

# ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

RAQUEL STUCCHI BOSCHI<sup>1</sup>  
STANLEY ROBSON DE MEDEIROS OLIVEIRA<sup>2</sup>  
ANA MARIA HEUMINSKI DE ÁVILA<sup>3</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica no estado do Rio Grande do Sul entre 1987 e 2006, por meio da definição de zonas pluviometricamente homogêneas. Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica de 79 estações adquiridos junto ao site da Agência Nacional de Águas (ANA). A série foi dividida em dois períodos de 10 anos (1987 a 1996 e 1997 a 2006). A clusterização (agrupamento) foi a tarefa empregada e o programa computacional utilizado para obtenção das zonas homogêneas foi o Weka®, sendo o k-means o algoritmo escolhido. A partir da análise dos dados mensais foram definidas quatro regiões homogêneas, nos dois períodos analisados. Comparando-se os dois períodos, verificou-se um deslocamento espacial dos agrupamentos, assim como um aumento da precipitação no período de 1997 a 2006.

**PALAVRAS CHAVE:** chuva, clusterização, k-means

## ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF RAINFALL IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

**ABSTRACT:** The objective of this paper was to analyze the spatio-temporal variability of rainfall in the state of Rio Grande do Sul comprising the period from 1987 to 2006, by the definition of homogeneous rainfall zones. We used daily data of precipitation of 79 stations from the National Water Agency (ANA) website. The series were divided into two periods of 10 years (from 1987 to 1996 and from 1997 to 2006). Clustering was the data mining task applied to the data to obtain the homogeneous areas. The algorithm used to analyze the data was k-means. Such an algorithm is available at Weka®, a machine learning environment used in data mining applications. From the analysis of monthly data, it has been defined four homogeneous regions in both periods. Comparing the two periods, there was a displacement of space groups, as well as an increase in precipitation in the period from 1997 to 2006.

**KEYWORDS:** rain, clustering, k-means

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos sistemas atmosféricos são determinantes da precipitação no Rio Grande do Sul, sendo que entre os principais estão os sistemas frontais, responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos do estado (Oliveira, 1996), e os complexos convectivos de mesoescala (CCM's) (Guedes, 1985). Outro fenômeno que afeta a circulação atmosférica da

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, mestranda da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP – raboschi@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Bacharel em Ciência da Computação, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas - SP – stanley@cnptia.embrapa.br.

<sup>3</sup> Bacharel em Meteorologia, Pesquisadora do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas em Agricultura (CEPAGRI), UNICAMP, Campinas, SP - avila@cpa.unicamp.br.

região, influenciando temporalmente a precipitação pluvial, é a atuação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) (Berlato et al., 1999).

Segundo Berlato et al. (1992), a região sul do estado apresenta valores de precipitação pluvial inferiores a média do estado, ao redor de 1550 mm anuais, enquanto a parte norte do estado apresenta valores superiores a essa média.

De acordo com o Quarto Relatório do Intergovernamental Panel on Climate Change, tem sido observado um aumento das chuvas no sul e em áreas do sudeste do Brasil, principalmente na bacia do rio Paraná - Prata, desde 1950, com tendências similares em outros países da região sudeste da América do Sul.

Marques et al. (2003) observaram um aumento relativo da precipitação média mensal do estado, comparando a variabilidade espaço-temporal dessa variável entre as normais padrão 1931-60 e 1961-90, por meio de um modelo linear múltiplo.

Diante do exposto e da grande demanda por informações sobre precipitação pluviométrica, justificada pela sua importância na vida terrestre, como na necessidade de manutenção dos reservatórios de água para abastecimento da população, de geração de energia elétrica e, principalmente, de sua utilização nas atividades de planejamento agrícola, é de fundamental importância o conhecimento de sua distribuição ao longo dos anos.

O objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica no estado do Rio Grande do Sul entre os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006, por meio da definição de zonas pluviometricamente homogêneas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo compreende o Estado do Rio Grande do Sul, situado entre os paralelos  $27^{\circ}03'42''$  e  $33^{\circ}45'09''$  de latitude Sul e entre os meridianos  $49^{\circ}42'41''$  e  $57^{\circ}40'57''$  de longitude Oeste.

Foram utilizadas séries históricas de 20 anos (1987 a 2006), com dados de precipitação pluviométrica diária de 79 postos pluviométricos adquiridos junto ao site da Agência Nacional de Água (ANA). Os dados foram organizados em formato Excel em dois bancos distintos, a partir da divisão da série histórica em períodos de 10 anos. O primeiro banco refere-se ao período de 1987 a 1996 e o segundo ao período de 1997 a 2006. Em ambos, os dados diários foram transformados em dados mensais, sendo volume de chuva mensal representado nas colunas e as estações pluviométricas nas linhas. Esta disposição foi no intuito de formar agrupamentos de estações conforme o comportamento das chuvas.

A metodologia foi baseada no modelo CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), proposto por Chapman et al. (2000). O processo compreendeu as fases de entendimento do problema de pesquisa, entendimento dos dados, preparação dos dados, modelagem e avaliação.

Clusterização (agrupamento de dados) foi a tarefa empregada para obtenção das zonas homogêneas para o período de 1987 a 1996 e para o período de 1997 a 2006.

O programa computacional utilizado foi o Weka® (Witten et al., 2005) e o algoritmo utilizado nas análises foi o k-means, proposto por Macqueen (1967). O k-means é uma técnica na qual os dados são agrupados de acordo com a métrica de distância euclidiana. O “means” refere-se ao centróide do cluster, que é selecionado de forma aleatória, sendo recalculado de forma iterativa até a obtenção do melhor conjunto, visando à minimização da distância entre os componentes do mesmo conjunto e a maximização em relação aos outros grupos formados (Rezende et al., 2005).

Utilizou-se valores de k de 3 a 7 para obtenção dos clusters. Os dados foram espacializados em ambiente Spring para melhor visualização dos resultados. Na avaliação do número de clusters obtidos utilizou-se a precipitação média anual, análise das séries temporais e análise dos mapas obtidos conforme a espacialização.

A variabilidade da chuva foi analisada pela diferença da precipitação total média de cada cluster entre os dois períodos considerados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Optou-se pela distribuição com quatro clusters, denominados cluster 0, cluster 1, cluster 2 e cluster 3 (fig.1a e 1b). Na figura 1a, pode-se observar a distribuição espacial dos clusters para o período de 1987 a 1996. Na figura 1b pode-se observar a distribuição espacial dos clusters para o período de 1997 a 2006.

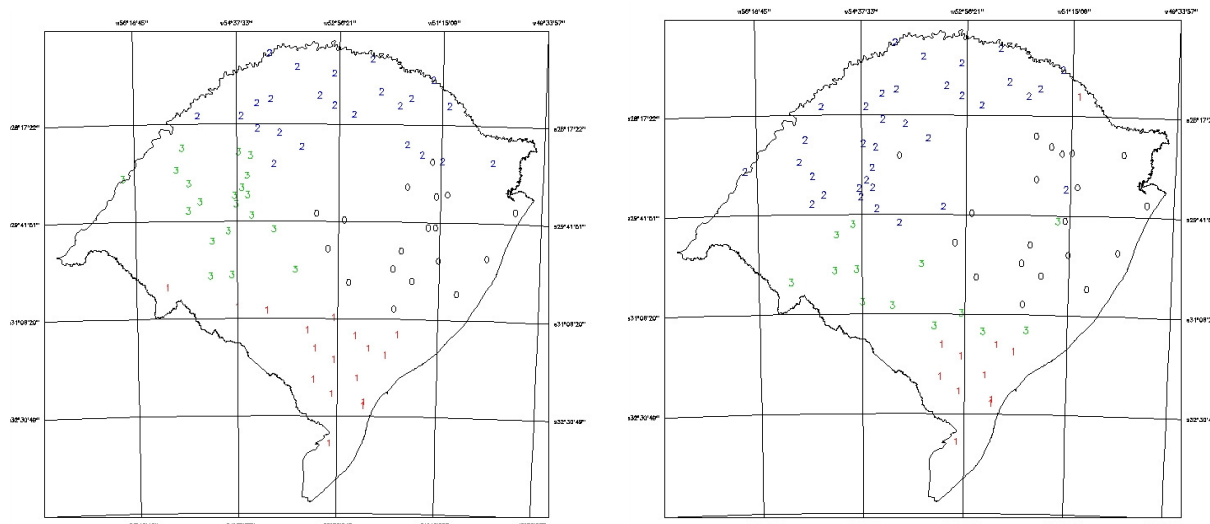


Figura 1: (a) distribuição espacial dos clusters para o período de 1987 a 1996; e (b) distribuição espacial dos clusters para o período de 1997 a 2006.

Observando-se as duas figuras, nota-se um deslocamento espacial dos clusters, sendo mais pronunciado nos clusters 2 e 3. Inicialmente o cluster 2 era composto por 24 estações localizadas na região norte do estado, sendo que no período de 1997 a 2006 avança no sentido sudoeste passando a ser composto por 35 estações.

O cluster 3, inicialmente composto por 20 estações, sofre um deslocamento para sul e leste do estado totalizando 13 estações no período de 1997 a 2006. O cluster 1 torna-se concentrado na região sul do estado, passando de 18 estações no período de 1987 a 1996 a 21 estações no período seguinte. O cluster 0 localizado na porção leste e central do estado passa a ser composto por 10 estações, sendo 17 o número no período inicial. Inicialmente o cluster 2 localizava-se na região norte do estado, sendo que no período seguinte avança para o região oeste. O cluster 3 no período de 1987 a 1996 abrange o oeste do estado, já no período sofre um deslocamento para o sul e leste do estado.

De acordo com o gráfico 1, em todos os clusters houve mudança na precipitação média anual, com acréscimo da ordem de 7,65% no cluster 0, 12,0% no cluster 1, 0,93% no cluster 2 e 4,95% no cluster 3. Os maiores volumes de chuva no período de 1987 a 1996 são encontrados no cluster 2 (1837mm), seguido pelo cluster 3 e cluster 0 com volumes de chuvas bem próximos 1563mm e 1527mm respectivamente. O cluster 1 é o que apresenta os menores volumes, com cerca de 1358mm. No período de 1997 a 2006 observa-se pequenas alterações, sendo os maiores volumes no cluster 2 (1853mm), seguido pelo cluster 0 e pelo cluster 3, novamente com volumes bem próximos de chuva, com 1644mm e 1640mm respectivamente. O cluster 1 continua com os menores volumes, com cerca de 1521 mm.

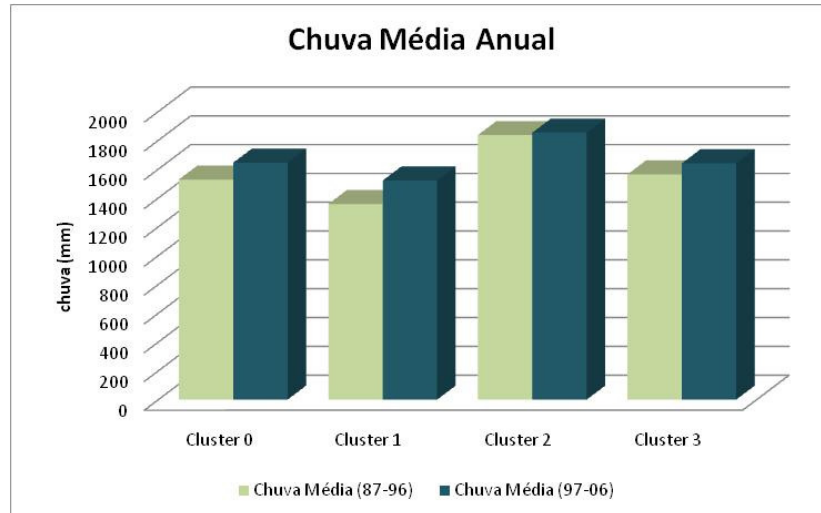


Gráfico 1: Comparação da variação da chuva média anual entre os períodos de 1987 a 1996 e 1997 a 2006, para os clusters definidos.

A chuva anual média das estações para o período de 1987 a 1996, para os clusters definidos, está representada no gráfico 2a, para o período de 1997 a 2006, está representada no gráfico 2b.

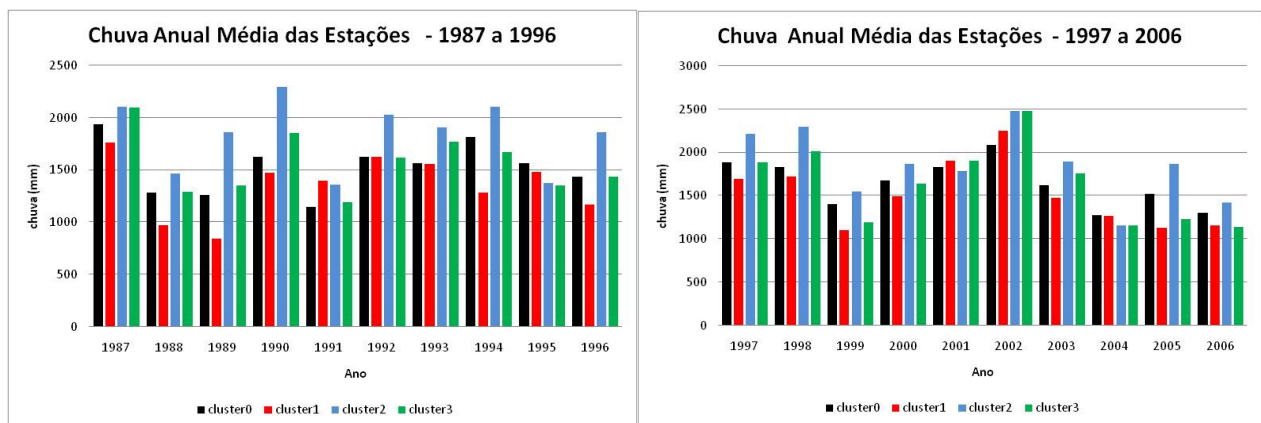


Gráfico 2: (a) chuva anual média das estações entre os períodos de 1987 a 1996; (b) chuva anual média das estações entre os períodos de 1997 a 2006.

No gráfico 2a, o cluster 2 apresentou os maiores volumes de chuva durante praticamente todo o período, sendo que apenas no ano de 1995 ficou com valores inferiores aos demais clusters. Contrário ao cluster 2, o cluster 0 apresenta os menores volumes de chuva durante praticamente todo o período, sendo que no ano de 1991 os valores ficaram acima dos demais clusters. Os cluster 0 e 3 apresentam valores próximos durante todo o período.

No gráfico 2b, o cluster 2 apresentou os maiores volumes de chuva durante praticamente todo o período, sendo que o ano de 2001 apresentou valores inferiores aos demais clusters e no ano de 2004 com valores inferiores ao cluster 0 e 1.

Contrário ao cluster 2, o cluster 0 apresenta os menores volumes de chuva durante praticamente todo o período, sendo que no ano de 2001 os valores ficaram acima dos demais clusters. Os cluster 0 e 3 apresentam valores próximos durante todo o período, exceto o ano de 2005.

## 4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Através do presente trabalho, verificou-se que a definição de zonas homogêneas pelo método de clusterização mostrou-se eficaz na avaliação da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica, no estado do Rio Grande do Sul.

Verificou-se um aumento da precipitação pluvial em todos os clusters no período de 1997 a 2006.

Como trabalho futuro, propõe-se analisar as causas da variabilidade espaço-temporal das chuvas nos períodos analisados e também, estudar a frequência de ocorrência dos veranicos, para fins de monitoramento das safras agrícolas.

## 5 REFERÊNCIAS

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; GONÇALVES, H. M. Relação entre rendimento de grãos de soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.675-702, 1992.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.119-125, 1999.

CHAPMAN, P.; CLINTON, J.; KERBER, R.; KHABAZA, T.; REINARTZ, T.; SHEARER, C.; WIRTH, R. **CRISP-DM 1.0: step-by-step data mining guide**. [Illinois]: SPSS, 2000. 78p.

GUEDES, R. L. **Condições de grande escala associadas a sistemas convectivos de mesoescala sobre a Região Central da América do Sul**. São Paulo, 1985. Dissertação (Mestrado). Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo. São Paulo. 170p.

MARQUES, J. R.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Comparação entre a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial mensal dos períodos climatológicos padrões de 1931-60 e 1961-90 no Rio Grande do Sul. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...** Santa Maria, RS, 2003.

MCQUEEN, J. B. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations. In: LECAM, L. M.; NEYMAN, J. editors, **Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistic and Probability**, p. 281-297, University of California Press, Berkeley, CA, 1967.

OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**, 1986. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. 134p.

REZENDE, S. O.; PUGLIESI, J. B.; MELANDA, E. A.; DE PAULA, M. F. Mineração de Dados. In: REZENDE, S. O. **Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2005. p. 307-336.

Weka 3.5: Data Mining Software in Java (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>).

WITTEN, I. H.; FRANK, E.. **Data mining: Practical machine learning tools and techniques**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2<sup>nd</sup> Edition, 2005. 525p.