

## Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica de Santa Catarina

Aparecido Ribeiro de Andrade<sup>1</sup>, Maria Cleide Baldo<sup>1</sup> e Jonas Teixeira Nery<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil.

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. \*Author for correspondence.

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho é apresentar um diagnóstico da precipitação, mensal e anual do Estado de Santa Catarina. Para tanto, trabalhou-se com 14 séries de Santa Catarina, 8 do Paraná e 4 do Rio Grande do Sul, no período entre 1957 e 1997. Diversos parâmetros estatísticos foram utilizados para estudar a estrutura das séries de precipitação. Por meio da média, desvio-padrão e coeficiente de variação, foi possível detectar processos determinísticos bem marcados nas séries no período estudado. Alguns resultados mostraram uma grande variabilidade da precipitação, com diferentes dinâmicas explicando esta variabilidade.

**Palavras-chave:** precipitação, variabilidade, box, classificação.

**ABSTRACT. Rainfall seasonal variability in the state of Santa Catarina.** The aim of this paper is to provide a diagnosis of the monthly and annual daily total precipitation of the state of Santa Catarina using meteorological data collected by the National Agency for Electric Power (NAEP), comprising the period from 1957 to 1997. The statistical analysis, using such parameters as mean, standard deviation and coefficient of variability, detected a marked deterministic process in the series studied, and some results showed a high precipitation variability caused by different dynamics.

**Key words:** precipitation, variability, box, classification.

O Estado de Santa Catarina está localizado na Região Sul do Brasil e possui uma área total de 95.985 km<sup>2</sup>. O território catarinense situa-se entre as latitudes 25°57'33"S e 29°21'48"S e longitudes 48°62'33"W e 53°50'W.

A geologia de Santa Catarina está dividida em três grandes áreas: Área do Escudo Atlântico, Área da Bacia do Paraná e Área de Sedimentos Quaternários. Cerca de 70% do território catarinense está acima dos 300m de altitude. O relevo é, em sua maioria, planalto basáltico que forma canais de basalto fazendo limite com a Serra Geral. Os regimes fluviais dos rios de Santa Catarina são comandados, principalmente, pelo regime pluviométrico, o qual se caracteriza por chuvas distribuídas no ano inteiro, garantindo o abastecimento normal dos mananciais (Santa Catarina, 1986).

O clima é subtropical úmido com verões quentes e temperatura média anual de 20°C e com pluviometria de 1.500mm por ano (Nimer, 1979).

Entretanto, o inverno catarinense costuma ser muito rigoroso, ocasionando uma média de geadas de 25 dias por ano em algumas regiões (Nery *et al.*, 1996).

Santa Catarina é o quinto produtor de alimentos do país, com destaque para a cultura de maçã, alho, fumo, madeira, suínos e aves. Santa Catarina também se destaca no campo do turismo, tanto na região serrana quanto no litoral, sendo, portanto, a precipitação uma variável meteorológica muito importante nas atividades concernentes a esta região. Há uma forte vinculação entre a produção e as condições de tempo que ocorrem durante o ciclo de determinada produção agrícola. Estes efeitos são catastróficos, quando ocorre alguma anomalia climática, originando altos prejuízos ao setor agrícola do Estado.

Como a agricultura é essencial para a economia local, se faz necessário um conhecimento mais amplo no que se refere às questões climáticas. É importante levar em consideração os fatores

dinâmicos e estáticos para um melhor entendimento dos processos atuantes.

Segundo Hofmann (1975), as frentes frias são as principais causadoras das precipitações no Sul do Brasil. Em virtude de sua variabilidade espaço-temporal, a precipitação é complexa e variável.

No Estado de Santa Catarina esta variabilidade é marcante, devido aos diversos fatores (relevo irregular, latitude, maritimidade, continentalidade e a dinâmica da circulação). Sabendo-se da importância desta variável (precipitação), principalmente para a agricultura, é que se faz necessário um estudo da variabilidade, servindo desta maneira de subsídio para o planejamento rural.

O objetivo deste trabalho é estudar a variabilidade da precipitação total anual e mensal para o Estado de Santa Catarina, utilizando parâmetros estatísticos tais como média, desvio padrão e anomalias

### Metodologia

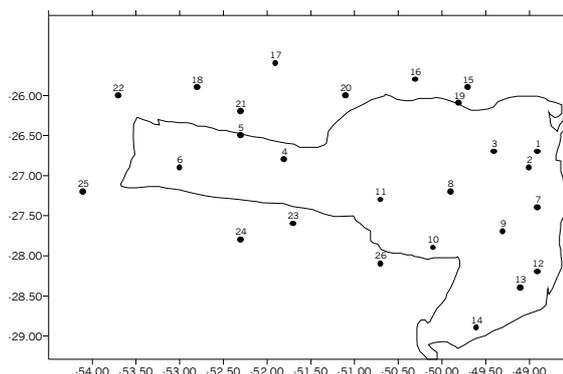
Os dados foram cedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Foram analisados dados de pluviosidade mensal e anual, utilizando-se um conjunto de 26 estações distribuídas no período de 1957-1997, no Estado de Santa Catarina (14 estações), Paraná (8 estações) e Rio Grande do Sul (4 estações), como mostram a Figura 1 e Tabela 1.

**Tabela 1.** Localização das estações no Estado de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul

Nº	Nome	Lat./Long.(G)	Alt.(m)
1	Luiz Alves - SC	26° 43'; 48° 56'	90
2	Blumenau - SC	26° 55'; 49° 04'	12
3	Benedito Novo - SC	26° 42'; 49° 29'	250
4	Campina da Alegria - SC	26° 53'; 51° 48'	950
5	Abelardo Luz - SC	26° 35'; 52° 21'	800
6	Saudades - SC	26° 56'; 53° 00'	300
7	Major Gercino - SC	27° 24'; 48° 56'	40
8	Pouso Redondo - SC	27° 14'; 49° 57'	353
9	Lomba Alta - SC	27° 44'; 49° 23'	550
10	Painel - Lajes - SC	27° 56'; 50° 06'	1180
11	Passo Marombas - SC	27° 21'; 50° 44'	700
12	Armazem Capivari - SC	28° 15'; 48° 59'	21
13	Rio do Pouso - SC	28° 25'; 49° 06'	20
14	Taçuaraçu - SC	28° 57'; 49° 36'	10
15	São Bento - Lapa - PR	25° 56'; 49° 47'	750
16	São Mateus do Sul - PR	25° 52'; 50° 23'	760
17	Guarapuava	25° 38'; 51° 58'	740
18	Balsa Santana - Verê - PR	25° 54'; 52° 51'	450
19	Rio Negro - PR	26° 06'; 49° 48'	770
20	União da Vitória - PR	26° 02'; 51° 09'	840
21	Clevalândia - PR	26° 17'; 52° 20'	800
22	Sto. Antonio do Oeste - PR	26° 04'; 53° 44'	520
23	Paim Filho - RS	27° 41'; 51° 45'	500
24	Erebango - RS	27° 50'; 52° 18'	700
25	Alto Uruguai - RS	27° 16'; 54° 08'	200
26	P. Socorro - Vacaria - RS	28° 11'; 50° 45'	800

Fonte: DNAEE - Inventário das estações pluviométricas, 1987



**Figura 1.** Mapa de localização das estações estudadas

Quanto aos critérios para escolha das séries, considerou-se a distribuição temporal e espacial das estações representativas da região, apresentando mais de 30 anos de dados, com o mínimo de dados faltantes (Nery et al., 1996).

Realizou-se a homogeneização dos dados de forma a originar séries totais anuais nos períodos estudados. Esta teve por objetivo estabelecer um controle das séries e foi realizada com valores acumulados que possibilitaram determinar a consistência dos dados coletados. Para tanto, elegeu-se uma série cujos dados apresentaram-se mais completos e, portanto, mais representativos, e que foi denominado a estação modelo, através do qual foram preenchidas as falhas de coleta de dados das estações mais próximas e mais semelhantes.

Através da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação (relação entre o desvio padrão e precipitação do período estudado), traçou-se isolinhas dos diferentes parâmetros estatísticos.

Utilizou-se a análise tipológica Cluster (Everitt e Graham, 1991 e Sansigolo e Nery, 1998), que é uma técnica de análise de dados, de caráter classificatório, que tem como finalidade a formação de classes, tipos de grupos, tão similares entre si quanto seja possível, partindo de um conjunto de dados multivariado. Esta análise se baseia principalmente em achar as distância (medidas de proximidade ou semelhança entre os sujeitos). Esta análise se procede mediante a divisão sucessiva da população total em subgrupos significativos. Os passos para esta análise são:

1. Achar a distância Euclidiana métrica dos indivíduos das matrizes entre si, aplicando a expressão:

$$d_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

2. Construir as matrizes das distâncias obtidas.
3. Formar o primeiro subgrupo com o procedimento do vizinho mais próximo.

4. Achar as distâncias do subgrupo formado pelas duas matrizes (de menor distância), em relação aos outros indivíduos e formar uma nova matriz de distâncias aplicando a expressão:

$$d_{(ij)k} = \min(d_{ik}, d_{jk})$$

5. Formar o segundo subgrupo e achar as novas distâncias e matrizes (assim, sucessivamente, até que se classifiquem todas as matrizes).
6. Formar o dendograma correspondente aos resultados obtidos, na análise tipológica realizada.

Existem várias formas para estudar um conjunto de dados unidimensionais. Neste estudo, o diagrama de bloco de Tuckey (1977) foi eleito para analisar a evolução da distribuição de frequência da chuva. Esta metodologia inclui informação sobre os valores extremos, sua localização (média e mediana), escala (amplitude interquartil) e assimetria (diferença entre quartil e mediana). Com o objetivo de mostrar uma maior estabilidade nos parâmetros extremos, considera-se a média de cinco valores extremos, máximos e mínimos, como uma estimativa robusta destas séries. Um parâmetro é considerado robusto quando não é afetado por valores extremos ou atípicos.

Este tipo de análise (distribuição de frequência) das chuvas sazonais e anuais dá uma estimativa da probabilidade para diferentes valores da variável estudada. Ao avaliar a análise de todas as estações se está comparando a onda anual da distribuição regionalmente.

Indubitavelmente, a variação de um ano para outro da precipitação é um valor importante. Como é conhecido, há vários parâmetros estatísticos que medem esta variabilidade: média, desvio padrão, anomalias, etc. Estes parâmetros, estatisticamente, não permitem uma comparação adequada de um lugar para outro, porque são valores absolutos. Assim, são necessários outros que proporcionam medidas relativas desta variabilidade como o coeficiente de variação, por exemplo.

**Discussão dos resultados**

Na Figura 2, estão representadas as altitudes (em metros) do Estado de Santa Catarina, com valores máximos na região central e centro-oeste.

Na Figura 3, apresenta-se o dendograma com seu respectivo corte. Por se tratar de uma análise subjetiva, o referido corte foi traçado, levando-se em consideração o conjunto das séries utilizadas, resultando numa linha contínua na distância de vinculação 5000.

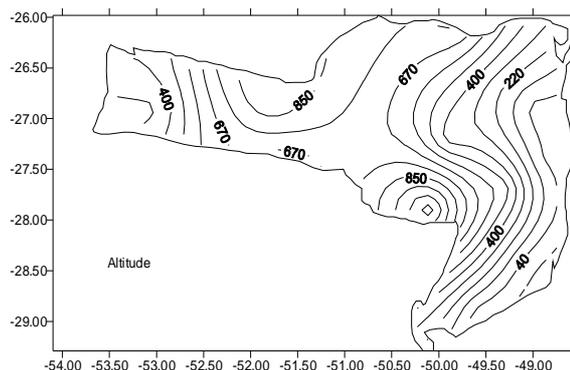


Figura 2. Distribuição altimétrica (metros) das estações de Santa Catarina

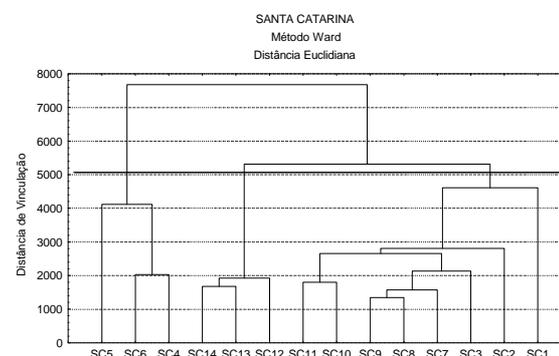


Figura 3. Dendograma das estações obtido através da análise multivariada

A partir da análise multivariada, classificou-se três áreas homogêneas para o Estado (Método Ward): grupo I abrange a porção sudeste; grupo II envolve o leste, norte e centro; grupo III abrange a porção oeste do mesmo (Figura 4).

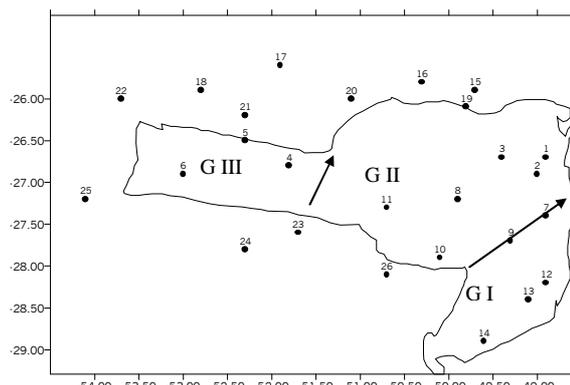


Figura 4. Distribuição espacial dos grupos homogêneos de precipitação

Pode-se observar que a média da precipitação total anual aumenta de leste para oeste, com valores maiores na região centro-oeste e oeste do Estado (Figura 5).

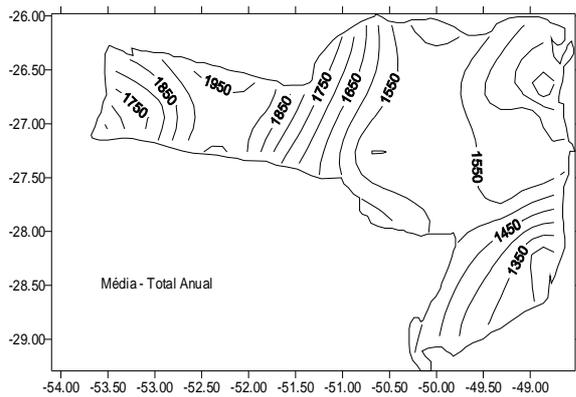


Figura 5. Média da precipitação total anual (1957-1997)

A dispersão dessa precipitação média total anual mostra valores maiores para a mesma região descrita acima sendo, portanto, uma região de maior precipitação média e também de maior variabilidade deste parâmetro (Figura 6).

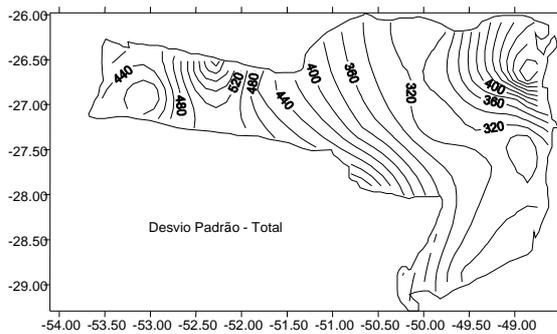


Figura 6. Desvio-padrão da precipitação total anual (1957-1997)

Para estudar a variabilidade da precipitação, utilizou-se o coeficiente de variação (Figura 7), notando-se que, dentro do período estudado, não houve nenhuma marcada variabilidade nas regiões classificadas através da análise multivariada. Desta forma, separou-se os dados da precipitação em dois períodos distintos, considerou-se dezembro, janeiro, fevereiro e março (DJFM) como período úmido (Figura 8), e maio, junho, julho e agosto (MJJA) como período seco (Figura 9). Pode-se observar que tanto em DJFM quanto em MJJA, o valor da precipitação é significativamente maior na região oeste do Estado.

Na região nordeste do Estado, os meses de DJFM apresentam uma maior precipitação média comparativamente aos meses de MJJA.

As considerações apresentadas acima, referentes às Figuras 8 e 9, mostram processos físicos diferentes para explicar a precipitação no Estado de Santa Catarina, como efeitos orográficos e dinâmicos (sistemas sinóticos) na região centro-oeste e oeste do

Estado e, possivelmente, uma dinâmica de sistemas convectivos associada a uma ciclogênese na parte costeira do Estado, explicando a precipitação da região nordeste de Santa Catarina.

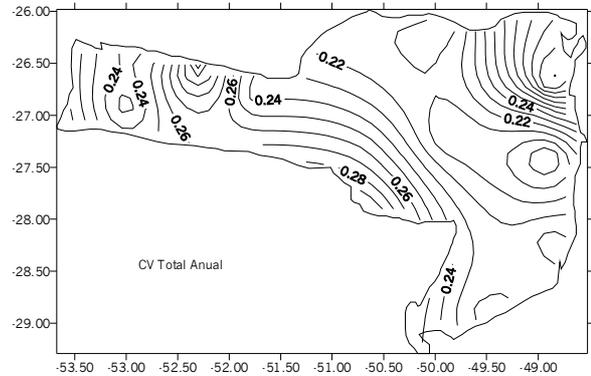


Figura 7. Coeficiente de variação da precipitação total anual (1957-1997)

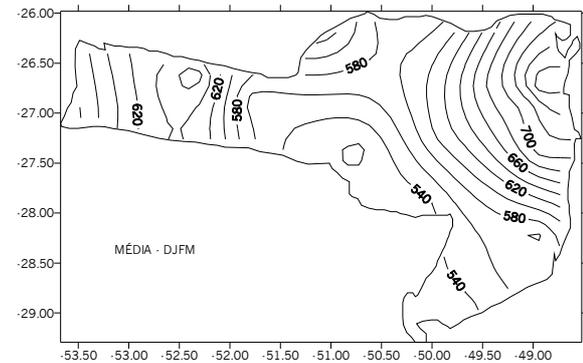


Figura 8. Variabilidade da média de precipitação para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março (DJFM)

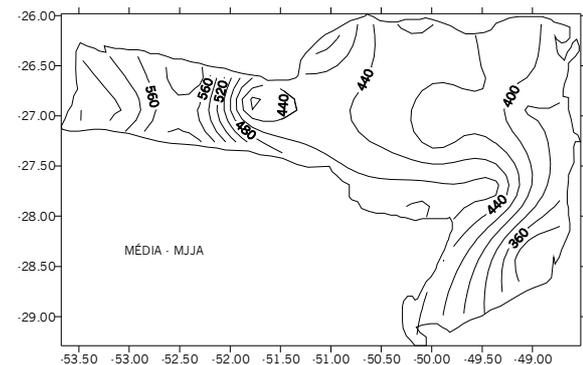


Figura 9. Variabilidade da média de precipitação para os meses de maio, junho, julho e agosto (MJJA)

Na Figura 10, apresenta-se a amplitude anual da precipitação pluviométrica para o período de 1957-1997, com maior amplitude na região nordeste e centro-sul do Estado.

Por meio do diagrama de bloco de Tuckey (1977), pode-se observar a variabilidade da

precipitação para as diferentes áreas, notando-se que mesmo dentro do **grupo II** existe uma variabilidade considerável, pois em Luiz Alves (1) - Nordeste e Passo Marombas (11) - Centro, os valores máximos, médios e mínimos estão dados em meses diferentes, sendo Luiz Alves em fevereiro com valor máximo de 900mm e Passo Marombas com valor máximo de 700mm em julho.

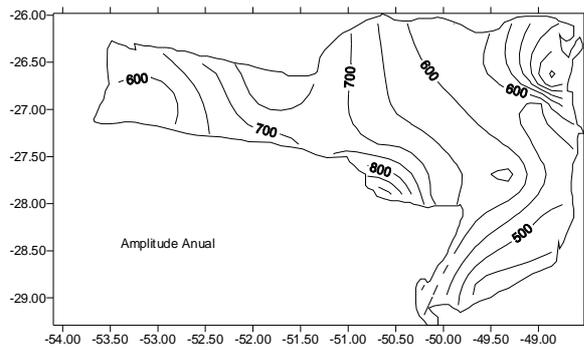


Figura 10. Amplitude pluviométrica anual (mm)

**Grupo I:** Em Taquaruçu (14), o valor da precipitação ao longo do ano apresenta, dentro do período estudado, uma maior homogeneidade, com valores máximos não ultrapassando os 500mm.

No **grupo III**, foi analisada a série Campina da Alegria (4), similar a Passo Marombas, tendo o valor máximo (aproximadamente 900mm) em julho. A série de precipitação de Saudades (6), no extremo oeste de Santa Catarina, apresenta uma distribuição homogênea da precipitação ao longo dos meses, o que não ocorre em Campina da Alegria, possibilitando inferir uma região de transição na parte central do Estado como mostram as Figuras 11(A, B, C, D e E).

O Estado de Santa Catarina apresenta uma variabilidade na precipitação ao longo do ano, com máxima precipitação na região nordeste do Estado nos meses de dezembro a março e com maior precipitação concentrada a oeste do mesmo, principalmente nos meses de maio a junho. A parte central de Santa Catarina possui, durante todo o ano, uma menor precipitação.

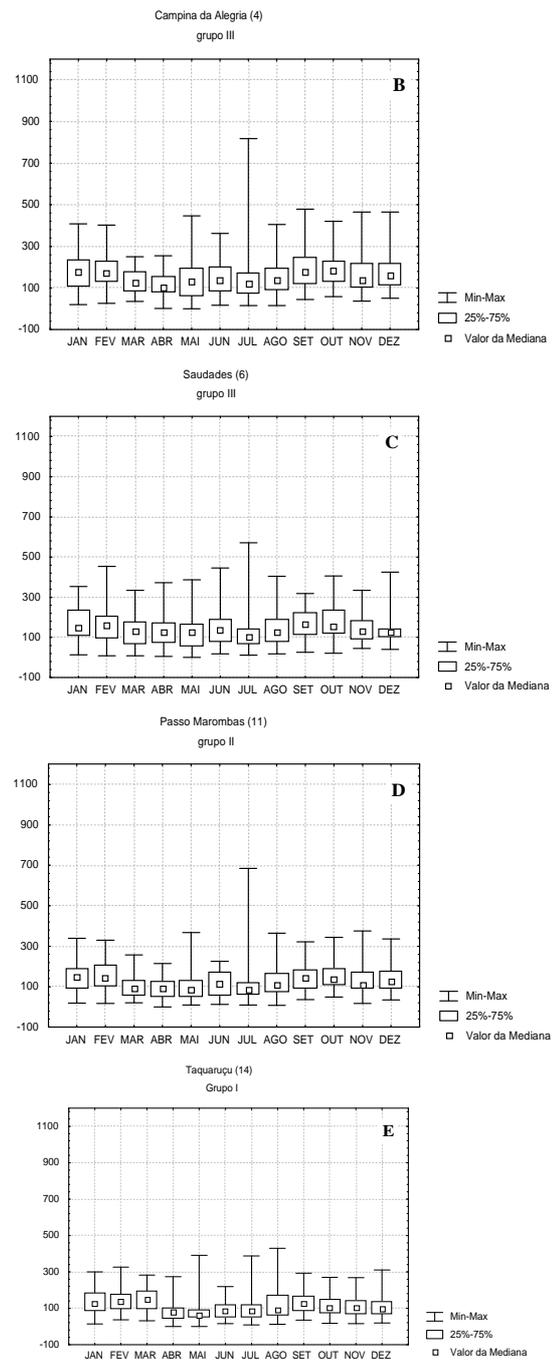
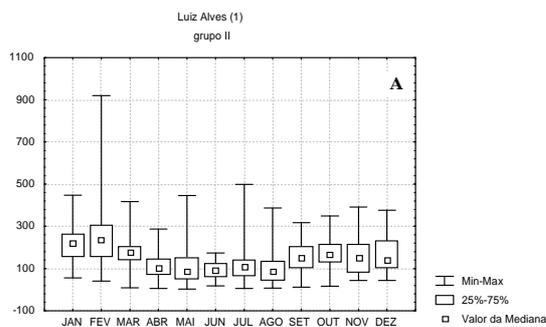


Figura 11(A, B, C, D e E). Funções da distribuição das estações de cada grupo. No eixo Y (precipitação total mensal em mm); no eixo X (meses). As barras inferiores e superiores representam os máximos e os mínimos para cada mês, respectivamente. Cada retângulo representa 25% a 75% da chuva e o quadrado interno (central) representa o valor médio

**Referências bibliográficas**

Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Divisão de Controle de Recursos Hídricos. *Inventário das estações pluviométricas*. Brasília: DNAEE, 1987.

- Everitt, B.S.; Graham, D. *Applied multivariate data analysis*. Edward Arnold.
- Hofmann, J.A. *Atlas climático de America del Sur*: primeira parte. Ginebra: OMM, 1975.
- Nery, J.T.; Vargas, W.M.; Martins, M.L.O.F. Caracterização da precipitação no estado do Paraná. *Rev. Brasil. de Agrometeorol.*, 4(2):81-89, 1996.
- Nimer, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 1979.
- Sansigolo, C.A.; Nery, J.T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10; CONGRESSO DA FILISMET, 7, Brasília, 1998. *Anais...* Brasília: SBMET, 1998.
- Santa Catarina, *Atlas*. Gaplan, Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. RJ, 173p., 1986.
- Tuckey, J.W. *Exploratory data analysis*. Reading, Mass., Addison-Wesley, 318p. 1977.

*Received on July 30, 1999.*

*Accepted on November 29, 1999.*