

ESTUDO DA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL

ANAILTON S. DE MÉLO¹, EWERTON C. DE SOUSA MELO²,
VINICIUS GOMES C. JUNIOR³, PEDRO V. DE AZEVEDO⁴

1. Doutorando em Meteorologia, Departamento de Ciências Atmosféricas, CTRN, UFCG, Campina Grande - PB, Fone: (83) 2101-1031, anailton@dca.ufcg.edu.br
2. Doutorando em Meteorologia da UFCG/CTRN/DCA, Campina Grande - PB.
3. Mestrando em Meteorologia da UFCG/CTRN/DCA, Campina Grande - PB.
4. Professor Dr. da UFCG/CTRN/DRN, Campina Grande.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: Utilizou-se da análise harmônica, como um método objetivo para identificar a sazonalidade das chuvas, aplicando as normais de precipitação mensal no período de 1960-1990 para aproximadamente 39 estações no Estado de Pernambuco. As análises apresentaram distribuição da precipitação anual como a soma de seis diferentes curvas de senos (harmônicas). São apresentados mapas da contribuição à variância e o ângulo de fase dos três primeiros harmônicos, pois denotam os principais fatores físicos responsáveis pelos padrões, pois quantificam a maior parte da variância na distribuição da precipitação original desta área. O primeiro harmônico contribuiu em cerca de 70%-90% da variância total. Os ângulos de fase aumentaram em direção ao Leste do Estado, de acordo com o período de maior atuação dos sistemas em cada área. O segundo harmônico detectou as áreas sob influência da topografia e o terceiro harmônico não apresentou claramente quais fatores o identificam.

PALAVRAS CHAVES: Precipitação, Análises Harmônicas, Variância.

TÍTULO: Study of variability of rainfall in Pernambuco State, Brazil

ABSTRACT: Harmonic analysis an objective method of analyzing precipitation seasonality is applied to 1960-19 monthly precipitation normals for nearly 39 stations in the Pernambuco State from Brazil. The analysis presents distribution of the annual precipitation as the sum of six different sine curves (harmonics). The first three harmonics account for most of the variance in the original precipitation distribution in this area. Maps are presented of percent variance reduction and phase angle, and possible meteorological factors responsible for the observed patterns are suggested. Maps are presented of percented variance reduction and phase angle, and possible meteorological factors responsible for the observed patterns are suggested. The first harmonic generally accounts for 70-90% of the total variance. Phase angles increase toward East, in according as greater actuation period of the atmospheric systems in each area, beyond to be used in identified the microregions in the west side of the State. The second harmonic detected the areas that are under influence of the topography of the State and third harmonic, indicates the influence of the urbanized area.

KEYWORDS: Precipitation, Harmonic analysis, Variance.

1.0 - INTRODUÇÃO

Na região Nordeste do Brasil (NEB) está inserido o semi-árido, no qual existe o “Polígono das Secas”, que se caracteriza pelo balanço hídrico negativo, resultante de: precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, marcado pela escassez apresentando irregularidade e concentração das chuvas num curto período, apenas três meses; forte insolação, na média de 2800 h/ano; temperaturas relativamente altas apresentando nas médias

anuais magnitudes na ordem de 23°C a 29°C; evaporação de 2.000 mm/ano, umidade relativa do ar média em torno de 50%. (LINS E BURGOS, 1985).

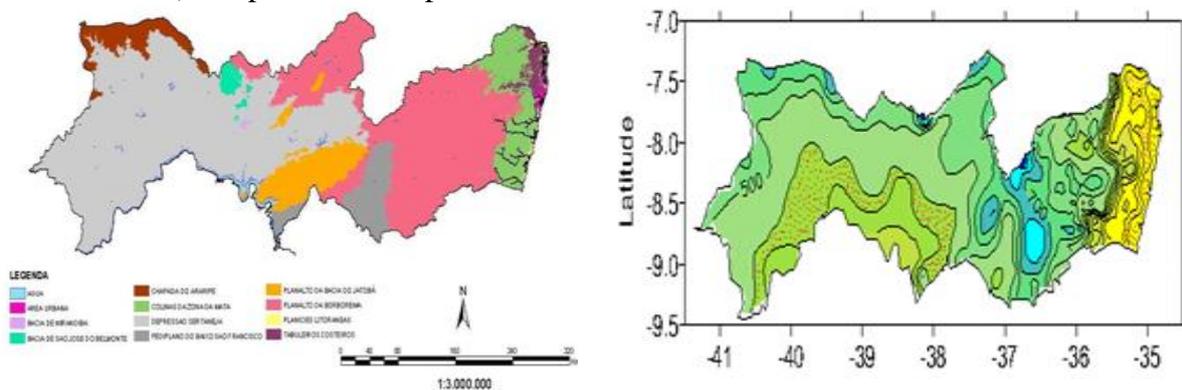
O Estado de Pernambuco (PE), estar localizado no NEB que é conhecido como uma região que apresenta grande variabilidade do ponto de vista climático, com irregularidades no regime de chuvas tanto espacial quanto temporal, condicionando assim, incertezas nas atividades sócio-econômicas. Desta forma, os maiores valores são observados no Litoral e Zona da Mata com médias anuais oscilando entre 2.200 e 1.000 mm, no Agreste na ordem de 800 mm, e no Sertão média de 600 a 400 mm, excetuando-se as regiões de microclima.

O regime de pluviométrico do Estado de PE é influenciado por vários sistemas atmosféricos, sendo os principais responsáveis pelas chuvas: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (HASTENRATH E HELLER, 1977); as Frentes Frias (ARAGÃO, 1976); os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (YAMAZAKI E RAO, 1977); os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) (ARAGÃO, 1976; KOUSKY E GAN, 1981).

O objetivo principal deste trabalho é identificar, aplicando a análise de Fourier em séries temporais de precipitação os harmônicos de maior contribuição e associá-los a possíveis sistemas atmosféricos de grande escala baseado no período de ocorrência.

2.0 - MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de relevo identificados em PE, de acordo com o ATLAS DE PERNAMBUCO (2003), são: a) Planície Costeira; b) Tabuleiros Costeiros; c) Colinas da Zona da Mata; d) Planalto da Borborema; e) Depressão Semi-árida; f) Planalto da Bacia do Jatobá; g) Maciços Residuais; e h) Chapada do Araripe



(1)

(2)

Figura 1: Representação espacial do relevo do estado de Pernambuco. (Fonte: Zoneamento Agro ecológico de Pernambuco (ZAPE), Embrapa, 2002).

Figura 2: Representação espacial da topografia (m) no estado de Pernambuco.

Neste trabalho, utilizou-se a análise harmônica em uma série de dados pluviométricos mensais referentes ao período de janeiro de 1960 a dezembro de 1990 de 39 postos pluviométricos pertencentes à rede da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

O método de análise harmônica determina a amplitude (C_k) e o ângulo de fase (δ_k) da periodicidade para o qual os dados constituem unicamente uma perfeita curva de senos e cossenos de períodos conhecidos (T) e múltiplos do período. Isto é equivalente dizer que uma série temporal discreta $X(t)$, de tamanho (N), com origem em $t = 0$, pode ser decomposta em uma série de senos e cossenos na forma (Yevjevich, 1972):

$$X(t) = \bar{X} + \sum_{k=1}^{N/2} [A_k \cos(\omega_k t) + B_k \sin(\omega_k t)] \quad (1)$$

em que: \bar{X} é a média aritmética da série (harmônico zero) e os outros termos representam os harmônicos de ordem k. A frequência de cada harmônico é dada por:

$$\omega_k = \frac{2\pi k}{N} \quad (2)$$

A_k e B_k são os coeficientes do k-ésimo harmônico dados por:

$$A_k = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N/2} x_i \cos(\omega_k t) \quad (3) \quad \text{e} \quad B_k = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^{N/2} x_i \sin(\omega_k t) \quad (4)$$

A equação (1) pode ser escrita como uma série de cossenos. Admitindo-se uma defasagem δ_k entre o seno e o cosseno do harmônico k, tem-se que:

$$A_k = C_k \cos \delta \quad \text{e} \quad B_k = C_k \sin \delta \quad (5) \quad \text{com} \quad C_k^2 = A_k^2 + B_k^2 \quad (6)$$

Substituindo as equações (5) em (1), obtém-se:

$$X(t) = \bar{X} + \sum_{k=1}^{N/2} C_k [\cos \omega_k t \cos \delta_k + \sin \omega_k t \sin \delta_k] \quad (7)$$

O desenvolvimento do cosseno da soma da equação (4) aplicando-se a propriedade $\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$ é:

$$X(t) = \bar{X} + \sum_{k=1}^n C_k \cos(\omega_k t - \delta_k) \quad (8)$$

A equação (2) é a amplitude de um dado harmônico que pode ser escrita, na forma:

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (9)$$

Entretanto, o ângulo de fase do n-ésimo harmônico pode ser obtido com:

$$\delta_k = \arctan \left| \frac{B_k}{A_k} \right| \quad (10)$$

Por outro lado, para cada harmônico é possível obter o dado de ocorrência do máximo como:

$$t = (2\pi + \delta_k) \frac{T}{2\pi k} \quad (11)$$

Finalmente, a contribuição do harmônico (k) à variância da série pode ser calculada de acordo com:

$$V_k = \frac{C_k^2}{2} \quad (12)$$

Serão exibidos na forma de mapas de contorno os componentes dos harmônicos que serão dos registros de chuvas em postos pluviométricos distribuídos no estado de Pernambuco. Esta análise propõe identificar as periodicidades e em que meses ocorrem os máximos desta. Neste contexto, são necessários os três primeiros harmônicos, já que explicam cerca de 90% do total da variância nos harmônicos, associados aos principais fatores físicos responsáveis pelos padrões pluviométricos observados (SCOTT E SHULMAN, 1979).

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura (3) mostra a representatividade da distribuição espacial da contribuição do primeiro harmônico com relação à variância (Fig. 3a) e o período (ângulo de fase) de ocorrência do máximo harmônico (Fig. 3b), respectivamente. Na Figura (3a), verifica-se que as contribuições foram superiores a 70% da variância em todo o Estado. No Sertão, destacaram-se alguns núcleos isolados que explicam até 88% da variância total da série, com um deslocamento temporal de oeste para leste iniciado no mês de Fevereiro (2), nas microrregiões de Araripina, Salgueiro, Petrolina e Itaparica passando para Março (3) nas Microrregiões do Pajeú e Moxotó. Chegando ao Agreste Meridional em Abril (4) passando para Maio (5) na região do Agreste Central e Setentrional e na Zona da Mata e Litoral, como um todo. Esta configuração está de acordo com a climatologia de precipitação da área de

estudo, como também sugere áreas homogêneas do ponto de vista dos principais sistemas meteorológicos atuantes nas respectivas quadras chuvosas concordando com RODRIGUES & LACERDA (1998), de forma que pode associar a distribuição dos máximos com os sistemas meteorológicos, tais como, as frentes frias e os cavados em altos níveis que atuam ainda no mês de Fevereiro ocasionando chuvas, principalmente, no Sertão; a Zona de Convergência Inter-Tropical, principal responsável pela distribuição do período chuvoso na região NEB, que começa a atuar em Fevereiro posicionando mais ao sul do Equador Térmico (4°S), atingindo o máximo nos meses de Março e principalmente em Abril, definindo, assim, uma estação chuvosa no Sertão e no Agreste Pernambucano. Esta configuração também está de acordo com a climatologia das chuvas no Agreste (que faz divisa com a Mata), na Zona da Mata e Litoral, podendo associar a distribuição dos máximos com os Distúrbios Ondulatórios de Leste que atuam a partir do mês de Maio até Agosto, sendo o principal responsável pelas chuvas intensas registradas no Litoral

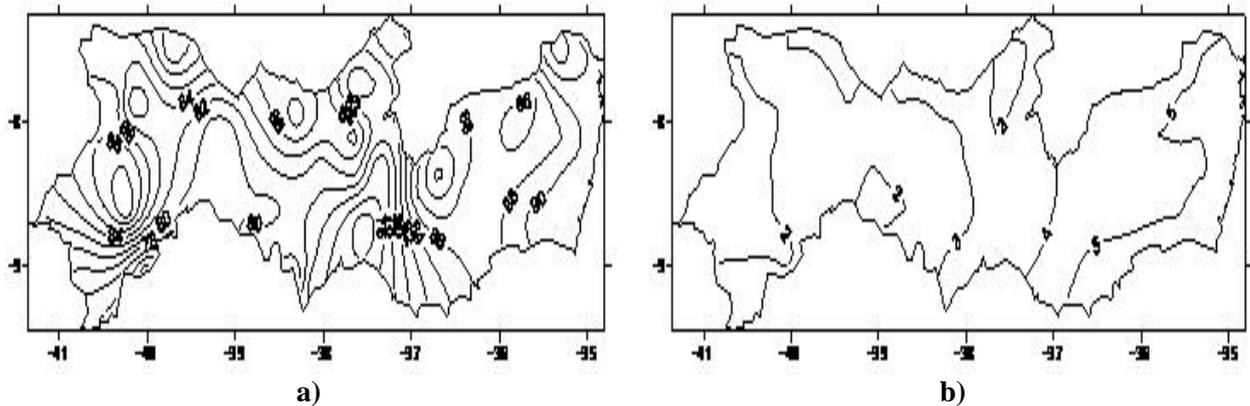


Figura 3: Primeiro harmônico da precipitação no período de 1960 a 1990.
(a) contribuição da variância; (b) fase (mês)

Considerando o segundo harmônico (Fig. 4), nota-se que as maiores contribuições (Fig. 4a) foram observadas nas áreas de topografias mais elevadas, associadas aos efeitos térmicos, destacando-se a Chapada do Araripe, a localidade de Triunfo e o Planalto da Bacia do Jatobá (Figs. 1 e 2). Todavia, as menores contribuições foram identificadas no Litoral e Zona da Mata (compreendido pelas regiões de Tabuleiros Costeiros, Área Urbana, Colinas da Zona da Mata e Planícies Litorâneas) cujas altitudes são inferiores a 100 m, grande parte do Planalto da Borborema e depressões semi-árida no Vale do São Francisco. Na Figura 4b apresentam-se os meses (2, 3, 4) em que este harmônico tem os maiores valores, de modo que ressalta a influência da topografia no total da precipitação.

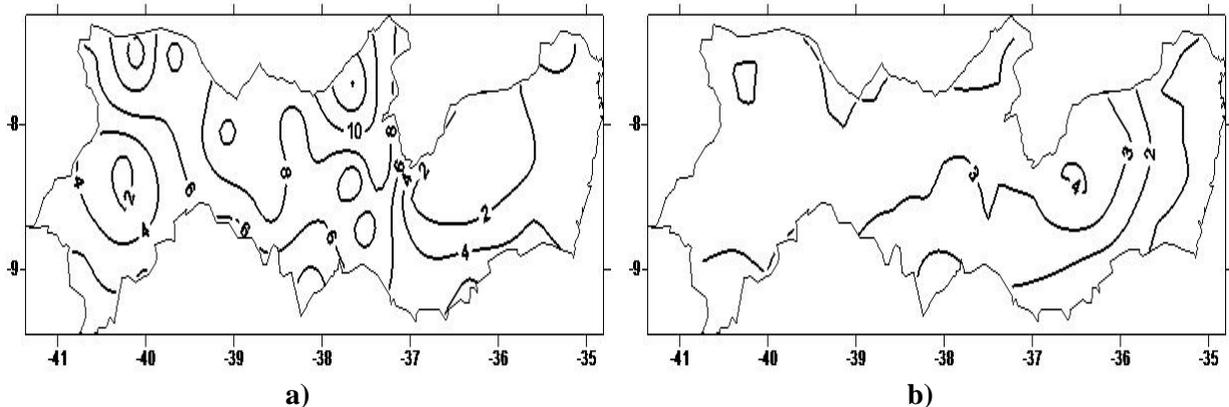


Figura 4: Segundo harmônico da precipitação do período de 1960 a 1990.
(a) contribuição da variância; (b) Fase (mês)

O terceiro harmônico apresenta-se com grande variabilidade espacial em todo o Estado, com os maiores valores de 7%-9% no Sertão do São Francisco (Fig. 5a) que ocorrem nos meses de Fevereiro e Março (Fig. 5b). Vale ressaltar, que esta configuração, basicamente, é oposta a observada na Figura (4a). Os ângulos de fase se distribuem espacialmente com meses de Fevereiro e Março no Sertão, predominantemente Março na parte leste do Estado. Este padrão observado sugere que as interações de circulações locais induzidas termicamente com a grande escala são bastante relevante para os totais pluviométricos nesta área.

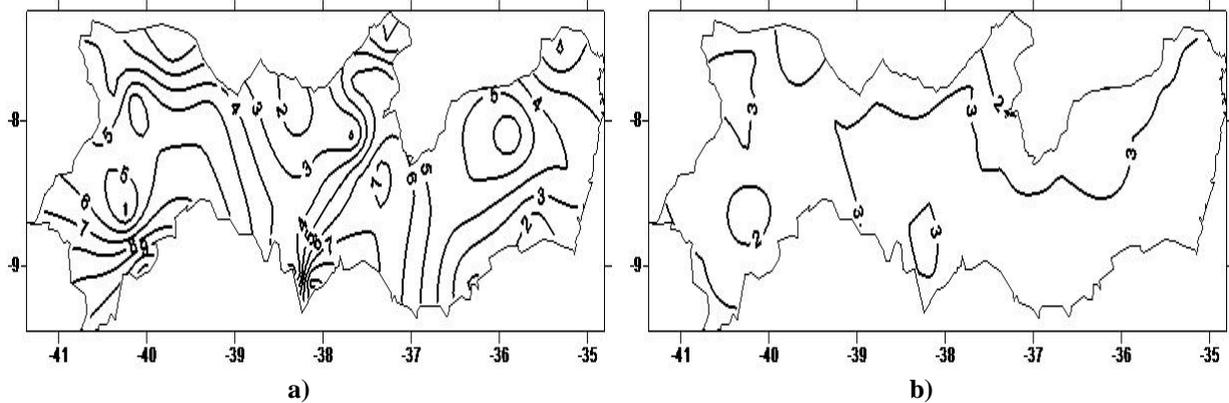


Figura 5 : Terceiro Harmônico da precipitação no período do período de 1960 a 1990.
(a) contribuição à variância; (b) Fase (mês).

4.0 - CONCLUSÕES

Os resultados se mostraram coerentes tanto com a distribuição espacial e quanto a distribuição temporal da precipitação no estado de PE, principalmente o primeiro harmônico que contribuí com cerca de 70% da variância total da formação da série, assim representou claramente o período de atuação dos principais sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no Estado.

Considerando o segundo harmônico, verifica-se que as maiores contribuições foram observadas nas áreas com topografias mais elevadas, desta forma ressalta-se que a influência topográfica em diminuir/aumentar a precipitação.

O terceiro harmônico apresentou grande variabilidade espacial em todo o Estado, no Sertão nos meses de Fevereiro e Março. Apresentando uma configuração oposta ao caso do segundo harmônico. Este padrão observado sugere que a interação de circulações locais induzidas termicamente com a grande escala, são bastante relevantes para os totais pluviométricos nesta área.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ARAGÃO, J.O.R. A study of the structure of synoptic perturbations in Northeast Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP, Brasil, 51pág. 1976.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil. **Quartely Journal Royal Meteorological Society**, **103 (435)**, 77-92, January. 1977.
- KOUSKY, V. E., GAN, A.. Upper Tropospheric Cyclonic Vortices in the Tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 33, pp. 538-551. 1981
- RODRIGUES R.S., LACERDA, F.F. Agrupamento das Estações pluviométricas do Estado de Pernambuco Utilizando Análise Multivariada. **Revista Atmosfera & Água**. Ano II, número 3, p.p. 22-26. 1998.
- SCOTT, C. M., SHULMAN, M.D. Na Areal and Temporal Analysis of Precipitation in the United States.. **J. Appl. Meteor.** 18. 627-633. 1979.

YAMAZAKI, Y., RAO, V.B.. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. **Journal
Metoeorological Society of Japan**, 55, 203-207. 1977.