

VARIABILIDADE CLIMÁTICA E REGIONALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ

Daris Correia dos Santos¹

INTRODUÇÃO

O Estado do Ceará está dividido em 184 municípios, dos quais 150, segundo o Ministério da Integração – MI (2005), estão inseridos no semiárido, o que representa 86,8% da área total do Estado, que é de aproximadamente 150 mil km². De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), a população estimada do Ceará, em 2013, girava em torno de 8,8 milhões de habitantes, sendo cerca de 55% vivendo no Semiárido.

Considerando que a variabilidade temporal e espacial da precipitação é determinante para a compreensão das condições climáticas de uma região (SANTOS et al., 2013), este trabalho objetiva avaliar a distribuição espacial da precipitação pluvial no estado do Ceará. Assim, através da Análise das Componentes Principais (PCA), irá caracterizar sistemas atmosféricos contribuintes de sua precipitação, e, usando a Análise de Agrupamento (AA), estabelecer a regionalização da homogeneidade da precipitação para o período de 1974-2012.

Análise Multivariada Subjetiva - Análise de Componentes Principais (PCA)

Originalmente, a Análise de Componentes Principais (PCA) foi introduzida por Pearson em 1901 e por Everitt e Der (1977). A aplicação da PCA 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 et al., 2001).

Andrade et al. (2003) identificaram e avaliaram a importância das variáveis envolvidas no processo da evapotranspiração utilizando a análise de

componentes principais. Essa técnica foi aplicada com o propósito de identificar a importância relativa das diferentes variáveis envolvidas na evapotranspiração em bacias hidrográficas da Região Centro Sul do Estado do Ceará. A técnica da análise de componentes principais demonstrou que um modelo com duas componentes é adequado para representar o processo de evapotranspiração na área estudada. Os resultados revelaram que as variáveis climatológicas com maiores representatividades no processo de evapotranspiração foram: razão de insolação, velocidade do vento e precipitação. Já a temperatura máxima e mínima do ar apresentou menor influência para a região do Centro Sul do Estado do Ceará.

Diniz (2007), utilizando a técnica estatística multivariada de Componentes Principais para estudar as cheias na Bacia hidrográfica do São Francisco, de abril de 1985 a janeiro de 2004, a fim de identificar variáveis meteorológicas dominantes no processo de formação e evolução de sistemas convectivos intensos, que contribuíram para os episódios de chuvas extremas e ocorrência de cheia, verificou que os efeitos locais foram significativos para a evolução dos sistemas convectivos intensos observados em abril de 1985. Utilizando dados de reanálises (NCEP- National Centers for Environment Prediction), verificou que um modelo com quatro componentes foi adequado para representar a estrutura inicial das variáveis.

Silva (2004), com base em dados da Região Nordeste do Brasil e utilizando PCA, desenvolveu um estudo com o objetivo de identificar as variáveis meteorológicas que apresentam maior influência no processo de ET (evapotranspiração) na região. Através da referida técnica, aplicada a 88 estações meteorológicas distribuídas pelo NEB, revelou que o processo de evapotranspiração para a área estudada é governado basicamente por duas componentes, sendo a primeira o gradiente de pressão de vapor do ar e a segunda a temperatura do ar.

Análise Multivariada Objetiva - Análise de Agrupamento (AA) (Cluster Analysis)

A Análise de Agrupamento (AA) tem obtido reconhecimento como uma efetiva técnica estatística para lidar com agrupamento de estações dentro de regiões climatologicamente homogêneas (DE GAETANO; SHULMAN, 1990; AHMED, 1997; DE GAETANO, 2001) ou para agrupar períodos temporais dentro de grupos que refletem a ocorrência de eventos de tempo ou padrões (RAMOS, 2001). Além de cada grupo fornecer uma maneira conveniente de resumir os dados climáticos concisamente (DE GAETANO, 2001), é uma técnica isenta de subjetividade e justificada em critérios estatísticos para realizar a identificação final de zonas homogêneas de precipitação ou de outra variável identificada.

A Análise de Agrupamento é aplicada à pesquisa geofísica desde 1961. Foi durante esta década que esta técnica se proliferou. Uma pesquisa detalhada da literatura de análise de agrupamento usada nos campos da geofísica foi realizada dando conta que vários métodos de análise de agrupamento foram extensamente usados em tipos diferentes de problemas em pesquisas atmosféricas (GONG; RICHMAN, 1995).

Silva et al. (1996), objetivando estudar o regime pluviométrico regional e temporal de algumas ecorregiões costeiras no Nordeste do Brasil, especialmente em áreas de planalto e baixadas litorâneas, através de análise dos dados considerando médias mensais de chuva coletadas em 127 estações climatológicas, obtiveram quatro sub-regiões com características homogêneas, localizadas ao longo desta região. Na análise de cluster usou-se o método de Ward para avaliar a chuva associada à climatologia da região, para assim classificar a região quanto à homogeneidade.

Braga et al. (1998), objetivando dar uma contribuição para o estudo climático, ao estado da Bahia, no nordeste brasileiro, identificaram sub-regiões homogêneas em relação ao ciclo anual e totais médios de precipitação. As regiões foram identificadas usando o método de análise de cluster proposto por

Ward (1963) e os resultados obtidos mostraram que o estado da Bahia pode ser subdividido em 9 áreas de regimes homogêneos de precipitação.

Santos et al. (2008), buscando ampliar a difusão do método AA entre os trabalhos envolvendo a geografia e as ciências afins, e contribuir com posteriores diagnósticos que envolvam a dinâmica climática numa bacia, usaram o método de análise de agrupamento de Ward para mapear a pluviosidade homogênea na bacia hidrográfica do rio Goiana-PE e, posteriormente, verificar os principais fatores físicos, internos à bacia, que influenciam na espacialização da chuva, empregando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade. Os autores obtiveram resultados que mostraram que a bacia hidrográfica do rio Goiana possui três regiões pluviometricamente homogêneas e que estão fortemente influenciadas pelos fatores marítimos (longitudinais) e topográficos.

Andre et al. (2008), visando dar uma contribuição ao estudo das condições climáticas do Estado do Rio de Janeiro, e uma melhor classificação climática por meio da identificação de regiões homogêneas em precipitação, utilizaram médias mensais da precipitação de 48 estações meteorológicas, em um período de 30 anos (1971-2000). A análise hierárquica de agrupamento, a orografia e a proximidade do mar mostraram que o Estado do Rio de Janeiro pode ser dividido, quanto à precipitação, em seis regiões pluviometricamente homogêneas, o que possibilitou classificar as estações meteorológicas pelo método de classificação não hierárquica k-means. A região norte do Estado, com precipitações anuais em torno de 870 mm, é a mais seca, e a região da encosta sul da Serra do Mar, com 2020 mm, é a mais chuvosa. Mas, em ambas as regiões, os valores de precipitação da estação chuvosa representam em torno de 70% dos totais anuais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação pluvial utilizados neste estudo são oriundos de 36 estações meteorológicas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), e a partir deles foram obtidas médias mensais e anuais de precipitação para o estado do Ceará, para o período de 1974-2012. Utilizaram-se o software SPSS e o 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 e Tabela 1.

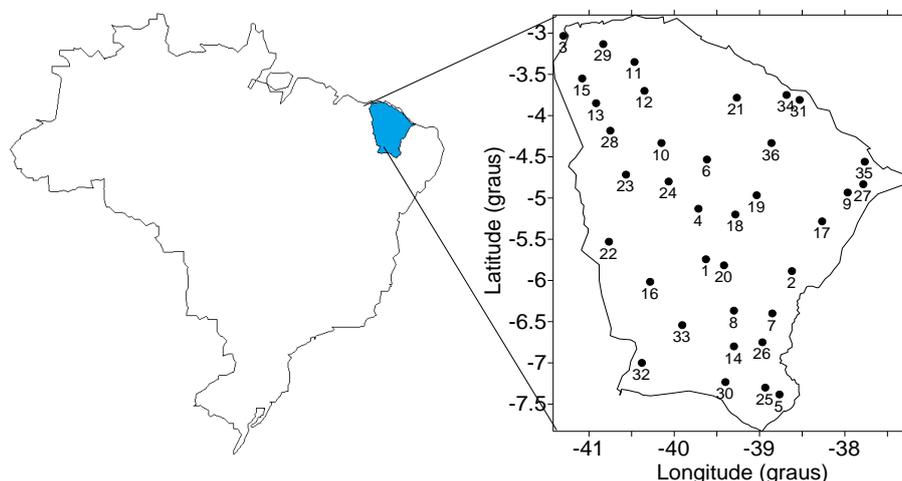


Figura 1. Distribuição espacial das 36 estações meteorológicas provenientes da Funceme no Estado do Ceará.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das estações meteorológicas oriundas da Funceme.

Postos	Latitude	Longitude	Postos	Latitude	Longitude
1 Mombaça	-5,74	-39,63	1 Quixadá	-4,97	-39,03
2 Jaguaribe	-5,89	-38,62	9		
3 Camocim	-3,03	-41,30	2 Piquet Carneiro	-5,82	-39,42
4 Boa Viagem	-5,13	-39,72	0		
5 Mauriti	-7,38	-38,77	2 Pentecoste	-3,78	-39,27
6 Itatira	-4,53	-39,62	1		
7 Ico	-6,40	-38,85	2 Novo Oriente	-5,53	-40,77
			2		
			2 Nova Russas	-4,72	-40,57
			3		
			2 Monsenhor	-4,80	-40,07
			4 Tabosa		
			2 Milagres	-7,30	-38,93
			5		

8	Iguatu	-6,37	-39,30	2	Lavras da	-6,75	-38,97
9	Russas	-4,93	-37,97	6	Mangabeira		
10	Santa Quitéria	-4,33	-40,15	2	Jaguaruana	-4,83	-37,78
11	Senador AS	-3,35	-40,47	7			
12	Sobral	-3,70	-40,35	2	Guaraciaba do	-4,18	-40,75
13	Ubajara	-3,85	-40,92	8	Norte		
14	Várzea Alegre	-6,80	-39,30	2	Granja	-3,13	-40,83
15	Viçosa do Ceará	-3,55	-41,08	9			
16	Tauá	-6,02	-40,28	3	Crato	-7,23	-39,40
17	São João do Jaguaribe	-5,28	-38,27	0			
18	Quixeramobim	-5,20	-39,28	3	Fortaleza	-3,81	-38,53
				1			
				3	Campos Sales	-7,00	-40,38
				2			
				3	Saboeiro	-6,54	-39,91
				3			
				3	Caucaia	-3,75	-38,68
				4			
				3	Aracati	-4,56	-37,77
				5			
				3	Baturité	-4,33	-38,86
				6			

Análise de Componentes Principais (PCA)

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 inter-relação das variáveis em estudo, explicando a 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, devem-se obter os autovalores e os autovetores a partir da matriz de correlação ou da matriz de variância-covariância entre as variáveis desse conjunto (SILVA, 2001). A aplicação da PCA 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 ($p \geq m$), tem-se a seguinte configuração de variáveis latentes:

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

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

...

$$CP_m = a_{1m}X_1 + a_{2m}X_2 + \dots + apmX_p$$

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; a segunda CP2 explica o máximo possível da variância ainda não explicada, e assim por diante, até a última, 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 λ_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).

Aplicação da Análise de Agrupamento

Utilizou-se a Análise de Agrupamento (AA) para classificar a precipitação do Estado do Ceará quanto ao comportamento espacial semelhante.

A classificação é um importante componente em toda pesquisa científica. Existem, essencialmente, duas técnicas estatísticas interessadas na classificação: a análise de agrupamento (EVERITT; LANDAU; LEESE, 2001), que objetiva descobrir grupos de observações a partir de dados inicialmente não classificados; a análise de função discriminante (EVERITT; DUNN, 2001), que trabalha com dados que já estão classificados dentro de grupos.

Na análise de agrupamento existem dois tipos de técnicas principais: divisiva e hierárquica (KAUFMAN; ROUSSEUW, 1990). O objetivo da técnica divisiva é separar um conjunto de objetos dentro de grupos consistentes, enquanto na hierárquica os objetos são progressivamente agregados até eles estarem unidos em um único agrupamento.

Para agrupar as regiões com média de precipitação mensal similar, aplicou-se o método hierárquico aglomerativo de Ward, tendo como medida de dissimilaridade a distância euclidiana (EVERITT; DUNN, 1991):

$$d_e = \left[\sum_{j=1}^n (P_{p,j} - P_{k,j})^2 \right]^{0,5}$$

Onde d_e é a distância euclidiana; e $P_{p,j}$ e $P_{k,j}$ são as variáveis quantitativas j dos indivíduos p e k , respectivamente.

O método de Ward forma grupos, minimizando a dissimilaridade, ou minimizando o total das somas de quadrados dentro de grupos, também conhecida como soma de quadrados dos desvios (SQD). Em cada etapa do procedimento são formados grupos, de tal maneira que a solução resultante tenha o menor SQD dentro de grupos. Nessas etapas, são consideradas as uniões de todos os possíveis pares de grupos, e os dois que resultam em menor aumento de SQD são agrupados até que todos os grupos formem um único, reunindo todos os indivíduos (EVERITT; DUNN, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Padrões espaciais obtidos usando PCA

A seguir, são apresentados os resultados obtidos com a 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, responsáveis 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.

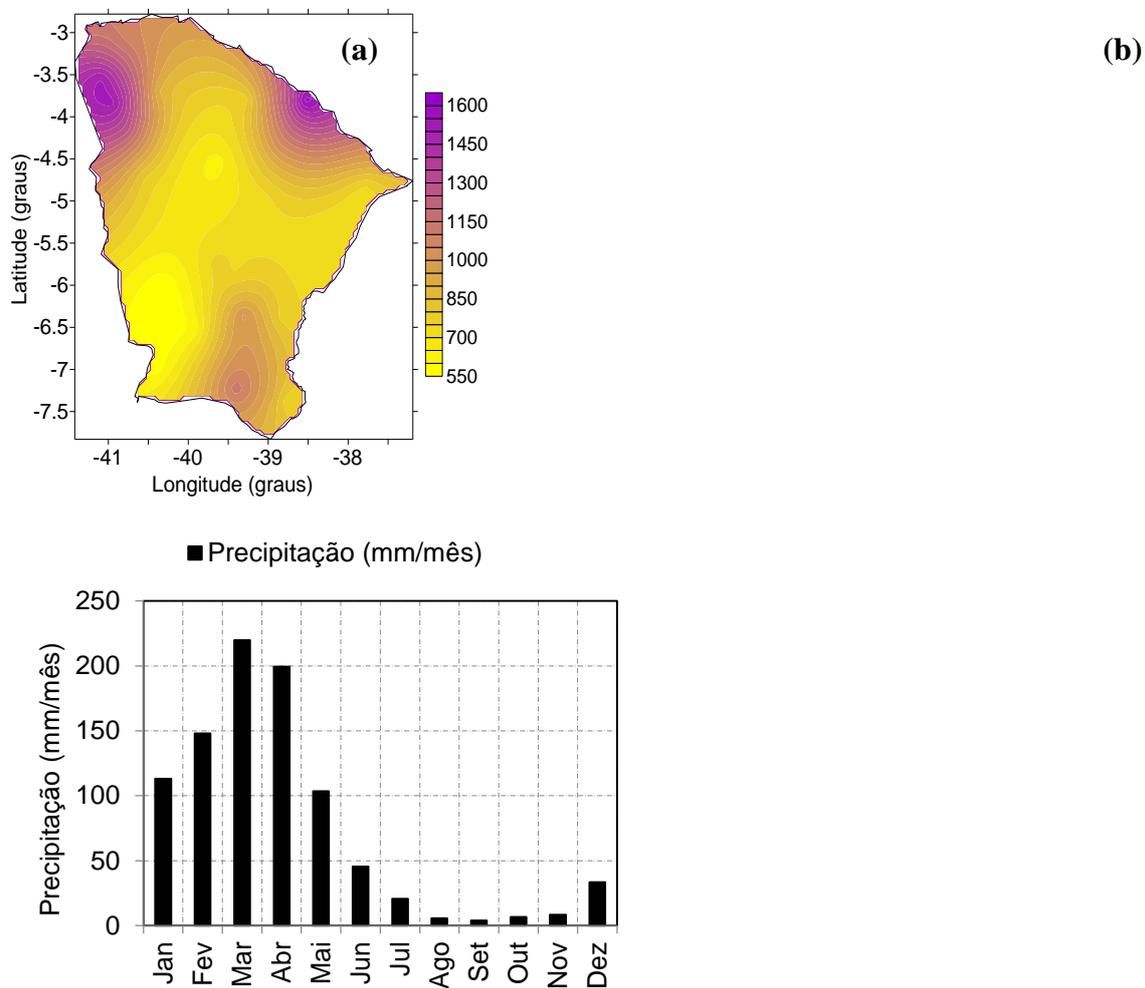


Figura 2. Distribuição espacial dos totais médios anuais da precipitação (mm) no estado do Ceará (a) e distribuição mensal dos totais pluviométricos (b), período 1964-2012.

A variância explicada da análise fatorial nas componentes principais rotacionadas, aplicada aos dados médios mensais da precipitação no Estado, é mostrada na Tabela 2. Observa-se que a porcentagem explicada para os três primeiros fatores rotacionados é de 94,24% da variância dos dados truncados, segundo critério de Kaiser (GARAYALDE et al., 1986).

Tabela 2. 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 1974-2012.

Componentes	Autovalores			Fatores Rotacionados		
	Total	Variância %	Acumulado%	Total	Variância%	Acumulado %
1	5,56	46,33	46,33	3,90	32,47	32,47
2	4,12	34,30	80,63	3,82	31,86	64,33
3	1,63	13,61	94,24	3,59	29,91	94,24
4	0,24	2,02	96,26
...
12	0,01	0,10	100

O primeiro fator comum temporal rotacionado da precipitação, que explica 32,47% da variância total da série, apresenta correlações significativas, superiores a 0,8 nos meses de junho a setembro; o segundo fator apresenta os maiores pesos de outubro a dezembro, com valores superiores a 0,8, e a distribuição do terceiro fator apresenta maiores contribuições (pesos) com valores superiores a 0,65 nos meses de janeiro a maio (Figura 3).

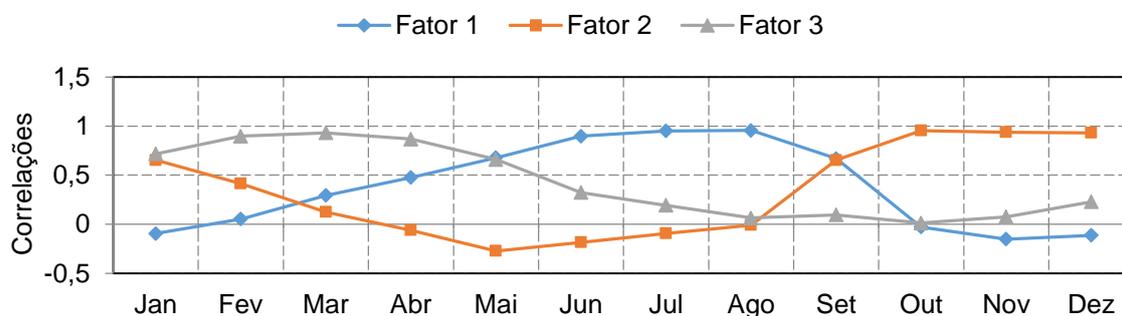


Figura 3. Cargas fatoriais rotacionadas (correlações) para os três fatores comuns de precipitação (mm/mês) que explicam 9,244% do total (32,47%+31,86%+29,91) no estado do Ceará.

Observa-se, pela distribuição espacial do fator 1, que as maiores contribuições (pesos) encontram-se no litoral e maciço de Baturité, áreas de atuação e influência de ondas de leste e linhas de instabilidade (Figura 4a). 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. Ainda é possível verificar que a variância espacial explicada para o fator 2 é próxima de 32% (Tabela 2). A configuração espacial do segundo fator apresenta as maiores contribuições da precipitação, com valores superiores a 1,0, na região sul do Ceará, possivelmente associadas aos VCAN e aos sistemas frontais que atuam mais ativamente no sul do Estado (Figura 4b). O padrão espacial associado ao terceiro fator (Figura 4c) é semelhante à configuração da climatologia (Figura 2a). A razão para isto é porque as chuvas associadas ao fator 3 (janeiro a maio) são oriundas da ZCIT, principal sistema indutor de chuvas no Ceará. Estes resultados corroboram com estudos realizados por Santos et. al (2013). Ainda é possível verificar que a variância espacial explicada para o fator 3 está próxima de 30% (Tabela 2).

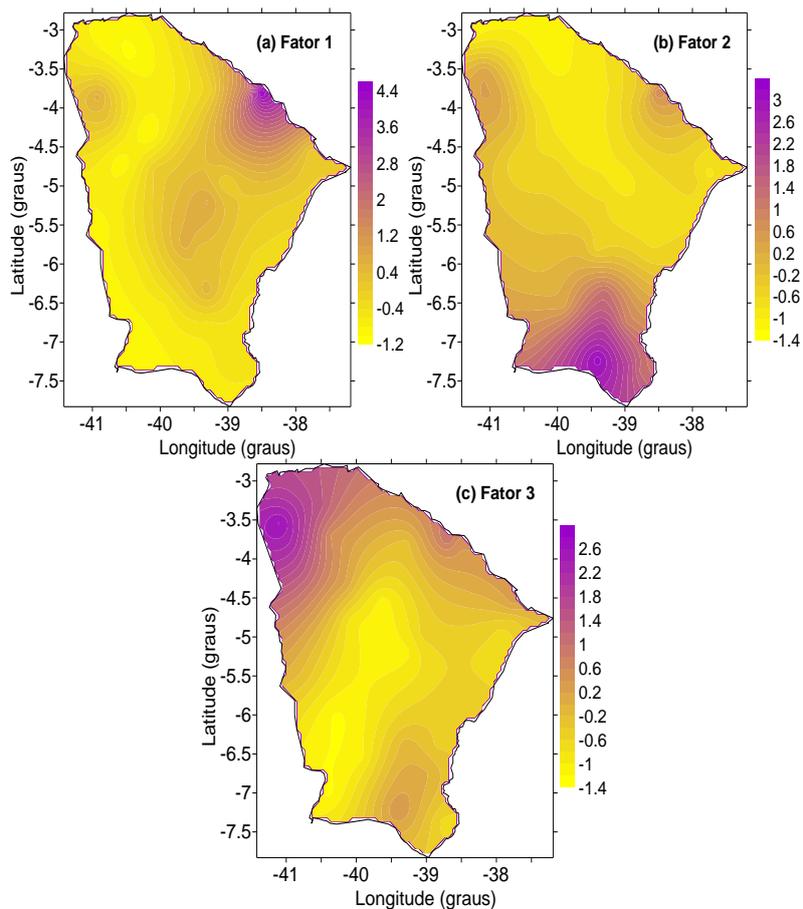


Figura 4. Padrão espacial dos totais médios mensais da precipitação pluvial referente aos fatores no estado do Ceará para o período de 1974-2012: (a) fator1, (b) fator2 e (c) fator3.

A Figura 5 mostra a climatologia mensal dos meses associados ao primeiro fator, em que o mês de junho apresenta valores de precipitação até 160 mm, o mês de julho até 80 mm, o mês de agosto até 24 mm, o mês de setembro até 20 mm. Percebe-se a semelhança entre a representação do fator 1 (Figura 4a) e a Figura 5 (a, b, c e d, respectivamente).

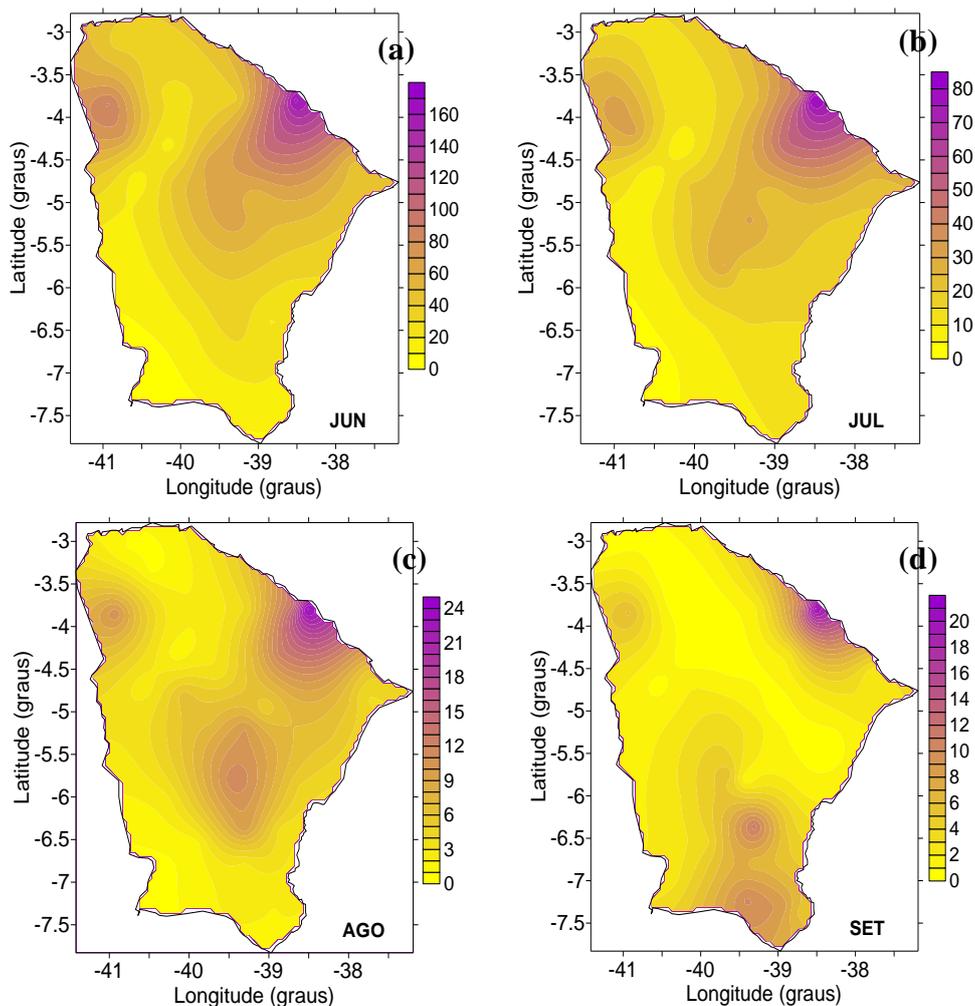


Figura 5. Distribuição dos padrões médios mensais de precipitação em mm, para os meses de Junho (a), Julho (b), Agosto (c) e Setembro (d) no período de 1974 a 2012.

Os pesos referentes ao segundo fator estão representados na Figura 4b, cujos máximos e intensidades estão na região sul, associados aos VCAN e aos sistemas frontais que atuam mais ativamente no sul do Estado. Este resultado concorda com o resultado encontrado por Santos et al. (2013). A Figura 6 mostra a climatologia mensal dos meses associados com o 2º fator, em que o mês de outubro apresenta valores de precipitação até 26 mm, o mês de novembro até 26 mm e o mês de dezembro até 100 mm. Percebe-se a semelhança entre a representação do Fator 2 (Figura 4b) e a Figura 6 (a, b, c, respectivamente).

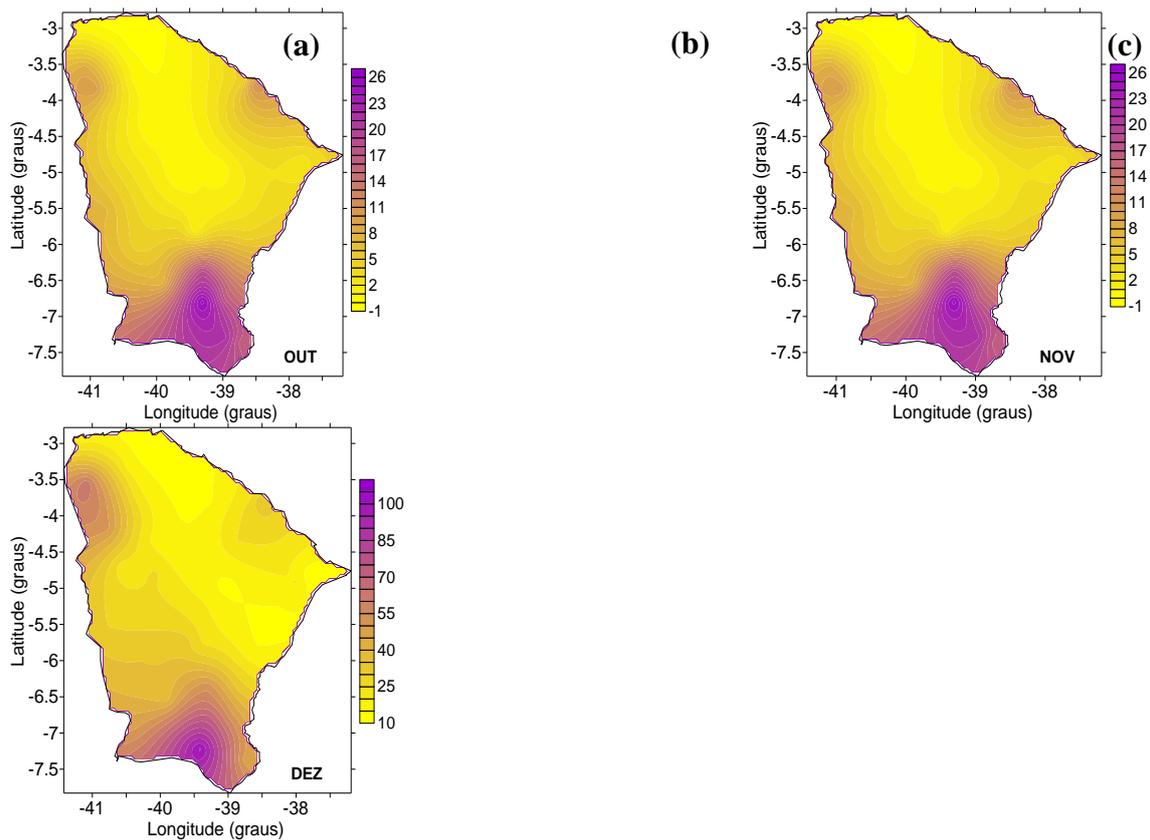


Figura 6. Distribuição dos padrões médios mensais de precipitação em mm, para os meses de Outubro (a), Novembro (b), e Dezembro (c) no período de 1974 a 2012.

A Figura 7 mostra a climatologia mensal dos meses associados com o terceiro fator, em que o mês de janeiro apresenta valores de precipitação até 205 mm, o mês de fevereiro até 250 mm, o mês de março até 340 mm, o mês de abril até 350 mm e o mês de maio até 210 mm. A semelhança entre a representação do Fator 3 (Figura 4c) e a Figura 7 (a, b, c, d, e, respectivamente) é notória quando se comparam as respectivas Figuras.

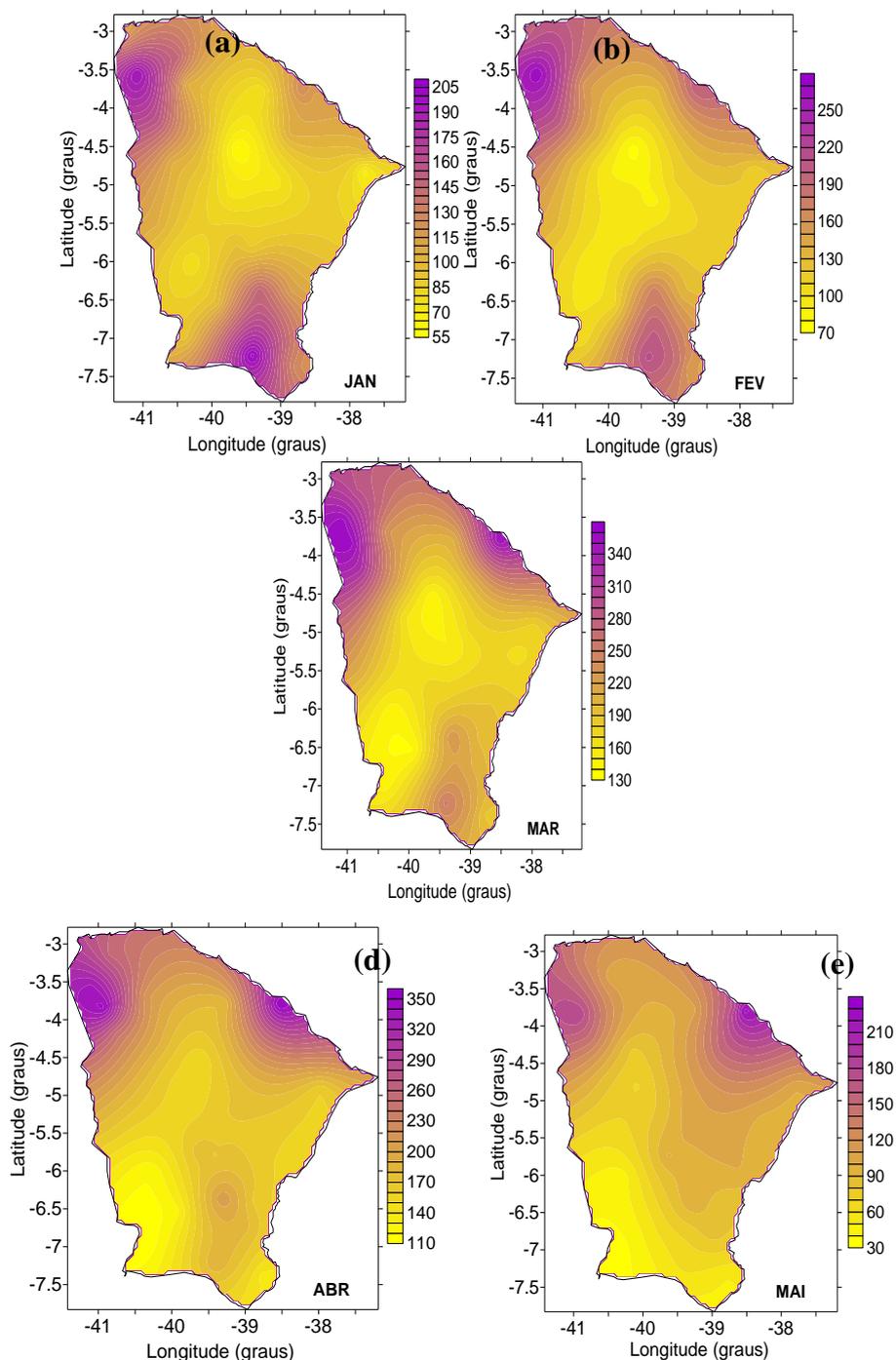


Figura 7. Distribuição dos padrões médios mensais de precipitação em mm, para os meses de Janeiro (a), Fevereiro (b), Março(c), Abril (d) e Maio (e) no período de 1974 a 2012.

Climatologia das regiões homogêneas usando AA

Como variáveis classificatórias, foram utilizadas as médias mensais e anuais de precipitação, além das respectivas coordenadas geográficas de cada ponto pluviométrico. A distribuição de chuvas no estado do Ceará, crescente

do litoral para o interior, sugere a identificação de regiões homogêneas quanto ao regime pluvial. Foram determinadas três regiões homogêneas, a partir do agrupamento dos três fatores comuns rotacionados de pluviosidade, utilizando o método de agrupamento hierárquico aglomerativo de Ward.

Através do gráfico da inércia (Figura 8) é observada uma seta indicando onde e a partir da qual há um salto nos valores, ou seja, que a partir desse ponto em destaque as distâncias entre os grupos tornam-se consideráveis, daí a justificativa para a escolha de três regiões homogêneas.

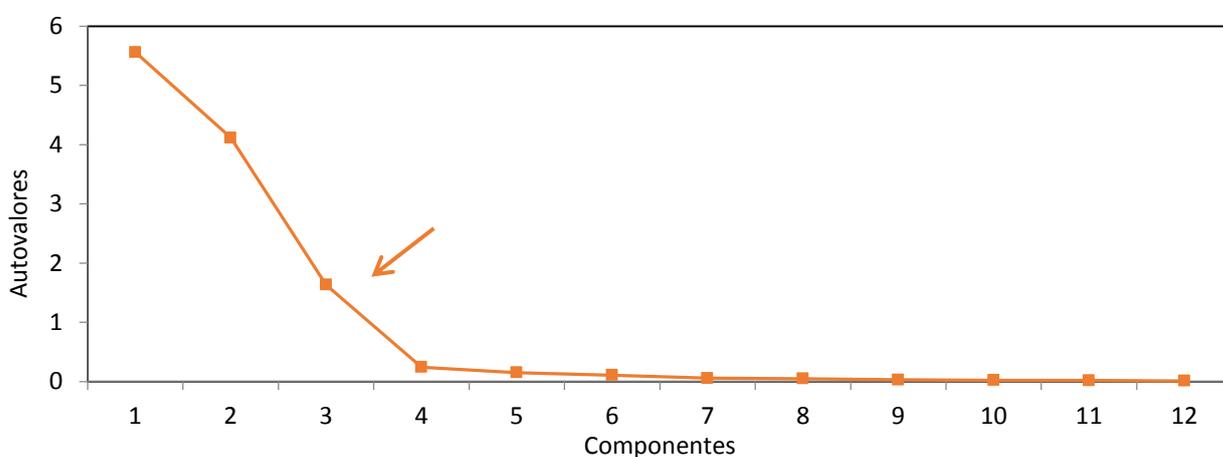


Figura 8. Gráfico representativo da Curva de Inércia.

Através do gráfico da inércia foi possível estabelecer "a região do corte" no dendrograma (Figura 9) e, conseqüentemente, obter-se o número de três regiões homogêneas.

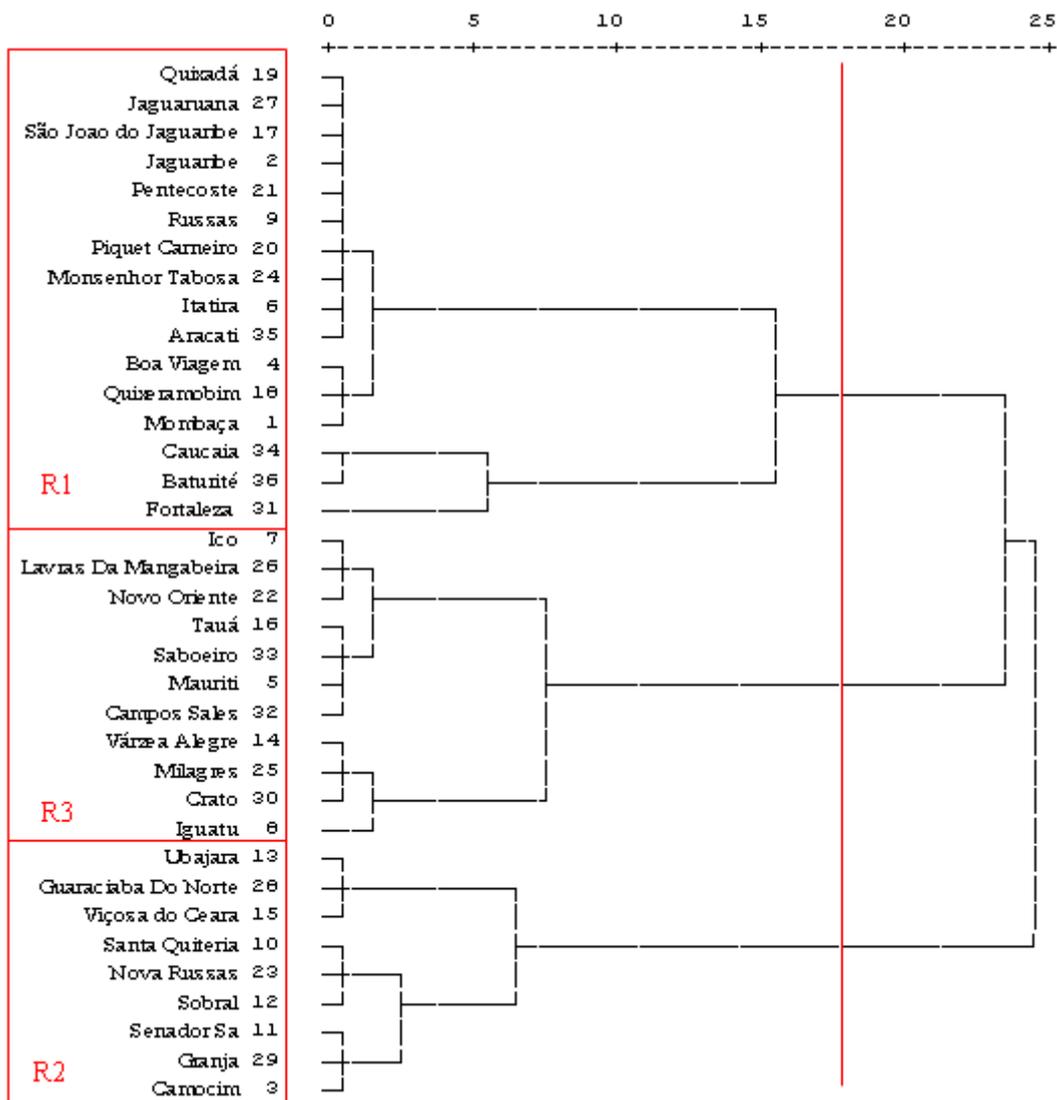


Figura 9. Dendrograma da precipitação (mm/mês) para o Estado do Ceará através do método de Ward utilizando a distância euclidiana como medida de similaridade.

As regiões estão representadas na Figura 10. Nota-se um padrão claro na distribuição da precipitação, com uma orientação no sentido norte/sul das regiões homogêneas, a qual pode indicar a influência da interação terra-mar sobre a distribuição da precipitação no estado do Ceará. Na região R1 encontram-se as estações pluviométricas localizadas no extremo nordeste, contornos litorâneos. A região R2 inclui a parte noroeste, enquanto que no grupo 3 encontram-se as estações pluviométricas representativas da parte sul, que inclui o semiárido. Observa-se, pela distribuição espacial do primeiro fator (Figura 4a), que as maiores contribuições (pesos) com valores superiores a 2.8 encontram-se na região homogênea R1 (em tom azul) (Figura 9). A distribuição

deste primeiro fator relaciona-se às chuvas de junho a setembro (Figura 5) e está associada às precipitações decorrentes das ondas de leste e das linhas de instabilidade. O padrão espacial associado ao segundo fator (Figura 4b) apresenta valores superiores a 1.8 na região homogênea R3 (em tom amarelo) (Figura 9). A distribuição das chuvas, deste segundo fator, nos meses de outubro a dezembro (Figura 6), pode estar, possivelmente, associada aos VCAN e aos sistemas frontais que atuam mais ativamente no sul do Estado. A configuração espacial do terceiro fator apresenta as maiores contribuições da precipitação, com valores superiores a 2.0, na região homogênea R2 (em tom vermelho) (Figura 9), estando associadas com a atuação da ZCIT por ser o principal sistema indutor de chuvas em todo o Ceará, nos meses de janeiro a maio (Figura 7).

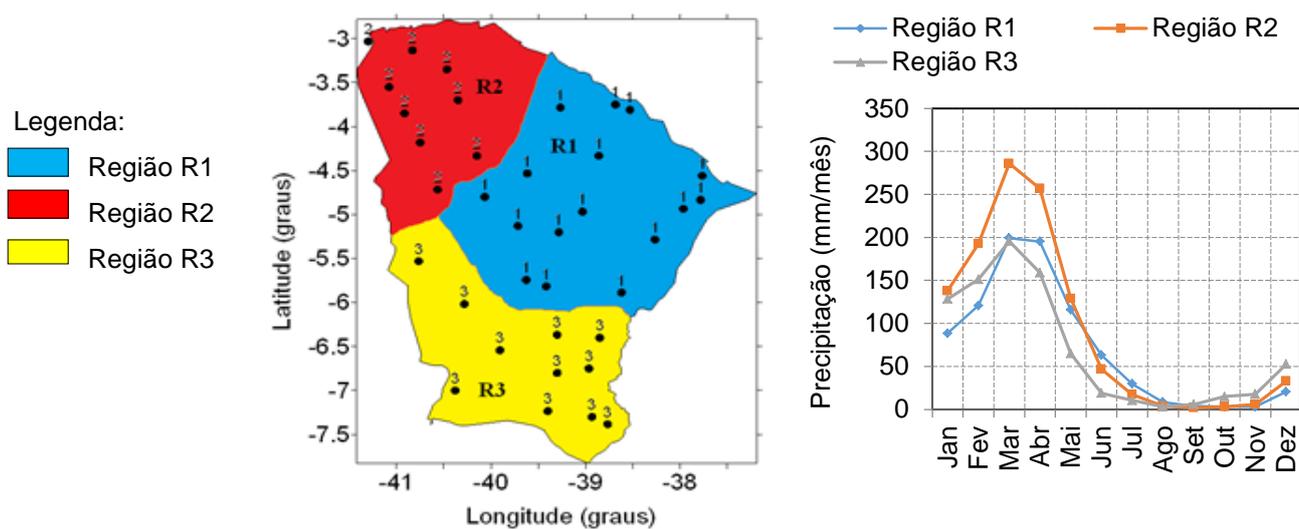


Figura 10. Distribuição das regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Ceará, usando o método de Ward, para o período de 1974-2012.

CONCLUSÕES

Para explicar a variabilidade espacial da precipitação sobre o Ceará, foram necessárias apenas as 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 29,91% da variância explicada. Isto porque estes sistemas causam chuvas, principalmente no inverno, nas regiões de serra e no litoral, enquanto a maior parte do Estado encontra-se no período seco. O segundo fator apresenta as maiores contribuições de precipitação no extremo sul do Ceará, possivelmente associadas aos VCAN e aos sistemas frontais que atuam mais ativamente no sul do Estado. O terceiro padrão espacial que apresentou maiores contribuições da variância explicada foi a ZCIT, por ser o principal sistema indutor de chuvas em todo Ceará.

A Análise Fatorial das séries temporais representadas pelos padrões de precipitação possibilitou uma melhor compreensão dos aspectos físicos responsáveis pela variabilidade mensal da área estudada.

Observou-se um padrão claro na distribuição da precipitação, com uma orientação no sentido norte/sul das regiões homogêneas, a qual pode indicar a influência da interação terra-mar sobre a distribuição da precipitação no estado do Ceará.

REFERÊNCIAS

AHMED, B. Y. M.: Climatic classification of Saudi Arabia: an application of factor-cluster analysis, **GeoJournal**. 1997; 41(1): 69–84.

ANDRE, R. G. B, MARQUES, V. da S., PINHEIRO, F. M. A, FERRAUDO, A. S. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 2008; 23(4): 501 - 509.

ANDRADE, E. M., SILVEIRA, S. S. ; AZEVEDO, B. M. Investigação da estrutura multivariada da evapotranspiração na região Centro Sul do Ceará pela Análise de Componentes Principais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2003; 8(1): 39-44.

BRAGA, C.C., de MELO, M.L.D., MELO, E.C.S. Análise de agrupamento aplicada a distribuição da precipitação no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília-DF. **Anais**. Sociedade Brasileira de Meteorologia. 1998. p.1857-62.

DE GAETANO, A. T.; SHULMAN, M. D.: A climatic classification of plant hardiness in the United States and Canada, **Agricultural and Forest Meteorology**. 1990. 51(1): 333–351.

DE GAETANO, A. T.: Spatial grouping of United States climates stations using a hybrid clustering approach, **International Journal of Climatology**. 2001. 21(1): 791–807.

DINIZ, M. de C. S. **Variabilidade climática e ocorrência de cheias na zona semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco**. Dissertação de mestrado em Meteorologia, UFCG (Universidade Federal de Campina Grande), Campina Grande, PB, 2007.

EVERITT, B.S.; DUNN, G. **Applied multivariate analysis**. London: Edward Arnold, 1991.

EVERITT, B. S.; LANDAU, S.; LEESE, M. **Cluster Analysis**. London: Arnold, 2001.

EVERITT, B. S.; DUNN, G. **Applied Multivariate Data Analysis**. London: Arnold, 2001.

EVERITT, B.S.; DER, G. A. **Handbook of statistical analyses using SAS**. London: Chapman e Hall, 1977.

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. **Anais**. Brasília, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1986. p.119-124.

GONG, X.; RICHMAN, M. B.: On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in North America East of the Rockies. **Journal of Climate**. 1995. 8(1): 897–931.

KAUFMAN, L.; ROUSSEUW, P. J.: **Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis**, Wiley, New York, 1990.

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**. Brasília: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento, 2005.

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

SANTOS, A. M. dos; GALVÍCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de. Homogeneização da precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Goiana-PE, com

método de análise de agrupamento. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife-PE. 2008. 1(1): 14-27.

SANTOS, D. C.; BRITO, J.I.B; MEDEIROS, R. M . Padrão espacial pluviométrico no estado do Ceará. **Anais**. In: I Workshop Internacional Sobre Água No Semiárido Brasileiro- I WIASB, Campina Grande-PB. Da açudagem a transposição do Rio São Francisco, 2013.

SILVA, F. A.; LERMEN, V. K.; NERY, J. T.; Variabilidade interanual da precipitação na bacia do rio Iguçu. **Revista da Universidade Estadual de Maringá**. 2001. 1(7): 1439- 1444.

SILVA, H. D. da S. J. **Evapotranspiração na Região Nordeste do Brasil utilizando Estatística Multivariada**. Dissertação de mestrado em Meteorologia, UFCG (Universidade Federal de Campina Grande), Campina Grande, PB, 2004.

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**. 2001. 9(2):317-324.

SILVA, A. A. G. da; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, L. S. Análise de Agrupamento Aplicada ao Regime Pluviométrico da Costa Leste e Norte do Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, Porto Alegre- RS. **Anais**. Sociedade Brasileira de Meteorologia. p.1758-63, 1996.

WARD, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **J. Am. Statist. Assoc.** 1963. 58(3), 236-244.

Sobre a autora:

¹Daris Correia dos Santos: <http://lattes.cnpq.br/4146365083776372>

Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestre em Meteorologia- Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Doutoranda em Engenharia Civil- Universidade Federal do Ceará - UFC - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Campus do Pici - Bloco 713, Cep: 60451-970.

Contato: dariscorreia@gmail.com