

Geoprocessamento e análise multivariada de uma série histórica de precipitação no Estado da Bahia

Neilon Duarte da Silva¹
Aureo Silva de Oliveira²
Tatyana Keyty de Souza Borges³

^{1,3}Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Caixa Postal 44380-000 – Cruz das Almas – BA, Brasil
neylon_duart@hotmail.com
tatyana_keyty@yahoo.com.br

²Professor Associado III, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB
Caixa Postal 44380-000 – Cruz das Almas – BA, Brasil
aureo@ufrb.edu.br

Abstract. The objective of work is to apply combined techniques of geoprocessing and multivariate statistics to check the trend and spatial distribution of rainfall in the State of Bahia, Brazil. We used data from 452 weather stations of the National Institute of Meteorology well distributed across the entire territory. The making of maps of precipitation was done with the ArcGIS 9.3 software with the use of Kriging as the interpolation method. Through techniques of multivariate statistical analysis grouping (cluster analysis) and discriminant analysis were performed. The smallest variation in rainfall was observed in the Far West region in the months from November to March. The highest values of precipitation are observed in the metropolitan region of Salvador and Bahia South. There was a formation of three distinct groups for the distribution of rainfall in the state of Bahia. Group 1: represents part of the North Central, South Central, Northeast and São Francisco Valley, Group 2, West Bahia, part of the São Francisco and the South Central region's Bahia coast. Part of the semiarid region showed no uniform monthly distribution of rainfall volume. The groups represented the trend and distribution of rainfall in the state of Bahia. The particularity of the distribution of rainfall in the state of Bahia is confirmed by multivariate analysis by studying the formation of homogeneous groups. It was possible to separate the distribution and concentration of rainfall from the multivariate analysis.

Palavras-chave: SIG, normal climatológica, estatística, distribuição espacial

1. Introdução

Compreender a dinâmica temporal e espacial do volume das chuvas é importante tanto do ponto de vista ambiental, quanto no ponto de vista do planejamento de ações em áreas urbanas, principalmente no que se refere a enchentes e problemas de erosão (CARDOSO et al, 2011).

A alternância na distribuição da precipitação tanto em escala mensal quanto anual determina o potencial de exploração e do uso da terra na agricultura. Um bom planejamento feito previamente quantifica a distribuição das chuvas de forma a verificar a necessidade de abastecimento de água para a irrigação e outros fins (MARTINS et al, 2008).

A fim de maximizar o uso de informações, bem como verificar sua distribuição espacial, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e as técnicas de geoprocessamento, vem sendo utilizados com frequência na agrometeorologia, principalmente visando solucionar a falta de informações regionalizadas. A principal função dessas ferramentas é transformar dados obtidos em pontos georreferenciados e através de técnicas de interpolação representar assim seus valores estimados para localidades da região de estudo (PELLEGRINO et al., 1998).

Como auxílio e estudo da tendência e distribuição de variáveis, principalmente em análises de agrupamentos, as técnicas de análises estatística multivariadas permitem combinar as múltiplas informações (CRUZ & REGAZZI, 1994).

Objetivou-se a partir desse trabalho, aplicar técnicas de geoprocessamento aliadas as de estatística multivariada e verificar a espacialização e tendência do volume das chuvas no Estado da Bahia.

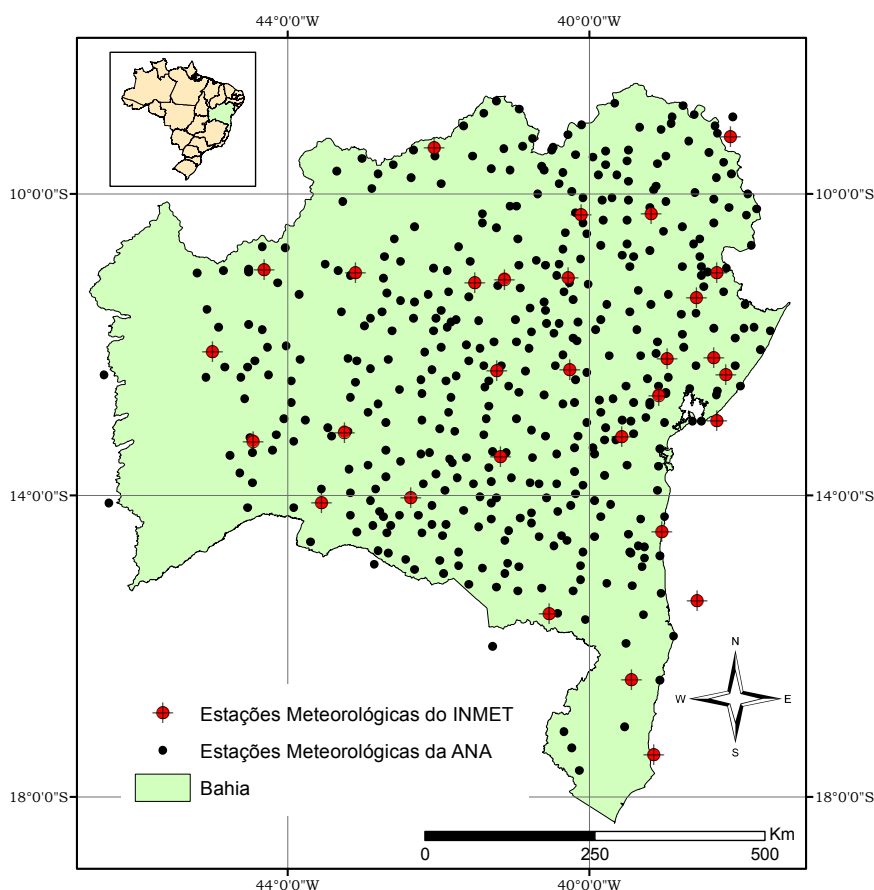
2. Material e Métodos

2.1 Região de estudo

O Estado da Bahia tem uma superfície de 566.237 km², correspondente a 6,6% do território nacional e a 36,3% da Região Nordeste. Apresenta grande variabilidade e complexidade do seu território em termos de recursos naturais com quatro grandes regiões naturais (Cerrados, Semi-Árido, Serras e Chapadas e Mata Atlântica) (IBGE 2010).

2.2 Dados meteorológicos

Foram utilizados dados de normais climatológicas do período de 1970 a 2013 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA), perfazendo assim, um total de 452 estações bem distribuídas ao longo de todo território baiano (Figura 1).



2.3 Técnicas Geoestatísticas

Os mapas mensais de precipitação foram gerados a partir de técnicas geoestatísticas com o software ArcGIS 9.3. Utilizou-se o método de interpolação Krigagem, este apontado por Alves et al. (2008) como sendo o que apresenta melhor desempenho quando comparado com outros métodos. Esse método de interpolação se baseia na estimativa de valores médios a partir de pesos calculados baseados na distância entre a amostra e o ponto no qual será estimado (BETTINI, 2007). O estimador da Krigagem é calculado como se segue (Equação 1).

$$Z'_v = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{vi} \quad (1)$$

em que,

Z_v – estimador de Krigagem ordinária para o ponto v

λ_i – i -ésimo peso

Z_{vi} – valor da i -ésima observação da variável regionalizada, coletada nos pontos x_i

n – número de pesos

2.4 Análise multivariada

O tratamento de um grande conjunto de dados feito através da análise multivariada permite a distinção e interpretação de medidas múltiplas para cada variável ou objeto em análise (MONTEIRO et al., 2010).

O tratamento foi feito com auxílio do software R v. 3.1.1 e do pacote de análises multivariadas *FactoMineR*. Para observar melhor o comportamento e tendências espaciais e mensais da precipitação, fez-se o uso assim de duas ferramentas importantes na estatística multivariada: a análise de agrupamento (*cluster analysis*) e a análise discriminante.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta a variação entre valores mínimos e máximos do volume das chuvas, para cada mesorregião do Estado da Bahia, de forma a verificar o grau de amplitude de cada mesorregião. A menor variação entre o volume máximo e mínimo é verificada na região do Extremo Oeste baiano nos meses de novembro a março. Nessa mesma região, é observado um longo período de estiagem, de maio a setembro. A região metropolitana de Salvador e o Sul baiano são aquelas que apresentam maiores volumes de chuvas e de forma mais bem distribuída quando comparada com outras regiões.

Tabela 1: Amplitude da precipitação mensal nas mesorregiões do Estado da Bahia

Meses		Vale do	Sul	Nordeste	Metropolitana	Extremo	Centro	Centro
		são Francisco	baiano	baiano	de Salvador	oeste baiano	sul baiano	norte baiano
Precipitação (mm)								
Janeiro	Min	51.1	102.3	38.5	59.8	134.3	79.1	58.3
	Max	158.4	164.4	82.0	126.2	255.2	160.0	152.2
Fevereiro	Min	50.4	85.2	40.4	62.3	115.1	71.6	57.6

	Max	152.6	178.7	104.0	139.5	209.7	135.4	131.2
Março	Min	75.2	102.4	59.8	74.4	109.2	67.0	66.0
	Max	155.7	221.1	137.5	167.6	214.8	160.7	135.9
Abril	Min	43.3	77.9	46.6	68.5	56.4	39.5	37.9
	Max	91.6	243.2	235.1	297.6	127.5	189.4	163.7
Maio	Min	3.7	51.5	20.4	53.5	7.1	4.8	4.0
	Max	60.1	248.6	295.1	322.6	20.6	179.7	187.6
Junho	Min	0.8	51.7	16.0	62.2	0.8	0.4	1.9
	Max	55.5	228.1	209.5	238.6	7.1	172.3	147.9
Julho	Min	0.3	60.2	11.6	60.1	0.4	0.2	1.0
	Max	51.7	222.3	167.1	210.1	4.0	178.4	126.3
Agosto	Min	0.0	41.1	6.5	43.7	0.1	0.4	0.6
	Max	29.1	166.0	128.6	153.1	9.6	132.1	88.8
Setembro	Min	2.3	49.1	6.3	33.5	9.2	5.5	4.4
	Max	18.6	144.8	87.8	122.1	26.8	108.1	65.6
Outubro	Min	7.6	78.3	10.1	37.4	54.8	35.1	17.1
	Max	80.4	162.7	96.6	127.7	132.6	117.3	67.2
Novembro	Min	20.4	116.6	22.0	66.1	155.8	70.5	43.4
	Max	181.5	181.2	111.2	139.6	227.5	187.0	168.0
Dezembro	Min	35.8	115.0	36.9	60.0	155.2	79.7	53.4
	Max	218.2	167.1	105.4	131.6	273.0	217.6	145.9

A Figura 2 apresenta os mapas mensais de precipitação. No litoral da Bahia durante um período de seis meses é observado uma tendência de maior distribuição e de volume das chuvas. No Oeste Baiano, a maior distribuição da precipitação acontece entre os meses de novembro a março. A região semiárida é aquela que não apresenta homogeneidade na distribuição das chuvas.

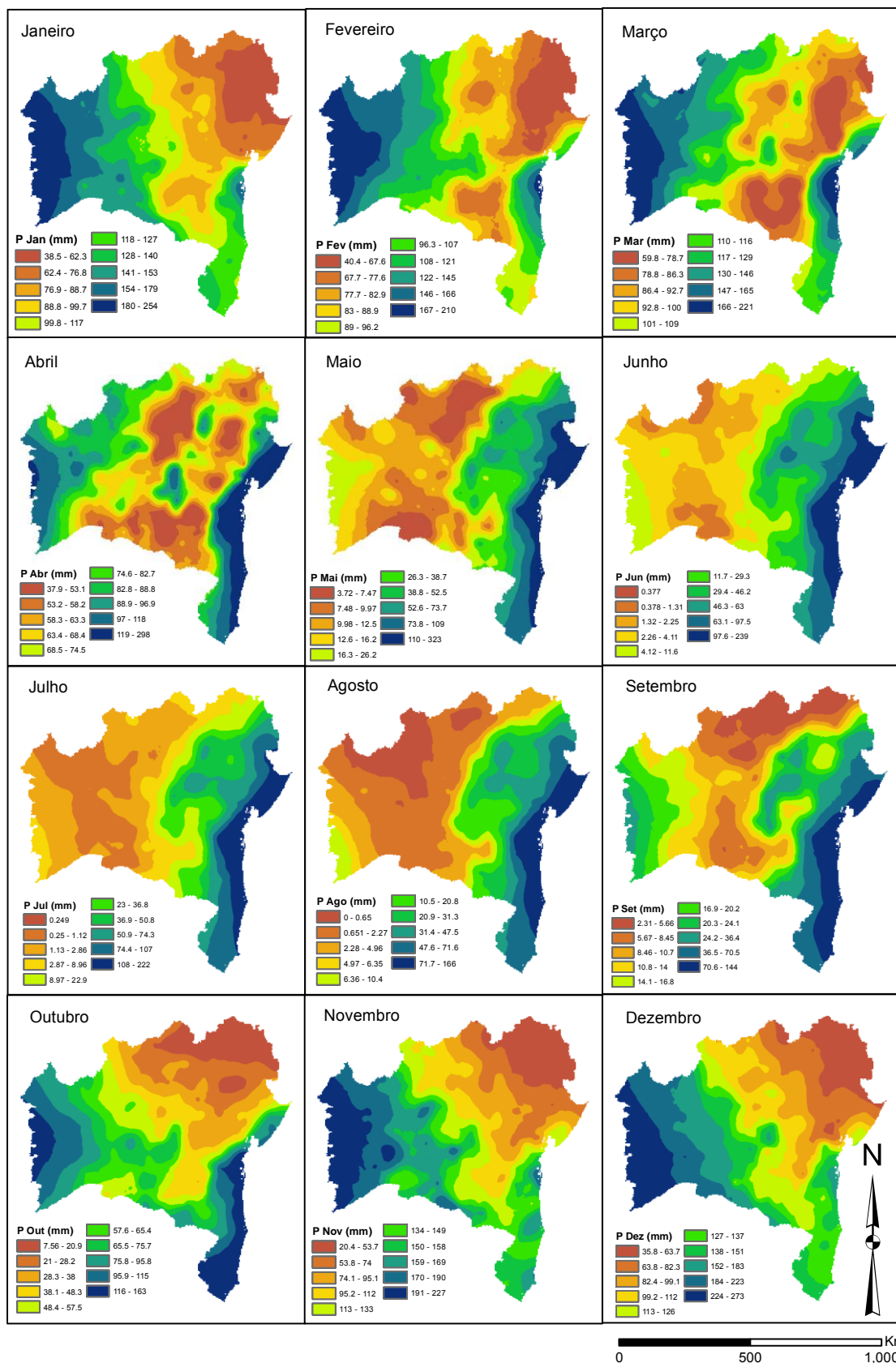


Figura 2: Mapas mensais de distribuição da precipitação no território baiano.

A Figura 3 apresenta os principais resultados das análises de agrupamento e tendência espacial e mensal do volume de chuvas. Há uma distinção de três grupos formados a partir da precipitação mensal (Figura 3C). A distribuição do volume das chuvas no território baiano é facilmente separada de acordo com os parâmetros de agrupamento. Associados a essa distribuição, estão ainda seus respectivos meses. Foi observado uma forte tendência de maior ocorrência das chuvas para o grupo 2 nos meses de novembro, dezembro e janeiro, em segundo plano. Mais ainda correlacionado a esse grupo, estão os meses de outubro, fevereiro e março (Figura 3B).

Para o grupo 3, a distribuição das chuvas é explicada de maneira significativa pelos meses de maio, junho, julho e agosto. Os meses de setembro e abril também se correlacionam de maneira a explicar essa distribuição.

O grupo 1 não apresentou correlação forte a algum mês do ano. Entre si, se mostraram bem correlacionados, mas uma possível irregularidade das chuvas não permitiu a distinção de acordo aos meses do ano (Figura 3B).

A análise de componentes principais mostrada na Figura 3A explica os resultados com precisão de 87,64% e mostra de forma geral a divisão das chuvas quanto ao meses. A técnica permitiu distinguir em seis meses, assim separados pelos pesos da segunda componente principal. Existe uma correlação fortemente positiva entre os meses de maio, junho, julho e agosto, o que coincide no período de chuvas em algumas regiões do território.

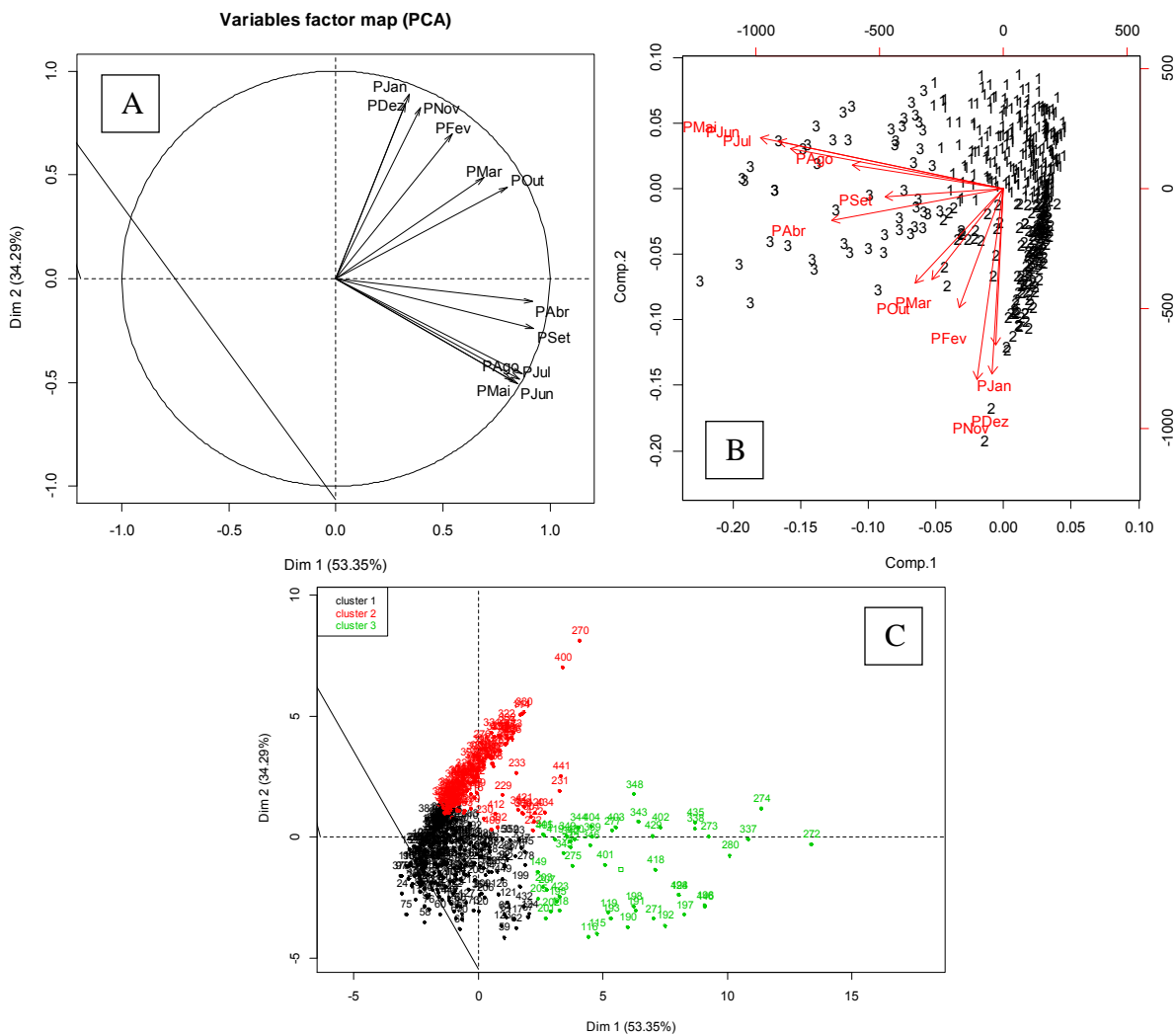


Figura 3: Análises de agrupamento

Para cada localidade estudada foi adicionado pela análise de agrupamento de tendência o número respectivo de cada grupo. A Figura 4 mostra a localização dos grupos formados. Há uma clara separação contínua dos grupos ao longo do território, com exceção de algumas localidades representadas pelo grupo 3 ficando no meio as localidades do grupo 1. Isso se deve ao fato de essas apresentarem características semelhantes ou ainda devido ao fator altitude.

O grupo 1 é representado por boa parte da região Centro Norte, Centro Sul, Nordeste e do Vale do São Francisco. O grupo 2 é representado por todo o Oeste baiano, parte do Vale do São Francisco e da região Centro Sul. O litoral baiano é representado pelo grupo 3.

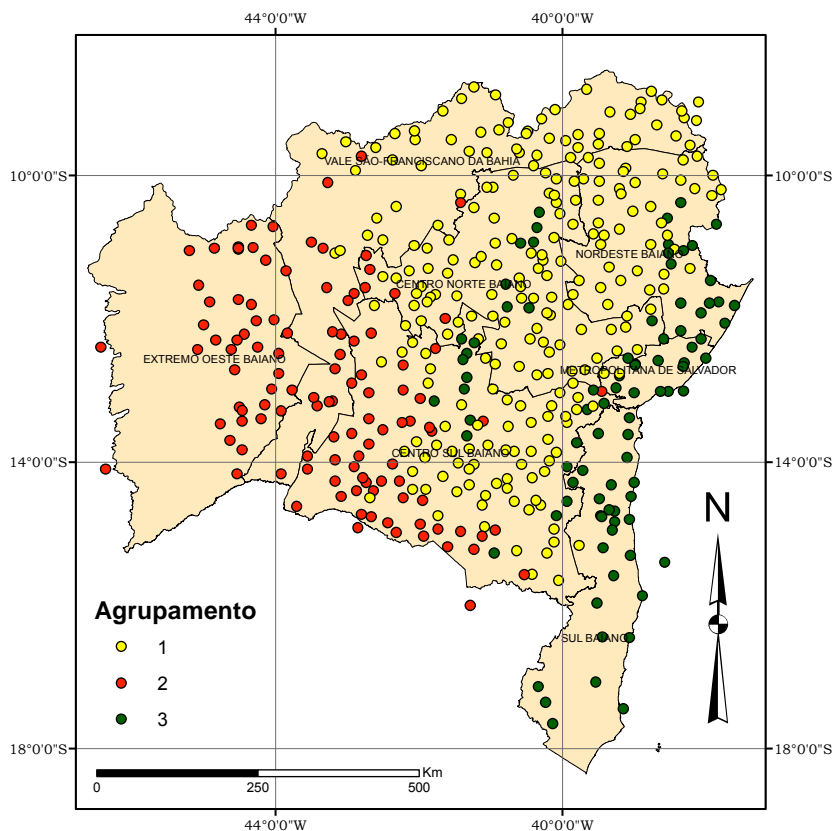


Figura 4: Espacialização dos grupos formados via análise multivariada

4. Conclusões

A região litorânea apresenta maior distribuição e volume das chuvas. Boa parte da região semiárida não apresenta distribuição mensal homogênea do volume das chuvas.

A particularidade da distribuição das chuvas no Estado da Bahia é comprovada pela análise multivariada através do estudo da formação de grupos homogêneos. Foi possível separar a distribuição e concentração das chuvas a partir das técnicas de análise multivariada.

5. Referencias

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. **Mapeamento temporal e espacial da precipitação pluviométrica da região metropolitana de Goiânia.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4594

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem de população 2007. Disponível no endereço da internet: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 22/10/2014.

MARTINS, C. A. S.; BORGES, T. S.; CASTRO, F. S.; CECÍLIO, R. A. **Caracterização da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Benevente.** XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. 2008.

MONTEIRO, A. B.; CORREIA FILHO, F. L.; FREIRE, P. K. C.; DE SOUZA, N. G.; SOARES FILHO, A. R. (2010). “**Análise Estatística Multivariada de Dados Hidroquímicos do Aquífero Cabeças – Sudeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba–PI.**” In Anais do XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luís, MA.

PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O. **O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas.** In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. Sistemas de informações geográficas aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.