

---

## PADRÃO ESPACIAL PLUVIOMÉTRICO NO ESTADO DO CEARÁ

Daris Correia dos Santos,<sup>1</sup> Raimundo Mainar de Medeiros<sup>2</sup>, José Ivaldo Barbosa de Brito<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UFCG, e-mail: daris.correia@gmail.com.br

<sup>2</sup>UFCG, e-mail: mainarmedeiros@gmail.com.br

<sup>3</sup>UFCG, e-mail: ivaldo@dca.ufcg.br

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi verificar a variabilidade na distribuição da precipitação no estado do Ceará, através da análise de componentes principais. Portanto, a técnica de análise de componentes principais (PCA) foi aplicada aos dados mensais de precipitação de 28 estações meteorológicas oriundas do Instituto Nacional de Meteorologia- INMET e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), período 2002-2012, distribuídas no estado do Ceará. Os resultados encontrados mostraram que as maiores contribuições da precipitação associadas ao primeiro fator ocorrerem no Maciço de Baturité e parte central do litoral do Estado e estão associados com Sistemas Ondulatórios de Leste e Linhas de Instabilidade; o segundo fator apresentou um padrão espacial semelhante ao da climatologia da precipitação média total anual e está associado à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e de Linhas de Instabilidade e é decorrente das chuvas, em geral, nos meses de janeiro a maio. O terceiro fator apresenta as maiores contribuições de precipitação na região sul e centro-oeste do Ceará, associadas a Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis tropoféricos (VCAN) e sistemas frontais austrais que atuam mais ativamente no sul do Estado.

**Palavras-Chave:** PCA; precipitação; fatores.

**ABSTRACT:** The objective of this research was to investigate the variability in rainfall distribution on the Ceará State. We used the principal component analysis. The technique of principal component analysis (PCA) was applied to monthly rainfall data from 28 meteorological stations coming from the National Institute of Meteorology (INMET) and Foundation for Meteorology and Water Resources of the Ceará (FUNCEME). The results showed that the major contributions of the precipitation associated with the first factor occur in the Massif Baturité and central part of the coast of the State and are associated with easterly waves and Squall Lines. The second factor showed a spatial pattern similar to climatology the total average annual rainfall and is associated with the performance of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and with the Squall Lines. It is a result of the rains in the months from January to May. The third factor has the greatest contributions of precipitation in south and central west of Ceará, associated with cyclonic vortices of the upper air (VCAS) and southern frontal systems that operate more actively in the southern State.

**Keywords:** PCA; precipitation; factors.

### INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará está dividido em 184 municípios, dos quais 150, segundo Ministério da Integração – MI (2005), estão inseridos no semiárido, que representa 86,8% da área total do Estado, que é

de aproximadamente 150 mil km<sup>2</sup>. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013) a população estimada do Ceará para 2013 é em torno de 8,8 milhões de habitantes, sendo que cerca 55% vive no Semiárido.

A variabilidade temporal e espacial da precipitação é determinante para a compreensão das condições climáticas de uma região. Nesse contexto, este trabalho objetiva analisar a distribuição espacial da chuva no estado do Ceará e através da Análise das Componentes Principais (PCA) e caracterizar sistemas atmosféricos contribuintes de sua precipitação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de precipitação total utilizados neste estudo são provenientes de 28 estações meteorológicas Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), a partir dos quais foram obtidas médias mensais e anuais de precipitação para o estado do Ceará. Utilizou-se o software SPSS e Excel para processamento dos dados pluviométricos mensais e na elaboração dos mapas utilizou-se o Surfer. A distribuição das estações, indicadas por números, é apresentada na Figura 1.

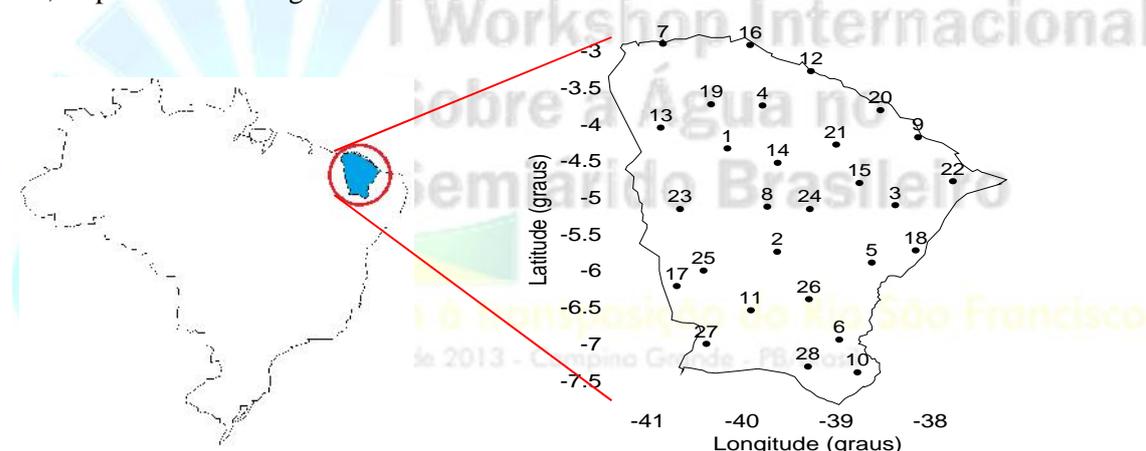


Figura 1. Distribuição espacial das 28 estações meteorológicas provenientes do INMET e da Funceme no estado do Ceará.

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi desenvolvida por PEARSON (1901), é uma técnica estatística de análise multivariada que busca, através de transformações lineares, descrever a interrelação das variáveis em estudo, explicando estrutura de interdependência dessas e criando, assim, um novo conjunto com o número de variáveis inferior ao conjunto original. Para o cálculo das Componentes Principais (CP) de um conjunto de dados, inicialmente deve-se obter os autovalores e os autovetores a partir da matriz de correlação ou da matriz de variância-covariância entre as variáveis desse conjunto. A aplicação da ACP a um conjunto de dados de grande dimensão é interessante, inicialmente, apenas para determinar combinações lineares das variáveis originais que expliquem o máximo possível a variação existente nos dados iniciais (Silva, 2001). Por exemplo, para  $m$  componentes e  $p$  variáveis ( $p > m$ ), tem-se a seguinte configuração de variáveis latentes:

$$CP_1 = a_{11}X_1 + a_{21}X_2 + \dots + a_{p1}X_p$$

$$CP_{12} = a_{12}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + ap_{12}X_p$$

$$CP_m = a_1mX_1 + a_2mX_2 + \dots + apmX_p$$

A solução deste sistema de equações considera a variação total presente no conjunto das variáveis iniciais, onde a primeira CP1 explica o máximo possível da variância dos dados iniciais, enquanto a segunda CP2 explica o máximo possível da variância ainda não explicada e assim por diante, até a última CPm que contribui com a menor parcela de explicação da variância total dos dados iniciais (Silva, 2001). A variância total do sistema (V) é definida como a soma das variâncias das variáveis observadas, assim V é dada por  $V = \text{traço } S = \sum_{i=1}^p S_{ii} = \sum_{i=1}^p \lambda_i$  em que S é a variância das variáveis observadas e  $\lambda_i$ . A variância explicada por cada componente é  $\alpha_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \cdot 100$  (%).

O número escolhido de Componentes Principais foi baseado no critério de Kaiser, que considera como mais significativos os autovalores cujos valores sejam superiores a um (Garayalde et al., 1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados obtidos da aplicação do método da PCA nos dados médios mensais da precipitação pluvial no estado do Ceará. A Figura 2a mostra a configuração espacial dos totais médios anuais da precipitação no Estado. Os maiores totais pluviométricos encontram-se no litoral, maciço de Baturité e Serra da Ibiapaba, enquanto que os menores valores ocorrem no Sertão Central e Inhamuns (centro-oeste). A precipitação em todo Ceará é decorrente, principalmente da Zona de Convergência Intertropical-ZCIT e dos Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis troposféricos – VCAN. Já os totais de precipitação significativos na parte litorânea e maciço de Baturité são resultados da atuação de linhas de instabilidade e de ondas de leste responsável por chuvas nos meses de maio a agosto no estado do Ceará. Os maiores totais pluviométricos estendem-se de janeiro a junho e os menores de julho a dezembro, Figura 2b.

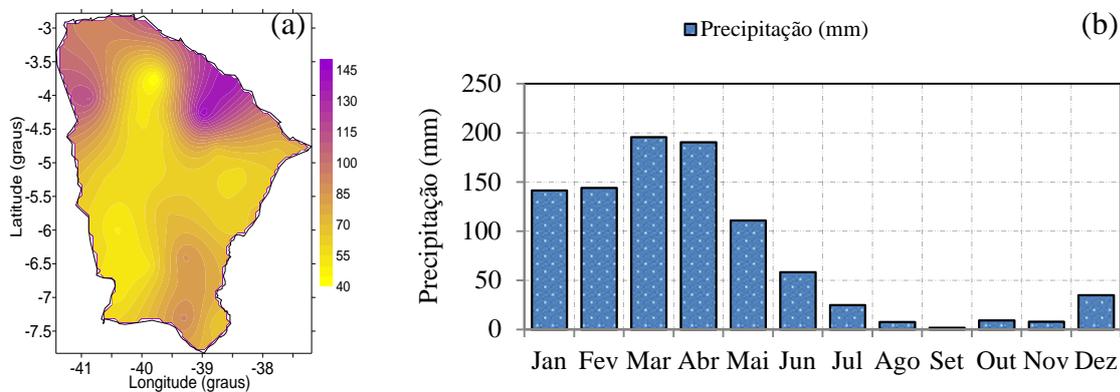


Figura 2. Distribuição espacial dos totais médios anuais da precipitação (mm) no estado do Ceará (a) e distribuição mensal dos totais pluviométricos (b), período 2002-2012.

A variância explicada da análise fatorial em componentes principais rotacionadas aplicada aos dados médios mensais da precipitação no Estado é mostrada na Tabela 1. Observa-se que a porcentagem

explicada para os três primeiros fatores rotacionados é de 89,52% da variância dos dados truncado segundo critério de Kaiser (GARAYALDE et al., 1986).

Tabela 1. Sequência dos autovalores na ordem decrescente e a contribuição (%) à variância total dos dados médios mensais rotacionados da precipitação pluvial no estado do Ceará, período 2002-2012.

Componentes	Autovalores			Fatores Rotacionados		
	Total	Variância %	Acumulado%	Total	Variância%	Acumulado %
1	6,23	51,96	51,96	4,03	33,61	33,61
2	3,05	25,42	77,37	3,40	28,33	61,94
3	1,46	12,16	89,53	3,31	27,58	89,52
4	0,51	4,24	93,77	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
12	0,01	0,11	100,00	...	...	...

O primeiro fator comum temporal da precipitação rotacionado, que explica 33,61% da variância total da série, apresenta correlações significativas, superiores a 0,8 nos meses de junho a agosto; a distribuição do segundo fator apresenta maiores contribuições (pesos) com valores superiores a 0,65 nos meses de janeiro a maio e o terceiro fator apresenta os maiores pesos de outubro a dezembro com valores superiores a 0,8 (Figura 3).

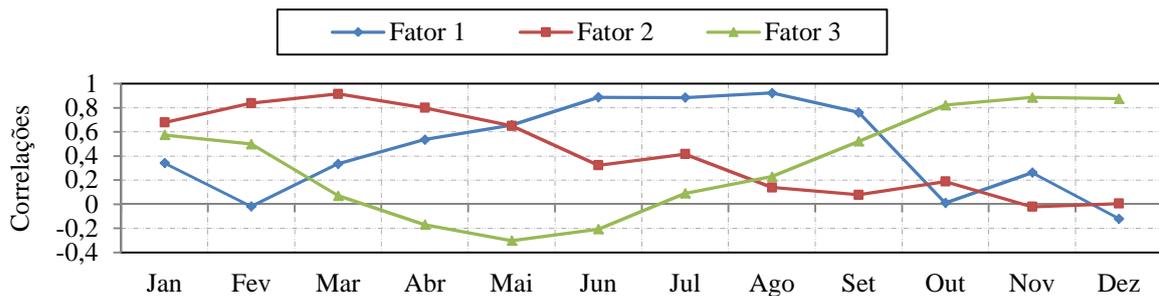
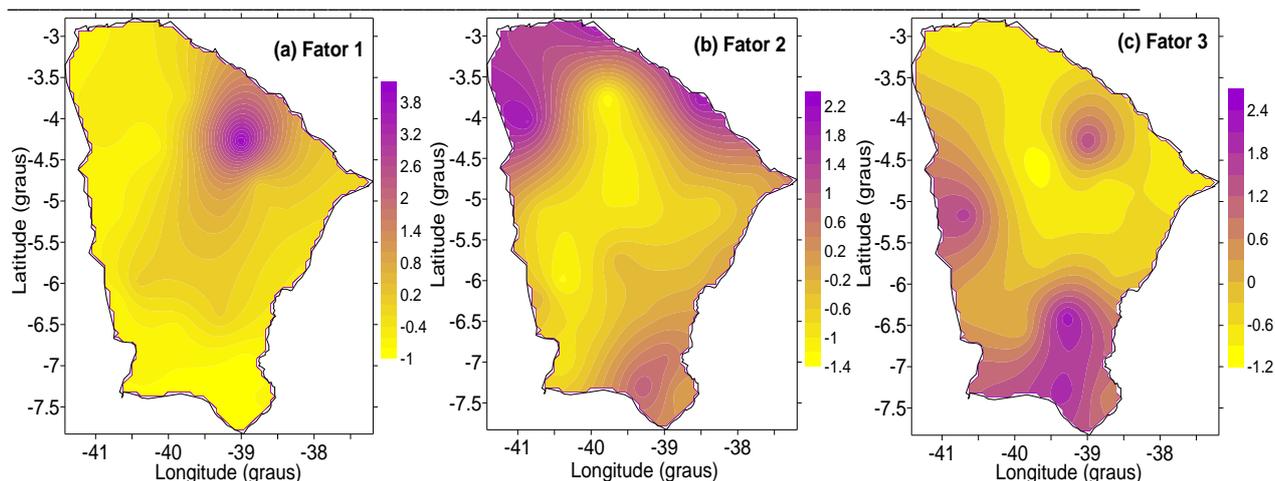


Figura 3. Cargas fatoriais rotacionadas (correlações) para os três fatores comuns de precipitação (mm) que explicam 89,52% do total (33,61%+28,33%+27,58) no estado do Ceará.

Observa-se pela distribuição espacial do fator 1, que as maiores contribuições (pesos) encontram-se no litoral e maciço de Baturité áreas de atuação influência de ondas de leste (Figura4a). Esta configuração do fator 1 explica cerca de 34% da variância espacial (Tabela 1). Isto ocorre porque durante o inverno chove em poucas áreas do Ceará e a maior parte do Estado é período seco produzindo grande variabilidade espacial. O padrão espacial associado ao segundo fator (Figura 4b) é semelhante à configuração da climatologia (Figura 2a). A razão para isto é porque às chuvas associadas ao fator 2 (janeiro a maio) são oriundas da ZCIT, principal indutor de chuvas no Ceará. Ainda é possível verificar que a variância espacial explicada para o fator 2 é próximo de 28% (Tabela 1). A configuração espacial do terceiro fator apresenta as maiores contribuições da precipitação com valores superiores a 1,0 na região sul e centro-oeste do Ceará, possivelmente associadas aos VCAN e aos sistemas frontais que atuam mais ativamente no sul do Estado (Figura 4c).



**Figura 4** - Padrão espacial dos totais médios mensais da precipitação pluvial referente aos fatores no estado do Ceará para o período de 2002-2012: (a) fator1, (b) fator2 e (c) fator3.

## CONCLUSÕES

Para explicar a variabilidade espacial da precipitação sobre o Ceará foi necessário apenas às três primeiras componentes principais. O padrão espacial do primeiro fator comum mostra que a maior contribuição para a variabilidade espacial das chuvas no Ceará é das ondas de leste e das linhas de instabilidade, com aproximadamente 34% da variância explicada. Isto porque estes sistemas produzem chuvas principalmente no inverno nas regiões de serra e no litoral, enquanto a maior parte do Estado encontra-se no período seco. O segundo padrão espacial que apresentou maiores contribuições da variância explicada foi a ZCIT por ser o principal sistema indutor de chuvas em todo Ceará. O terceiro fator apresenta as maiores contribuições de precipitação na região sul e centro-oeste do Ceará, possivelmente associadas aos VCAN e aos sistemas frontais que atuam mais ativamente no sul do Estado.

11 a 13 de dezembro de 2013 - Campina Grande - PB/Brasil

## REFERÊNCIAS

GARAYALDE, E.J.G.; da SILVA, M.G.A.; TAVARES, A. de SÁ. *Classificação mesoclimática da região sul do Brasil pela análise de Componentes Principais*. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1., Brasília, 1986. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1986. p.119-124.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estados@. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ce>. Acessado em 10/10/2013.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO - MI. *Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro*. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento, 2005.

PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Phil. Mag.*, v. 6, p. 559-72, 1901.

SILVA, J. B.; CUNHA, F. B.; NETO, W. P. G. Modelagem das Chuvas trimestrais por regiões homogêneas no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* – Santa Maria, v.9, n. 2, p. 317-324, 2001.