

Regiões pluviométricas homogêneas no Estado do Maranhão, Brasil

Homogeneous pluviometric regions in the State of Maranhão, Brazil

Ronaldo Haroldo Nascimento de Menezes¹, Renilson Targino Dantas², Francisco de Assis Salviano de Sousa³

Resumo: A delimitação dos espaços geográficos em regiões pluviométricas homogêneas é fundamental para estudos da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial, podendo ser aplicado no planejamento agrícola regional. Neste sentido, este trabalho compara os resultados das técnicas de análise por componentes principais e agrupamento para delimitação de áreas homogêneas de precipitação pluvial no estado do Maranhão. A definição dessas áreas por componentes principais foi estabelecida pelo coeficiente de correlação (cargas fatoriais) maior que 0,7 entre as séries temporais das componentes e da precipitação mensal de cada localidade. Quatro áreas foram definidas com os respectivos limites geográficos: (1° e 3°S; 41,7° e 46,5°W), (3° e 5,5°S; 42,5 e 47,5°W), (5,5° e 7°S; 43° e 48,6°W) e (7° e 10°S; 44° e 47,5°W). A técnica hierárquica de agrupamento de Ward, com distância euclidiana como medida de similaridade, revelou resultados próximos aos da técnica de componentes principais, conforme verificado pelos coeficientes de correlação significativos entre as séries temporais das componentes e dos valores médios de precipitação dos grupos. Estas regiões são consistentes com os domínios espaciais de atuação dos sistemas atmosféricos que definem o padrão espacial das chuvas no estado do Maranhão.

Palavras-chave: precipitação, clima, técnica hierárquica de agrupamento, técnica de componentes principais, variabilidade espacial, séries temporais

Abstract: Delimitation of the geographic spaces in pluviometrically homogeneous regions is essential for studies of temporal and spatial variability of the rainfall, being able to be applied in the regional agricultural planning. This paper compares the results of analysis by principal components and by grouping techniques for delimiting pluviometrically homogeneous regions in the state of Maranhão, Brazil. Definition of these regions by principal components analysis was established by the coefficient of correlation (factorial loads) greater than 0.7 between the time series of the components and the monthly precipitation of each locality. Four areas were defined with the respective geographic limits: (1° and 3°S; 41,7° and 46,5°W), (3° and 5,5°S; 42,5 and 47,5°W), (5,5° and 7°S). Taking Euclidean distance as a measurement of similarity, results were similar to the ones of the principal components technique, as verified by significant correlation coefficients between the temporal series of the components and the average values of precipitation of the groups. These regions are consistent with the spatial dominion of atmospheric systems activity, defining the spatial standard of rainfall throughout the state.

Keywords: rainfall, climate, spatial variability, time series, principal components technique, hierarchic grouping technique

Introdução

O estudo do comportamento espacial de um determinado elemento climático em uma região é fundamental para o mapeamento de áreas de aptidão para agricultura, bem como para o planejamento das atividades agrícolas. A identificação de regiões homogêneas quanto aos padrões individual ou combinado de diferentes elementos meteorológicos tem sido uma prática habitual e desenvolvida por diferentes metodologias.

A técnica de análise multivariada tem apresentado resultados promissores rumo a regionalizações mais consistentes com as características climáticas regionais. Dentre estas técnicas destacam-se análise de agrupamento e por componentes principais, as quais fornecem um melhor entendimento dos padrões de variabilidade espacial e temporal dos dados, que ficam muitas vezes não evidentes quando se trabalha apenas com seus valores médios ou sazonais. Podem ainda explorar o poder de explicação que um número de variáveis tem quando tomadas em conjunto.

¹ Mestre em Meteorologia, doutorando em Meteorologia-UFCG, professor Assistente II-UEMA, Cidade Universitária Paulo VI s/n, Cidade Operária, CP 09, CEP 65000-000, São Luís, Maranhão, Brasil.

² Dr. em Agronomia, Professor Adjunto UACA/CTRN/UFCG, Campina Grande, PB, Brasil

³ Dr. em Hidráulica e Saneamento, Professor Adjunto UACA/CTRN/UFCG. ²³Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB

No estado do Maranhão, em média, as chuvas se concentram na primavera, verão e outono, com inverno normalmente seco. A variabilidade espacial e temporal da precipitação é condicionada a atuação de diferentes sistemas atmosféricos. A precipitação evolui espacialmente de Sul, com totais pluviométricos inferiores a 1300 mm, acumulados entre outubro e abril, sendo o principal sistema atmosférico atuante a frente fria; para Norte, com totais pluviométricos acima de 2000 mm, acumulados entre dezembro e julho, com mais de 70% concentrados entre fevereiro e maio, sendo o principal sistema atmosférico a Zona de Convergência Intertropical-ZCIT. Outros sistemas são importantes como os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior-VCAS (em todo o território), Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS (na parte Sul) e as Brisas marítimas e terrestres (na parte Norte).

A técnica estatística de agrupamento é utilizada com o objetivo de facilitar a identificação de grupos homogêneos por meio do cálculo do coeficiente de similaridade. Esta técnica foi aplicada por NERY *et. al.* (1996) para períodos com chuva intensa no estado do Paraná, o que permitiu a definição de cinco grupos homogêneos. MACHADO *et. al.* (1996) utilizaram a análise de agrupamento para estudar a duração da estação chuvosa no estado de Minas Gerais. A partir dos resultados, identificaram épocas mais e menos propícias às atividades agrícolas para a região. Em um trabalho mais amplo, KELLER *et. al.* (2005) usaram a técnica de análise hierárquica de agrupamento com o objetivo de delimitar regiões homogêneas no Brasil, utilizando como variáveis de análise a proporção de pântadas secas e medidas de posição, escala e forma das distribuições de frequência de quantidade de chuva. Os resultados permitiram identificar 25 zonas pluviometricamente homogêneas em todo o território brasileiro, contribuindo para estudos de riscos climáticos na agricultura.

COMRIE & GLENN (1998) determinaram regiões pluviometricamente homogêneas para os Estados Unidos, com base na variabilidade mensal e sazonal da precipitação, aplicando a técnica de componentes principais rotacionada. A pesquisa forneceu uma regionalização climatológica da precipitação, e mostrou sua utilidade para estudos da variabilidade do clima. Segundo SETO *et. al.* (2000), a técnica de análise de componentes principais permite reduzir o número de variáveis envolvidas no estudo, considerando-se apenas as componentes que explicam grande parte da variância dos dados originais, com a propriedade

de serem ortogonais entre si, as quais foram utilizadas no processo de regionalização para a identificação de grupos homogêneos.

CARDIM (2001) fez uso das duas técnicas separadamente. Com a técnica de agrupamento definiu seis grupos homogêneos quanto aos padrões de chuva e temperatura no estado de São Paulo. Pelo uso da técnica de componentes principais, definiu índices pluviométricos e térmicos, estabelecendo uma classificação climática mais eficiente que as classificações utilizadas no Brasil, que, em geral, se assemelham às de Köppen. No sentido de dividir a Espanha em zonas climaticamente homogêneas, baseadas na precipitação sazonal, MUÑOZ-DIAS & RODRIGO (2004) compararam as técnicas de análise de agrupamento e de componentes principais. A técnica de agrupamento identificou três grupos na primavera e inverno, e quatro grupos no verão e outono. Obtiveram resultados similares quando aplicaram a técnica de componentes principais. Esta comparação indica que a análise de agrupamento é apropriada para estabelecer, a partir de uma série temporal, os padrões espaciais da precipitação sobre a Espanha.

Portanto, essas metodologias podem contribuir para um melhor entendimento sobre o clima, distinguindo regiões com características semelhantes e possibilitando, dessa forma, um melhor planejamento da agricultura no Brasil. Neste trabalho objetivou-se comparar as técnicas estatísticas de análises de componentes principais e de agrupamento no sentido de dividir o estado do Maranhão em um número limitado de zonas pluviometricamente homogêneas.

Material e Métodos

Foram utilizados dados de precipitação pluvial mensal para o período de 1985-2004 referentes a 80 postos pluviométricos, obtidos do acervo da Agência Nacional de Águas – ANA. A localização geográfica dos postos está representada na Figura 1.

Os dados de precipitação foram padronizados subtraindo-se os valores mensais pela respectiva média e dividindo o resultado pelo desvio padrão, ambos calculados para o período de 1985-2004, resultando em uma série com média zero e variância unitária. Segundo ROCHA & SIMMONDS (1997), este procedimento facilita a comparação de estações com diferentes variabilidades de precipitações.

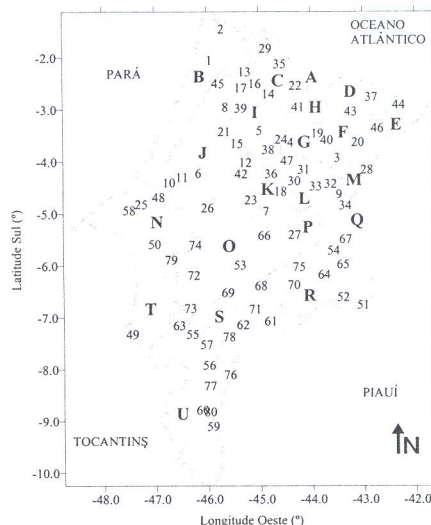


Figura 1. Distribuição espacial dos postos pluviométricos sobre o estado do Maranhão com suas microrregiões. A-São Luís, B-Gurupi, C-Litoral Ocidental, D-Lençóis, E-Baixo Parnaíba, F-Chapadinha, G-Itapecuru Mirim, H-Rosário, I-Baixada, J-Pindaré, K-Médio Mearim, L-Codó, M-Coelho Neto, N-Imperatriz, O-Alto Mearim e Grajaú, P- Presidente Dutra, Q-Caxias, R-Chapada do Alto Itapecuru, S-Chapada das Mangabeiras, T-Porto Franco e U-Gerais de Balsas.

Análise em componentes principais

A técnica de análise por componentes principais tem por objetivo a descrição de um conjunto de dados. É um método fatorial que se baseia na redução do número de variáveis a partir de novas variáveis sintéticas obtidas pela combinação linear dos dados originais, porém, essa redução só será possível se estas variáveis são dependentes e correlacionadas entre si (JOHNSON & WICHERN, 1982). Uma característica importante da análise por componentes principais é a separação em fatores matematicamente independentes, de tal forma que há a possibilidade de diminuir o número de fatores relacionados a determinado aspecto físico que se deseja estudar. Isto permite identificar padrões espaciais importantes para a explicação da variabilidade temporal.

A matriz de dados de precipitação mensal padronizada foi organizada de forma adequada para se realizar a análise espacial com o propósito de subdividir o estado do Maranhão em regiões pluviometricamente homogêneas. Foi composta por 80 colunas (postos pluviométricos) e 240 linhas (número de meses entre janeiro de 1985 e fevereiro de 2004), representando, respectivamente as dimensões espacial e temporal. Com o interesse em se determinar o padrão espacial com base em séries temporais climatológicas, para fins de regionalização, utilizou-se a análise por componentes principais no modo S, segundo SANSIGOLO (1996) e SERRANO *et al.* (1999). Neste modo, os postos pluviométricos representam as variáveis e as precipitações os casos, cuja série é comparada, identificando-se os postos em que a precipitação varia similarmente.

A avaliação de dependência foi feita através da matriz de correlação, de forma que cada variável tenha o mesmo peso na obtenção das componentes (EASTMAN & FULK, 1993). Em seguida, a matriz de correlação foi submetida à análise por componentes principais, a qual permite transformar um conjunto de dados, inicialmente correlacionados, em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas. Este novo conjunto é obtido através de combinações lineares das variáveis originais, de tal forma que a maior parte da variância concentra-se nas primeiras componentes.

A definição do número de componentes principais a considerar foi feita pelo critério de Kaiser, segundo o qual são considerados apenas os autovalores maiores que a unidade, os quais seriam os valores estatisticamente significativos. Os autovalores obtidos na análise de componentes principais foram submetidos à rotação varimax no sentido de distinguir grupos de variáveis intercorrelacionados. Segundo JOHNSON & WICHERN (1992), a rotação dos fatores melhora a interpretação dos resultados, não altera a matriz de correlação, nem as variâncias específicas, bem como a variância total dos dados originais, melhorando, desse modo, a distribuição da percentagem de explicação da variância entre as componentes. Para verificar se os autovalores obtidos são separáveis e, portanto, se as componentes são de fato independentes, aplicou-se o teste proposto por NORTH *et al.* (1982). O erro amostral em relação a cada autovalor é dado pela expressão (1):

$$\delta\lambda \cong \lambda \cdot \sqrt{\frac{2}{N}} \quad (1)$$

em que N representa o número de eventos independentes e λ o autovalor correspondente.

A formação dos grupos foi definida pelas cargas fatoriais, que representam a correlação entre a série temporal de precipitação dos postos pluviométricos e das componentes principais, conforme a expressão (2):

$$corr(P_j, C_k) = a_{jk} \cdot \sqrt{\lambda_i} \quad (2)$$

em que: P_j corresponde à precipitação no posto pluviométrico, C_k à componente principal, a_{jk} e λ_i aos autovetores e autovalores correspondentes. As áreas com cargas fatoriais com coeficientes maiores ou iguais a 0,7, serviram para definir os limites geográficos dos grupos homogêneos.

Análise de agrupamento

Paralelamente à técnica de análise por componentes principais, foi realizada a análise por agrupamento no sentido de comparar os domínios espaciais dos grupos homogêneos formados pelas mesmas. Na Análise de Agrupamento a similaridade entre duas amostras foi determinada calculando-se a distância euclidiana dada pela equação (3) que, segundo EVERITT (1993), é bastante utilizada:

$$d(X_1, X_2) = \left\{ \sum_{i=1}^N (X_{1i} - X_{2i})^2 \right\}^{1/2} \quad (3)$$

em que X_1 e X_2 são os valores de precipitação mensal observados nos postos pluviométricos 1 e 2, respectivamente.

Os métodos hierárquicos aglomerativos são muito utilizados na construção de agrupamentos. Neste estudo foi aplicado o método da variância mínima, também conhecido como Método Ward's. O resultado final da análise de agrupamento é um gráfico, denominado dendrograma, que auxilia a definição dos agrupamentos similares para o conjunto de variáveis envolvidas.

Para avaliar a similaridade dos grupos formados pelas duas técnicas foram determinados os coeficientes de correlação entre as séries temporais dos desvios normalizados de precipitação de cada grupo (média do grupo) e das componentes principais, que representa a combinação linear dos dados originais.

Para a obtenção das componentes principais e dos agrupamentos utilizou-se o software *Statistical Package for Social Science* (SPSS). Para a interpolação dos dados e elaboração dos mapas fez-se uso do software Surfer 7.0.

Resultados e Discussão

Em todas as fases das análises as duas primeiras componentes rotacionadas foram consideradas independentes segundo critério de NORTH *et al.* (1982), conforme Figuras 2a,b,c. Na primeira fase a análise por componentes principais foi aplicada aos 80 postos pluviométricos distribuídos sobre o estado do Maranhão. As cargas fatoriais (correlação entre os padrões temporais das CPs e da precipitação de cada localidade) foram predominantemente positivas com os mais altos valores, que definem a formação das regiões homogêneas, localizados na região Centro-Norte (Primeira Componente-CP1) e Centro-Sul (Segunda Componente-CP2), conforme Figura 3a,b, respectivamente. O padrão temporal da CP1 (Figura 5a), com 48,8% da variância, apresenta valores positivos entre janeiro e junho e negativos entre julho e novembro. Por outro lado, CP2 (Figura 5b), com 36,2% da variância, apresenta valores positivos de outubro a abril e negativos de maio a setembro. O comportamento apresentado por CP1 é consistente com o regime pluviométrico do centro-norte do estado, referindo-se as microrregiões (K, L, F, G, M, J, B, I, E, D, H, C e A). Por outro lado, o padrão observado em CP2 define o regime pluviométrico do centro-sul do estado, representando as microrregiões (N, O, P, Q, R, S, T e U).

Uma análise similar foi realizada utilizando a técnica de análise em agrupamento. O domínio espacial dos dois grupos, Figura 3c, definidos pelo dendrograma, observado na Figura 4, foi semelhante ao determinado pela análise por componentes principais. O grupo 1, centro-norte do estado, coincide com a configuração espacial das cargas fatoriais (coeficientes acima de 0,7) da CP1 e o grupo 2, no centro-sul do estado, da CP2.

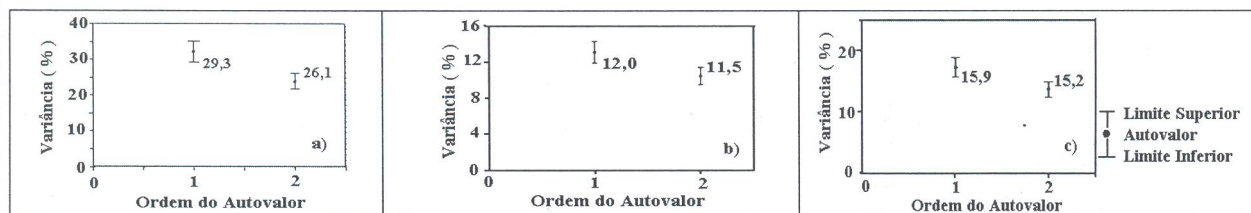


Figura 2. Percentagem da variância total associada aos dois primeiros autovalores rotacionados: a) Maranhão, b) região Centro-Sul e c) Centro-Norte. O traço denota o erro amostral do autovalor calculado usando o método de North *et al.*, (1982).

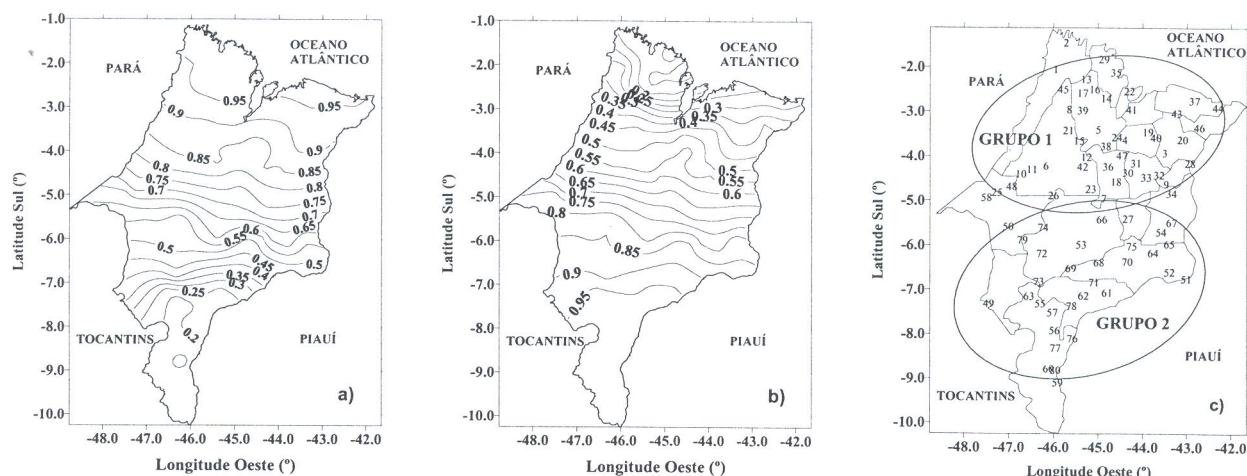


Figura 3. Componente principal 1 (a) e 2 (b) e agrupamento (c), relativos a precipitação mensal observadas nos postos pluviométricos do estado do Maranhão

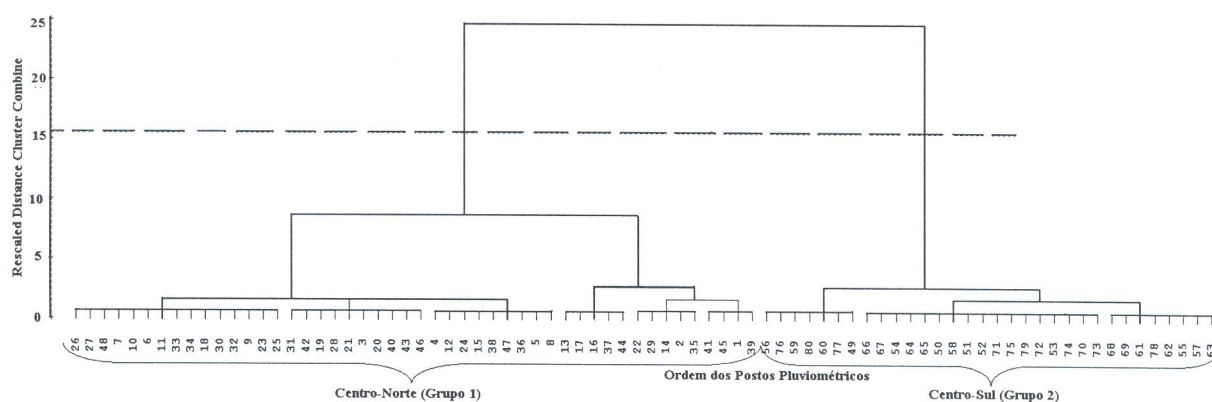


Figura 4. Dendrograma usando o método de Ward para o estado do Maranhão

Os métodos foram comparados através dos coeficientes de correlação entre as séries temporais da precipitação média de cada grupo e das componentes principais. Os coeficientes foram significativos ao nível de 99% de confiança. A CP1 e o grupo 1, que cobrem a região centro-norte, e corresponde à área afetada pelo deslocamento meridional da ZCIT, apresentaram coeficientes de correlação de 0,91, com comportamento temporal mostrado na Figura 5a. A CP2 e o grupo 2, que dominam a região centro-sul, afetadas principalmente pelas incursões de frentes frias, apresentaram coeficiente de correlação de 0,86, sendo o comportamento temporal mostrado na Figura 5b.

O domínio espacial das regiões definidas nesta primeira fase da análise é muito amplo, podendo haver dentro delas duas sub-regiões homogêneas. Desta forma, os postos pertencentes a cada uma das regiões, definidos pela análise em agrupamento, foram submetidos, em separado, a novas análises por componentes principais e agrupamento.

Nesta fase, a região centro-sul, com 32 postos pluviométricos, foi subdividida em duas regiões homogêneas com limites geográficos compreendidos entre 5,5° e 7,0° S e 43,0° e 48,6° W, compreendendo as microrregiões (N, O, P, Q, R e parte da T), 7,0° e 10,0° S e 44° e 47,5° W, compreendendo as microrregiões (U, S e parte da T), definidas pelas cargas fatoriais com valores superiores a 0,7, representativas da CP1 (42,4% da variância) e CP2 (33,9% da variância), conforme Figura 6a,b, respectivamente.

O domínio espacial dos dois grupos por análise de agrupamento, Figura 6c, definidos pelo dendrograma, Figura 7, foi semelhante ao determinado pela análise por componentes principais. A região com valores das cargas fatoriais superiores a 0,7, com relação a CP1 assemelha-se ao grupo 1 e, com relação a CP2 ao grupo 2. A série temporal da precipitação média do grupo 1 apresentou coeficiente de correlação de 0,87 com a série temporal de CP1 e a do grupo 2 de 0,84 com a CP2, conforme Figura 8a,b, respectivamente.

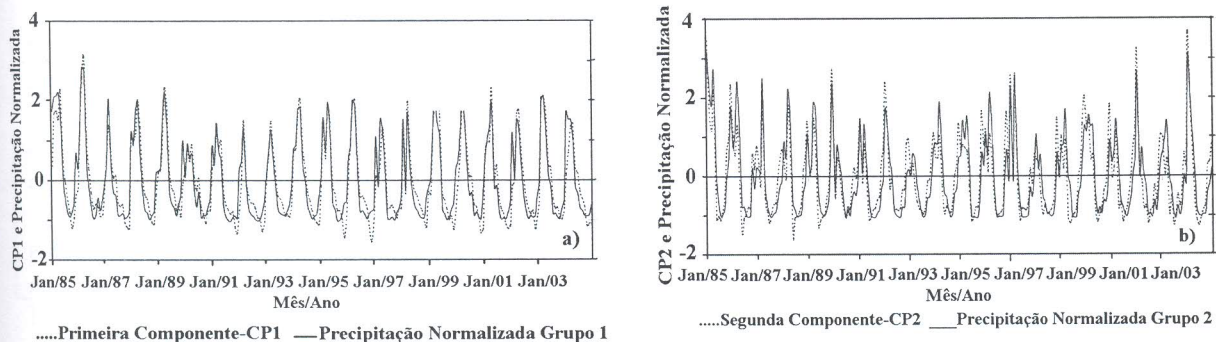


Figura 5. Séries temporais Maranhão: a) grupo 1 x CP1, b) grupo 2 x CP2

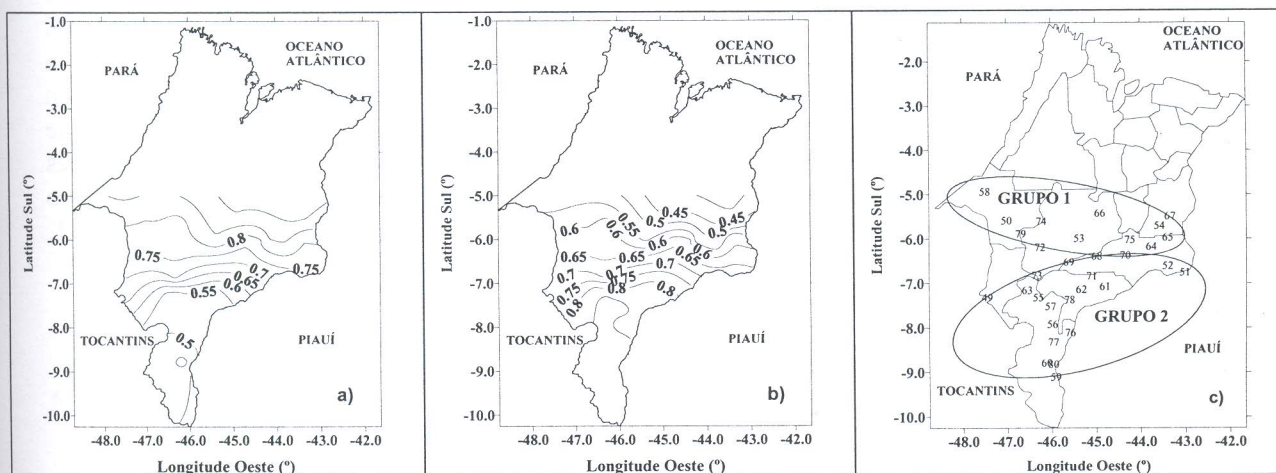


Figura 6. Componente principal 1 a) e 2 b) e agrupamento c), relativos a precipitação mensal observadas nos postos pluviométricos do centro-sul do estado do Maranhão.

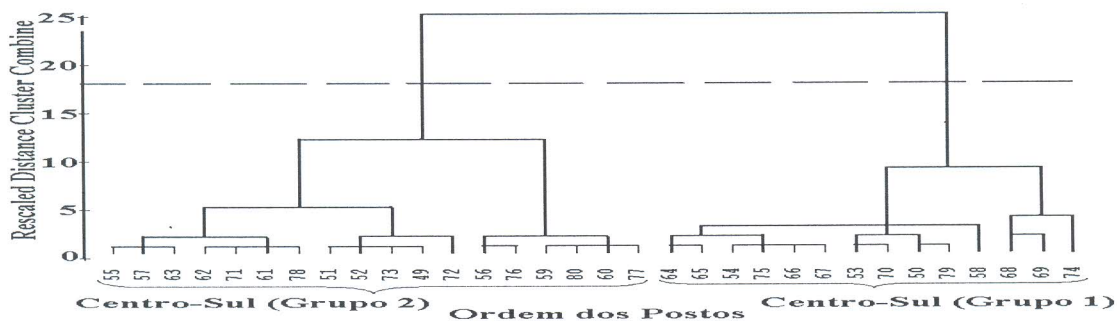


Figura 7. Dendrograma usando método de Ward para o Centro-Sul do Maranhão.

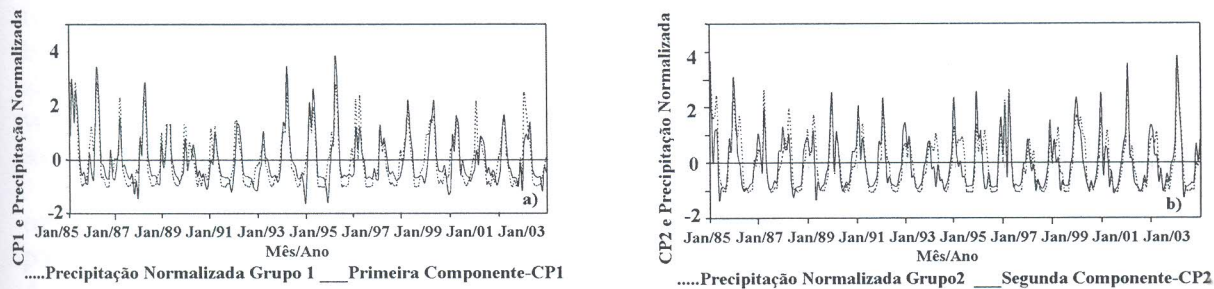


Figura 8. Séries temporais Centro-Sul: a) grupo 1 x CP1, b) grupo 2 x CP2

O mesmo procedimento foi realizado para a região centro-norte, com 48 postos. A CP1 (49,9% da variância total) apresentou cargas fatoriais acima de 0,7 com a precipitação dos postos localizados entre os limites geográficos de 3° e 5,5° S e 42,5° e 47,5° W, conforme Figura 9a, sendo definida pelas microrregiões (K, J, F, L, M, E, G e partes sul da I e B). Com relação a CP2 (39,7% da variância total) os maiores valores das cargas fatoriais ficaram localizados entre os limites geográficos de 1° e 3° S, e 41,7° e 46,5° W, abrangendo as microrregiões (C, H, D, A e norte da B e I), conforme mostrado na Figura 9b.

A configuração espacial dos dois grupos definidos pela análise de agrupamento, Figura 9c, definidos pela dendrograma, Figura 10, foi semelhante à observada pela técnica de análise por componentes principais, considerando as áreas com valores das cargas fatoriais acima de 0,7. A série temporal da precipitação média do grupo 1 apresentou correlação significativa com o padrão temporal da CP2, com coeficiente de 0,80, Figura 11a.

Por outro lado, a série temporal de precipitação média do grupo 2, apresentou coeficiente de correlação de 0,82 com a série temporal da CP1, conforme Figura 11b.

Foi feita nova tentativa de análise dos postos retidos neste último procedimento, porém não foi possível estabelecer outra subdivisão devido às altas correlações observadas entre os postos que constitui os grupos formados, o que reforça a condição de homogeneidade.

Após este processo de regionalização sucessiva, o estado do Maranhão foi dividido em quatro sub-regiões pluviometricamente homogêneas, conforme mostra a Figura 12. Estas sub-regiões estão coerentes com a distribuição das isoietas anuais que mostra um aumento das chuvas do sul para o norte evidenciando a distinção entre os regimes estabelecidos, estando eles associados à atuação dos diferentes sistemas atmosféricos: ZCIT, Frentes Frias e ZCAS.

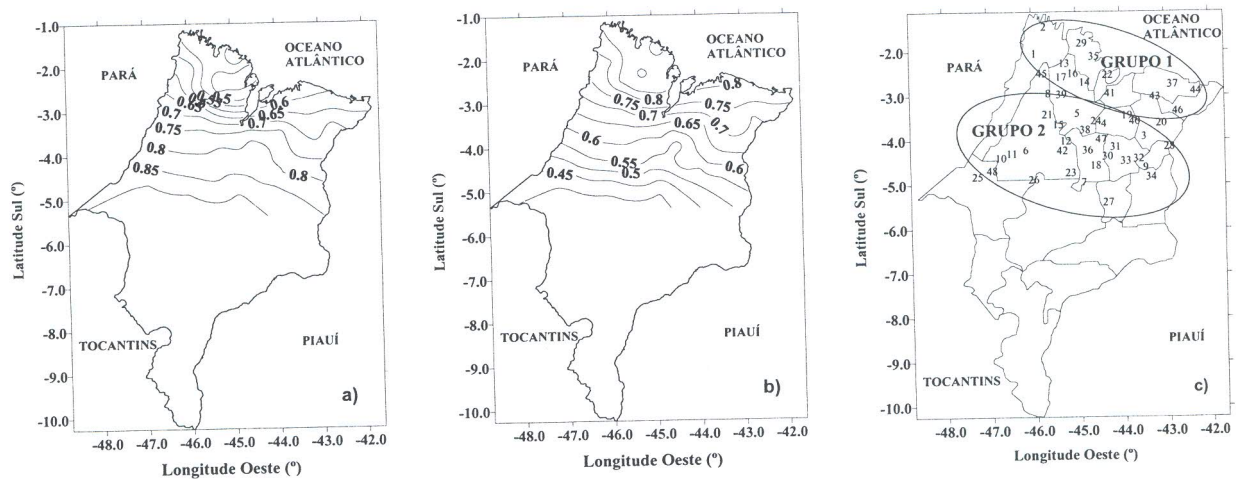


Figura 9. Componente principal 1 (a) e 2 (b) e agrupamento (c), relativos a precipitação mensal observadas nos postos pluviométricos do centro-norte do estado do Maranhão

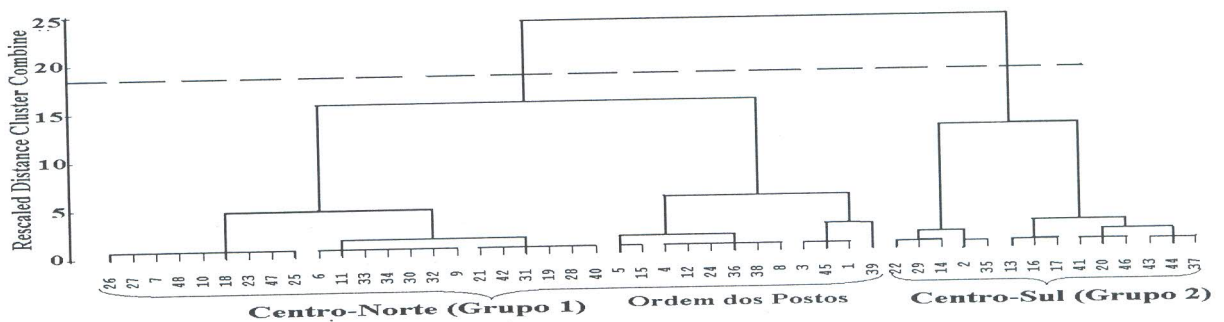


Figura 10. Dendrograma usando método de Ward para a região Centro-norte do Maranhão

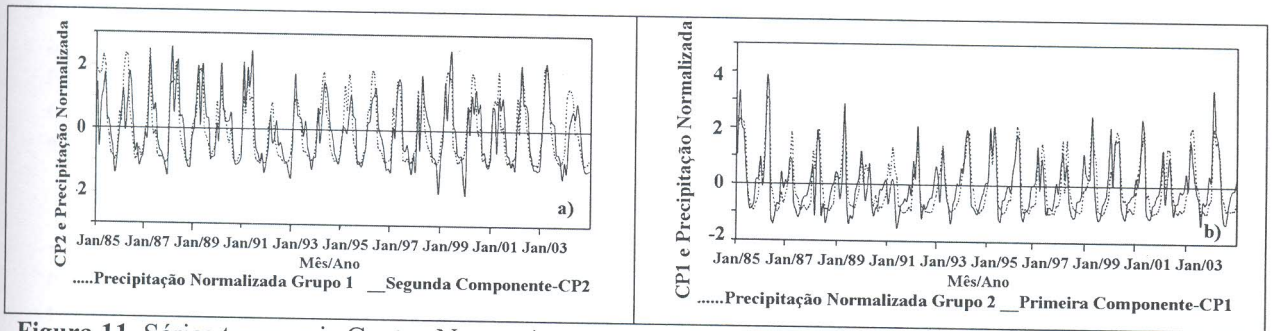


Figura 11. Séries temporais Centro-Norte: a) grupo 1 x CP2, b) grupo 2 x CP1

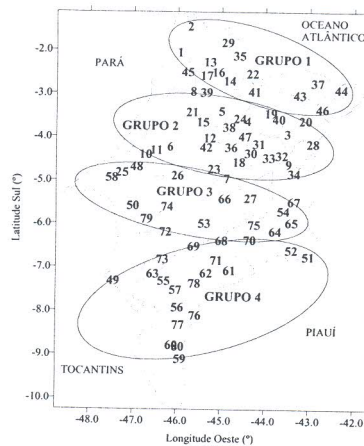


Figura 12: Regionalização pluviométrica do estado do Maranhão por agrupamento

O padrão dipolo do Atlântico associado a diferenças de aquecimentos das águas superficiais acima e abaixo do equador entre os trópicos, que refletem no deslocamento meridional da ZCIT apresentou correlação significativa com os padrões temporais das componentes principais que definiram os grupos 1 (-0,75), 2 (-0,72) e 3 (-0,53). Estas correlações negativas ressaltam que águas mais quentes sobre Atlântico Norte (5-20°N e 60-30°W) em relação ao Atlântico Sul (0-20°S e 30°W-10°E) posiciona a ZCIT mais ao Norte do equador, reduzindo as chuvas nestes grupos e vice-versa. Este padrão dipolo não apresentou correlação significativa com o padrão temporal da CP que definiu o grupo 4, o que reforça a idéia que a precipitação neste grupo está associada a outros sistemas atmosféricos, como as incursões de frentes frias até o sul do Nordeste do Brasil e até mesmo o posicionamento da ZCAS em latitudes mais ao norte. A inconsistência desses sistemas, aliada as variações de altitudes, contribui para a grande variabilidade espacial e temporal da precipitação observada sobre essa região do estado.

Estes resultados sugerem que ambas as técnicas são compatíveis para delimitar grupos homogêneos e podem, portanto, ser usadas em estudos de regionalização. A técnica de Análise em Componentes Principais é uma alternativa às ferramentas tradicionais da Análise de Agrupamento para obter grupos homogêneos. SANSIGOLO (1998)

sugere o uso combinado das duas técnicas, a análise de agrupamento aplicada às cargas fatoriais e aos escores temporais mais significativos. Segundo ele, este pré-processamento por análise fatorial elimina informações redundantes e separa o sinal de grande escala do ruído.

Conclusões

Os métodos utilizados no processo de regionalização das chuvas foram capazes de identificar os principais padrões pluviométricos no estado do Maranhão, revelando uma similaridade entre os grupos formados pelas componentes principais e pela análise de agrupamento, os quais indicaram quatro sub-regiões pluviometricamente homogêneas. Estas sub-regiões, favorecidas pela mudança de coordenadas através da rotação de eixos denominado Varimax, são fisicamente consistentes com as áreas de atuação dos sistemas atmosféricos que definem o padrão espacial das chuvas sobre o estado.

Os padrões temporais das componentes principais que definiram os regimes dos grupos 1 (1° e 3° S, e 41,7° e 46,5° W), 2 (3° e 5,5° S e 42,5° e 47,5° W) e 3 (5,5°-7,0° S e 43,0°- 48,6° W) apresentaram correlações negativas significativas com o dipolo do Atlântico, mostrando que o deslocamento meridional da ZCIT é o principal aspecto que define o comportamento espacial e temporal das chuvas sobre os mesmos.

Por outro lado, o regime do grupo 4 (7,0°-10,0° S e 44°-47,5° W), no extremo sul do estado, não apresentou correlação significativa com o dipolo, o que sugere a influencia de outros sistemas, tais como a as incursões de frentes frias até o Nordeste do Brasil e a atuação da ZCAS, que aliada às variações de altitudes, contribuem para a grande variabilidade espacial e temporal da precipitação observa sobre esta região do estado.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Maranhão - UEMA pela liberação das atividades docentes para realizar o doutorado, bem como pela concessão da bolsa de estudo.

Referências Bibliográficas

- CARDIM, M. Mapeamento do comportamento multivariado das principais variáveis climáticas de interesse agrícola do estado de São Paulo. Botucatu: UNESP, 2001. 124p. Tese Doutorado.
- COMRIE, A. C.; GLENN, E. C. Principal components-based regionalization of precipitation regimes across the southwest United States and northern Mexico, with an application to monsoon precipitation variability. **Climate Research**. v. 10: p. 201–215, 1998.
- EASTMAN, J. R.; FULK, M. Long sequence time series evaluation using standardized principal components. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Bethesda, v.59, n.8, p. 1307-1312, 1993.
- EVERITT, B. S. **Cluster analysis**. 3ª ed. London: Heinemann Educational Books, 1993. 122p.
- JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey. Prentice-Hall, Inc. 3rd ed., 1992. 642p
- KELLER, T.; ASSAD, E. D.; SCHUBNELL, P. R. Regiões pluviométricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.311-322, 2005.
- MACHADO, M. A. M.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, M. H. Duração da estação chuvosa em função das datas de início do período chuvoso para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.2, p.73-79, 1996.
- MUÑOZ-DIAZ, D.; RODRIGO, F. S. Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912–2000) using cluster and principal component analysis: comparison. **Annales Geophysicae**, European Geosciences Union, p. 1435–1448, 2004.
- NERY, J. T.; VARGAS, W. M.; MARTINS, M. L. O. F. Caracterização da precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.2, p. 81-89, 1996.
- NORTH, G. R., Bell, T. L., Cahalan, R. F. and Moeng, F. J.. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions. **Monthly Weather Review**, v. 110, p. 699–706. 1982.
- ROCHA, A.; SIMMONDS, I. Interannual variability of south-eastern African summer rainfall. part 1: relationships with air–sea interaction processes. **International Journal of Climatology**, v. 17, p. 235–265, 1997.
- SANSIGOLO, C. A. Variabilidade interanual da estação chuvosa no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.101-105, 1996.
- SANSIGOLO, C.A.; NERY, J.T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações na região Sudeste e Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10. e CONGRESSO da FLISMET, 7., **Proceedings...**, Brasília, DF: SBMET, p. 356-371, 1998
- SERRANO, A. et al.. Monthly Modes of Variation of Precipitation over the Iberian Peninsula. **Journal of Climate**, v.12, p. 2894-2919, 1999.
- SETO, S.; OOHARA, M.; YKEDA, Y. Analysis of precipitation chemistry at a rural site in Hiroshima prefecture, Japan. **Atmospheric Environment**, v.34, p. 621-628, 2000.