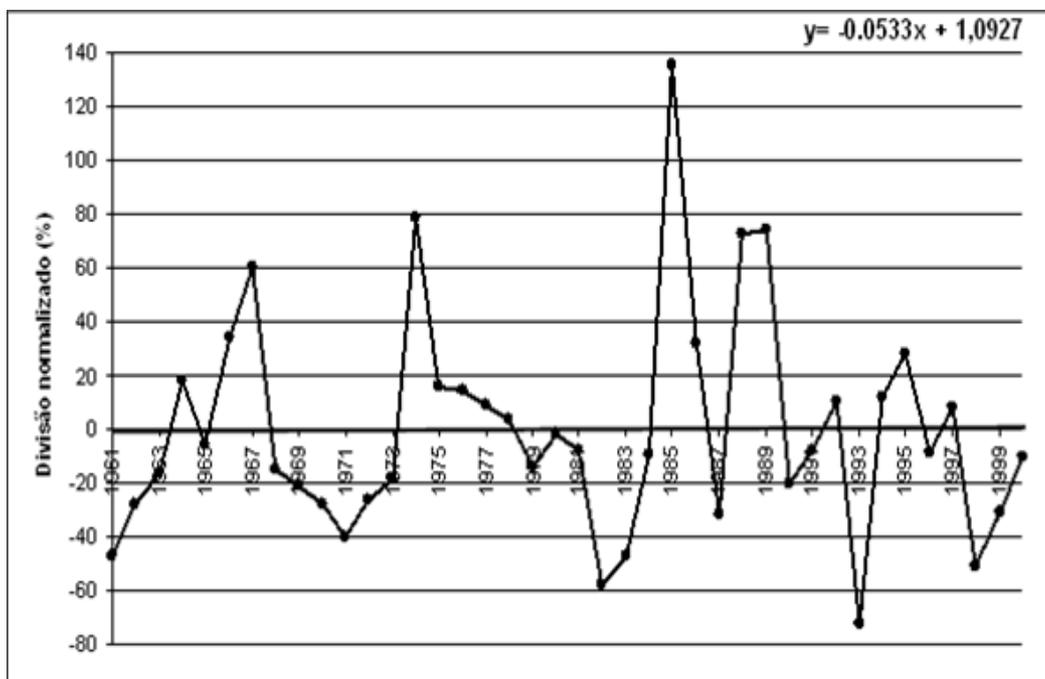


Figura 2 – Desvio normalizado da precipitação anual para o município de Cabrobó-PE (Média: 539,6 mm; DP: 221,10; Erro: $\pm 40\%$).

De acordo com Moura (1998) no ano de 1985 houve chuvas acima da média histórica, devido o evento Anti-El Niño e ao aquecimento acima do normal da temperatura da superfície do mar, fazendo com que os sistemas responsáveis pelas chuvas atuassem de forma significativa. Os anos classificados secos ficaram com desvios abaixo de -40% (1961, 1982, 1983, 1993 e 1998). Já os anos que oscilaram até 40%, foram considerados normais e acima da média; e os que oscilaram até menos de 40% foram normais abaixo da média climatológica.

Na Figura 3 podemos observar que o quadrimestre mais chuvoso em Garanhuns é nos meses de abril a julho, com o maior valor médio de 10 anos observado no mês de julho (157,2 mm) no período de 1981-1990, sendo a influência da ZCIT e as Ondas de Leste um dos principais responsáveis pela precipitação no Agreste de Pernambuco; enquanto que os meses menos chuvosos outubro, novembro e dezembro, com a menor média no mês de outubro no período de 1981-1990 com 9,3mm. Nota-se que as chuvas são bastante irregulares no tempo com grande variabilidade temporal. Verifica-se também, que o mês de julho apresenta a maior média histórica com 130,9mm e que contribui bastante na precipitação anual para Garanhuns, com valores muito significativos. Há uma redução considerável da precipitação no período 1991-2000 em praticamente todos os meses, exceto nos meses de maio junho e agosto que apresentaram valores próximos ou acima da média.

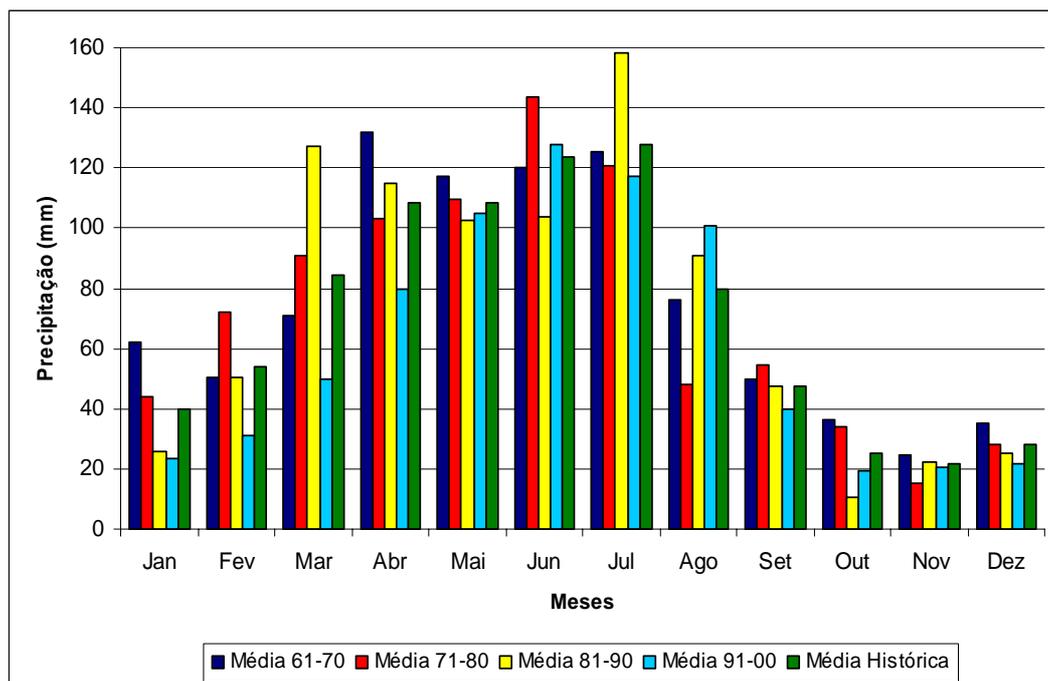


Figura 3 – Médias mensais da precipitação nos períodos de 1961-1970; 1971-1980; 1981-1990 e 1991- 2000 no município de Garanhuns-PE.

A média da precipitação anual para Garanhuns é em torno de 794mm, em que foi calculado um erro de aproximadamente $\pm 24\%$. A figura 4 mostra a variabilidade interanual e intra-sazonal, onde observa-se que nos anos de 1964, 1966, 1974, 1975, 1978, 1984, 1986, 1989 e 1994 apresentaram desvios acima de 25%, sendo considerados anos chuvosos. Já 1970, 1983, 1990,

1992 e 1999 apresentaram desvios abaixo de -24%, sendo classificados como anos secos, com destaque para 1993 e 1998 com desvios negativos de -48% e -45%, anos estes considerados de extremamente secos, que segundo Souza (1999), devido à presença de dipolo desfavorável ocasionou uma seca severa em todo o setor do Nordeste em 1993. Aragão (1998) comenta que as chuvas foram reduzidas em torno de -70% em 1998 no estado de Pernambuco, ocasionando grandes problemas para a população pela falta d'água para o abastecimento humano e animal, isto se deve ao fato do fenômeno El Niño ter iniciado em 1997, intensificando-se em 1998, sendo considerado um dos episódios mais intensos do século. Pela linha de tendência, verifica-se que houve uma redução das chuvas nos últimos 40 anos de 0,59%, equivalente a 4.8mm no intervalo de 1961-2000.

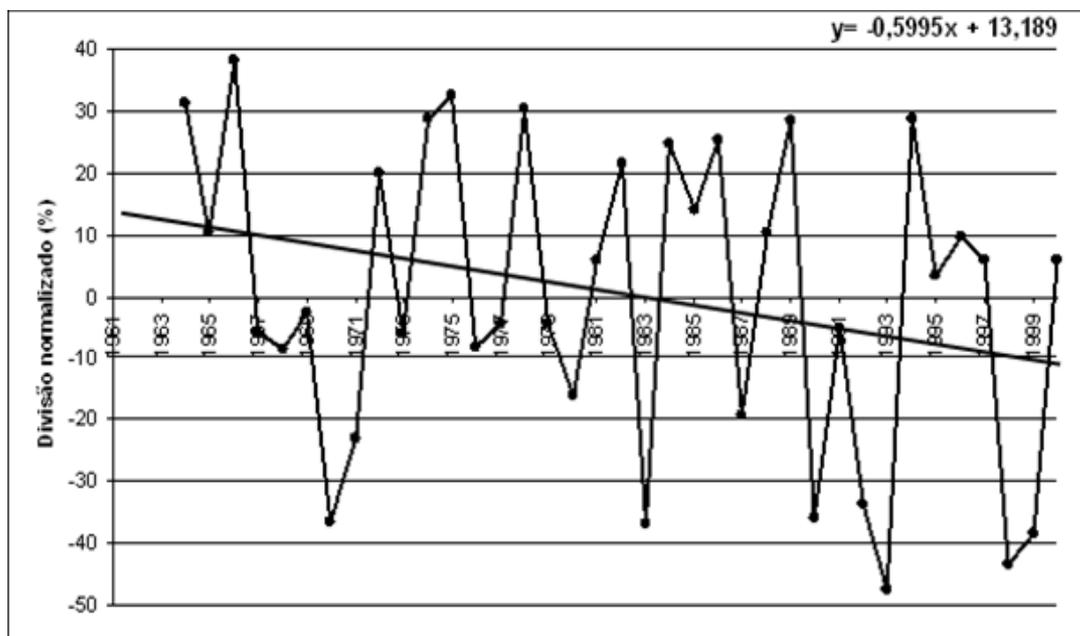


Figura 4 – Desvio normalizado da precipitação anual para o município de Garanhuns-PE (Média: 794,05 mm; DP: 194,02; Erro: $\pm 24,4\%$).

Como apresentado na Figura 5, os meses mais chuvosos são fevereiro, março, abril e maio sendo o posicionamento da ZCIT o principal sistema responsável pelas chuvas neste município, que Melo *et al.* (2000) fazendo estudo climatológico do posicionamento da ZCIT, observaram que este sistema apresentou inclinação máxima sobre o Nordeste no mês de abril, portanto, é neste mês que pode ser definida a qualidade de determinado ano ser seco, normal ou chuvoso. Os meses menos chuvosos são setembro, outubro e novembro. Verifica-se que a década de 1971-1980 apresentou os maiores registros em praticamente todos os meses. O mês de março, nos períodos de 1961-1970, 1971-1980 e 1981-1990 apresentou valores superiores a 200 mm, no mês de abril de 1971-1980 e 1981-1990 também registraram valores superiores a 200 mm, ultrapassando a média climatológica. Na figura, verifica-se que a década de 1991-2000 apresentou valores abaixo da média histórica em praticamente todos os meses, principalmente no período considerado chuvoso, com desvios negativos de 80% abaixo da média. O município de Triunfo apresenta valores médios de chuva acima de 100 mm em pelo menos sete meses do ano (janeiro a julho), que é considerado muito bom para essa região do sertão Pernambuco, quando comparado com outros municípios com grande escassez de água mesmo no trimestre mais chuvoso.

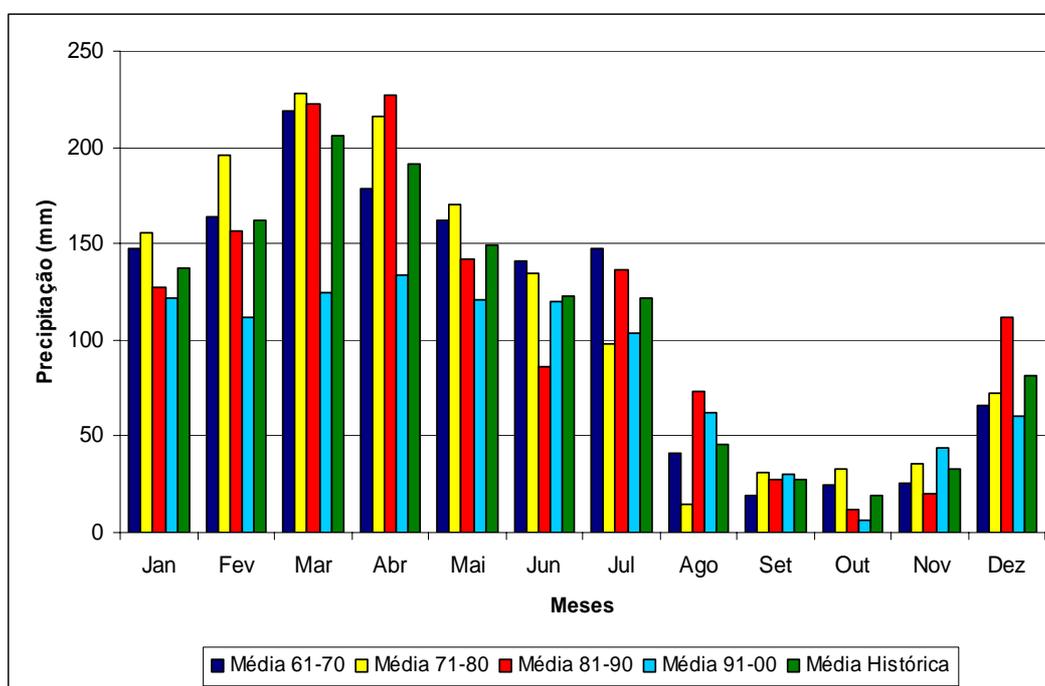


Figura 5 - Médias mensais da precipitação nos períodos de 1961-1970; 1971-1980; 1981-1990 e 1991-2000 no município de Triunfo-PE.

Na Figura 6 verifica-se que houve uma redução da precipitação em torno de -0,78% (equivalente a uma diminuição de 11,8mm) ao longo desses últimos 40 anos. Observa-se 14 anos com valores em torno e acima da média e 10 anos com valores em torno ou abaixo da média, mas anos estes considerados dentro da categoria de normal com um erro de $\pm 35\%$. Os anos de 1967, 1975, 1986 e 1989 foram considerados anos chuvosos com desvios acima de 35% com destaque para os anos de 1974 e 1985 considerados extremamente chuvosos com desvios de aproximadamente 66% e 82%, respectivamente. Já 1970, 1983, 1990, 1993 e 1995 apresentaram desvios menores que -35% sendo considerados anos secos, com destaque para 1992 e 1998, anos estes considerados extremamente secos com desvios negativos de -74% e -61%, respectivamente.

Na figura verifica-se grande variabilidade temporal, e que na década de 1991 a 2000 foram observados desvios negativos em praticamente todos os anos, sendo o período de 1990 a 1995 considerado o mais longo evento nos últimos 50 anos do episódio El Niño/Oscilação Sul, sendo apenas comparável com o episódio de 1911-1915, Halpert *et al.* (1996). Já na década de 1961 a 1970 foram observados desvios positivos em quase todos os anos.

CONCLUSÃO

Constatou-se diminuição da precipitação média anual na última década(1991-2000) em todas as estações estudadas, com o mínimo de 67,0 mm em Cabrobó.

Os meses que mais contribuíram para a diminuição da precipitação na última década(1991-2000) foram março, abril e dezembro em Cabrobó; fevereiro, março e abril em em Garanhuns e fevereiro, março, abril e maio em Trinifo.

No contexto geral, conclui-se que no período 1961-2000 houve diminuição da precipitação de até 11,8 mm, em relação a média histórica, no Estado do Pernambuco, e que a mesma é influenciada por fenômenos atmosféricos e oceânicos, podendo ainda ter a influência da urbanização,

degradação do meio ambiente, industrialização e outros fatores que possam causar alterações também em outros elementos meteorológicos.

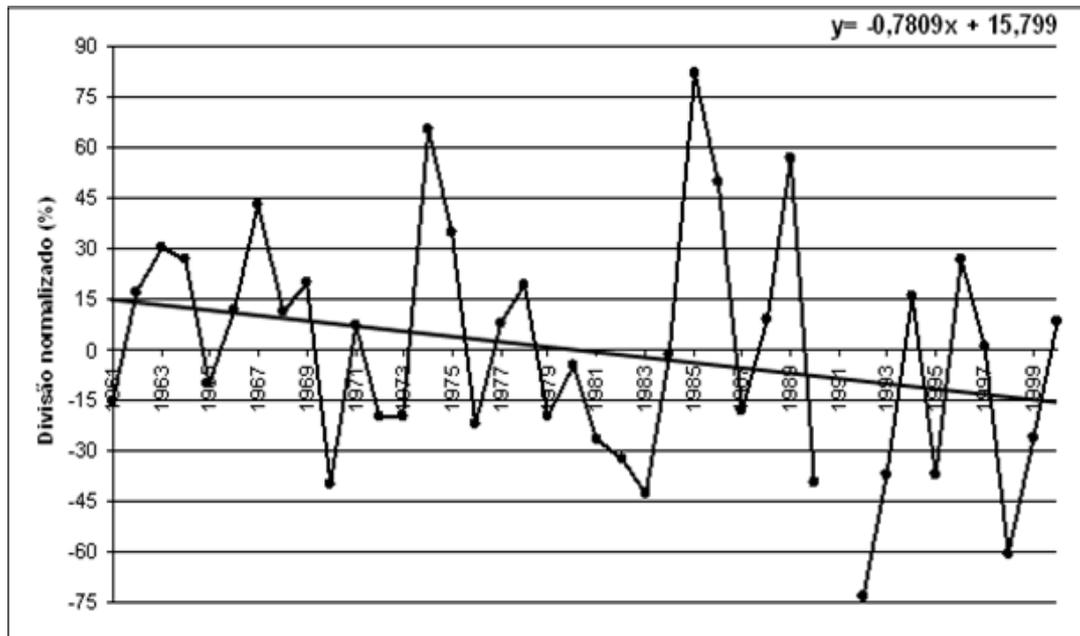


Figura 6 – Desvio normalizado da precipitação anual para o município de Triunfo-PE (Média: 1232,84 mm; DP: 426,032; Erro: \pm 35%).

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, J.O.R.; LACERDA, F.F.; MOURA, G.B.A.; SOUZA, I.A.; RODRIGUES, R.S. Boletim de Informações Climáticas, **INFOCLIMA**, ano 4, n. 02, março de 1998.
- CAVALCANTE, I.F.A. Episódios de EL NIÑO/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. **CLIMANÁLISE – Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. MCT/INPE/CPTEC. Edição especial, outubro, 1996, p.52-64.
- CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Vol. 8(5), 1993.
- CLIMANÁLISE, 1992a. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Número especial (01/92) adendo aos números de janeiro a junho de 1992.
- CLIMANÁLISE, 1992b. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. Número especial (06/92) adendo aos números de janeiro a junho de 1992.
- HALPERT, M.S.; BELL, G.D.; KOUSKY, V.E. and ROPELEWSKI, C. Climate assessment for 1995. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Vol.77(5), 1996.
- KOUSKY, V.E.; CHU, P.S. Fluctuations in annual rainfall for Northeast Brazil. **Journal of Meteorology**. Soc. Japan, 56, p.457-465, 1978.
- LANDSBERG, H.E. **The urban climate**. Academic Press, 1981, 285p.
- MELO, A.B.C.; NOBRE, P.; MELO, M.L.D. & SANTANA, S.C. Estudo Climatológico da posição da

ZCIT no atlântico equatorial e sua influência sobre o Nordeste do Brasil. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16 a 20 de outubro, **CD ROM**, Rio de Janeiro-RJ, 2000.

MOURA, G.B.A.; SOUZA, I.A.; ARAGÃO, J.O.R.; PASSAVANTE, J.Z.O.; LACERDA, F.F.; RODRIGUES, R.S.; FERREIRA, M.A.F. & LACERDA, F.R. Estudo preliminar da variabilidade pluviométrica do setor leste do Nordeste do Brasil: parte I. In: Anais do **X Congresso Brasileiro de Meteorologia CD ROM**, Brasília-DF, 1998.

NIMER, E. **Pluviometria e Recursos Hídricos dos Estados de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979, 120p.

OLIVEIRA, M.C.F.; SOUZA, P.F. Estudo das Possíveis Variações e Mudanças Climáticas em Belém-PA. Piracicaba-SP, In: X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, **Anais...SBA**, 13-18 de julho, p.410-412, 1997.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981, 440p.

RAO, V.B.; LIMA, M.; FRANCHITO, S.H. Seasonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil. **Journal of Climate**, 6, p.1754-1763, 1993.

SOUZA, I.A.; LACERDA, F.F.; ARAGÃO, J.O.R.; MOURA, G.B.A.; FERREIRA, M.A.F.; FERREIRA, F.F.; SILVA, C.V. Influência do El Niño no comportamento pluviométrico do estado de Pernambuco durante o ano de 1998, In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e II Reunião Climática Latino-Americana de Agrometeorologia, **CD ROM**, Florianópolis-SC, 1999.

SPIEGEL, M.R. **Estatística**. Rio de Janeiro-RJ, Sedegra Sociedade Editora e Gráfica LTDA, 1961, 580p.