

## O comportamento da precipitação na Bacia do Itajaí

Jonas Teixeira Nery<sup>1\*</sup>, Maria Cleide Baldo<sup>2</sup> e Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. \*Author for correspondence. e-mail: jonanery@dfi.com.br

**RESUMO.** Foram estudadas as flutuações em escala anual e interanual da precipitação no Vale do Itajaí. O objetivo foi caracterizar esta região, sistematicamente atingida por chuvas intensas que provocam danos consideráveis em sua economia. O período utilizado foi de 1944 a 1990 (dados cedidos pelo DNAEE - Brasília). Na escala interanual utilizou-se o maior período possível, para a região. Na escala estacional buscou-se tipificar a precipitação e entender a variabilidade da mesma no período úmido (6 meses) e seco (6 meses), utilizando diferentes parâmetros estatísticos. Na escala interanual, estudou-se a relação da precipitação com a Oscilação Sul (OS).

**Palavras-chave:** bacia, índice, precipitação, variabilidade.

**ABSTRACT. Statistical aspects of rainfall in the Itajaí Basin SC Brazil.** Rainfall fluctuations in the River Itajaí valley were studied on the annual and interannual plane. The purpose of this study consisted of the characterization of the region which is systematically affected by intense rainfalls with serious damage to its economy. The period studied was from 1944 through 1990 (data were provided by DNAEE - Brasilia). The longest period possible was used for the interannual scale, whereas on the seasonal scale the typification and the variability of rain precipitation were studied for the rainy (6 months) and for the dry season (6 months) Different statistical parameters were employed. Relation of rainfall to the Southern Oscillation (SO) was studied on the interannual scale.

**Key words:** basin, index, precipitation, variability.

Frequentemente, a região do Vale do Itajaí é afetada por sistemas de tempo que geram chuvas intensas. Em tais situações, diversos setores da economia e da sociedade em geral sofrem prejuízos incalculáveis.

O Vale do Itajaí é um dos pólos da região Sul do Brasil e o maior do Estado de Santa Catarina. Ele está situado dentro da bacia hidrográfica do rio Itajaí, cuja distribuição pluviométrica concentra a maior parte da precipitação nos meses de verão (cerca de 33% do acumulado anual). Porém, mesmo em outras épocas do ano, esta região é atingida por sistemas meteorológicos adversos que produzem grandes quantidades de precipitação (Severo, 1994).

São numerosos os estudos relacionados à precipitação no mundo. Conrad (1941) estudou a variabilidade relativa da precipitação média anual, utilizando-se de estações distribuídas no mundo, encontrando três regiões distintas. Uma destas

regiões apresentou excesso de variabilidade, tendo conexão consistente com o fenômeno El Niño. A partir dos anos 60 são vários os autores que investigaram o evento El Niño/Oscilação Sul (ENOS) e as anomalias climáticas associadas com o mesmo. Nicholls (1988) examinou, em escala planetária, a relação entre o fenômeno ENOS e a chuva, encontrando que a variabilidade da precipitação anual tende a ser alta em regiões afetadas por este fenômeno. Rasmusson e Carpenter (1983) encontraram que nos anos de El Niño existe uma tendência a anomalias negativas nos meses de verão e anomalias positivas no outono, na Índia. Nicholls e Kakiro (1993) analisaram diferentes parâmetros estatísticos da precipitação em relação à Oscilação Sul, no Leste da Austrália. Este fenômeno afeta principalmente a intensidade da chuva e o número de eventos de chuva. Ropelewski e Halpert (1987) encontraram diferentes regiões de

precipitação mensal associadas com o ENOS, analisadas através de análise harmônica.

No Brasil, podem-se citar trabalhos realizados por Kousky (1985), Sugahara (1991), Nery (1996), Grimm et. al. (1998), Grimm et. al. (2000) e Coelho et. al. (1999), que estudaram diversas situações de precipitações extremas envolvendo casos de El Niño/Oscilação Sul. Devem-se ressaltar os trabalhos realizados por Kousky e Cavalcanti (1984), que estudaram modelos de anomalias de precipitação extrema associadas com a circulação atmosférica.

Um dos procedimentos utilizados para detectar um sinal climático de grande escala tem sido a observação de índices regionais, que podem ser obtidos combinando-se as observações feitas em diferentes estações meteorológicas, conforme Sugahara (1991).

Um tipo de combinação freqüentemente usado é a média aritmética de desvios padronizados das observações (Kraus, 1977; Katz, 1982; Stoekenius, 1981; Hastenrath, 1984; Katz e Glantz, 1986). Os valores desta média, quando exibidos na forma de série temporal, tendem a realçar as flutuações climáticas de grande escala, uma vez que as anomalias muito localizadas ou espacialmente incoerentes tendem a se anular mutuamente. Os coeficientes temporais de funções ortogonais empíricas têm sido também utilizados com o mesmo intuito (Arkin, 1982).

O objetivo deste trabalho, num primeiro momento, é caracterizar a precipitação na Bacia do Itajaí, através de 17 séries cedidas pelo DNAEE - Brasília. Para tanto utilizaram-se diversos parâmetros estatísticos, tais como média, desvio-padrão e coeficiente de variação, para entender a precipitação nas escalas anual e sazonal.

Num segundo momento, através de diferentes índices, discutiu-se a variabilidade interanual. Nesta etapa, utilizou-se o índice padronizado (Kraus, 1977) e o índice de seca (Moreno, 1994).

## Material e métodos

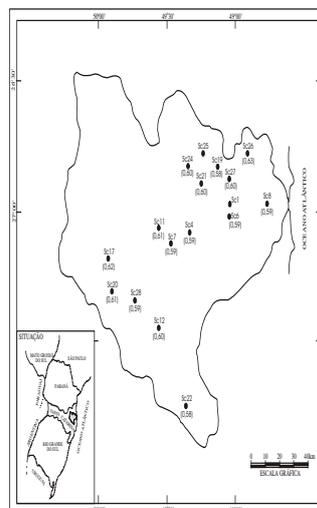
Os dados de chuva das diferentes estações meteorológicas foram obtidos junto ao Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), Brasília.

De acordo com a Figura 1 e Tabela 1 podem-se observar as estações utilizadas neste trabalho com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período. Estas observações foram utilizadas sem preenchimento de falhas, na maioria dos estudos realizados. No cálculo da função ortogonal empírica (FOE) foi necessário utilizar séries completas e com

mesmo período (1944 a 1990). Assim, recorreu-se ao método de regressão para preenchimento das falhas. Neste período de análise, segundo Ropelewski & Jones (1987), os anos de El Niño são: 1944, 1953, 1957, 1964, 1969, 1969, 1972, 1976, 1979, 1982, 1983, 1986, 1989 e 1990; os de La Niña são 1949, 1950, 1954 1955, 1956, 1964, 1970, 1971, 1973, 1975, 1985 e 1988.

**Tabela 1.** Estações meteorológicas utilizadas, com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período de observação

Estações	Latitude (s)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período
SC01 - Blumenau	26°55'	49°04'	12	1944-1989
SC04 - Apuína	27°01'	49°23'	93	1941-1992
SC06 - Garcia Blumenau	26°58'	49°04'	40	1941-1992
SC07 - Ibirama	27°03'	49°31'	151	1934-1992
SC08 - Ilhota	26°54'	48°51'	10	1928-1988
SC11 - Nova Brenem	27°07'	49°36'	252	1941-1991
SC12 - Ituporanga	27°24'	49°36'	370	1941-1992
SC17 - Taio	27°07'	49°59'	360	1930-1992
SC19 - Pomerode	26°44'	49°10'	46	1930-1991
SC20 - Pouso Redondo	27°14'	49°57'	353	1941-1992
SC21 - Timbó	26°49'	49°16'	70	1935-1992
SC22 - Alfredo Wagner	27°44'	49°23'	550	1941-1990
SC24 - Benedito Novo	26°46'	49°22'	90	1941-1992
SC25 - Arrozeira	26°45'	49°16'	80	1941-1992
SC26 - Luiz Alves	26°43'	48°56'	90	1941-1992
SC27 - Itoupava Central	26°47'	49°05'	65	1941-1992
SC28 - Trombudo Central	27°17'	49°43'	350	1946-1992



**Figura 1.** Localização das estações do Vale do Itajaí (SC) e o coeficiente de variação para cada estação no período de 1944 a 1990 (valores entre parênteses)

Para a caracterização do regime de chuva foi utilizado o percentual da contribuição da média do mês em relação à média do ano. Fez-se, também, a combinação de três meses consecutivos para analisar o período seco e o período úmido.

As séries anuais e mensais do índice padronizado foram determinadas seguindo-se o procedimento de Kraus (1977), que envolve, basicamente,

normalizações, médias aritméticas e análise de variância. As normalizações foram feitas para evitar-se que algumas estações, com médias e desvios-padrão altos, sobreponham-se às demais. Assim, para cada estação individual, as normalizações foram feitas subtraindo-se da precipitação observada a média ( $\mu$ ) e dividindo-se esta diferença pelo desvio-padrão ( $\sigma$ ), sendo que  $\mu$  e  $\sigma$  são de longo prazo e pertinentes à própria estação meteorológica e a cada período de observação. Por exemplo, se um valor de precipitação era de janeiro, na normalização utilizou-se  $\mu$  e  $\sigma$  calculados com valores de todos os janeiros disponíveis (Nery, 1997a).

A média anual ( $\bar{X}$ ) da precipitação para estação  $i$  é dada por:

$$\bar{X} = \frac{1}{J} \sum_j X_{ij}$$

onde  $X_{ij}$  é a precipitação anual da estação meteorológica  $i$  durante  $j$  anos;  $J$  é o número de anos no período escolhido para análise e  $i$  é o número de estações na região a ser analisada.

A variância da precipitação ( $\tau^2$ ) para a estação  $i$ :

$$\tau^2 = \frac{1}{J} \sum_j X_{ij}^2 - \bar{X}^2$$

Padronização da precipitação para cada estação meteorológica:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu}{\sigma_i}$$

O índice padronizado de precipitação  $a_j$  para cada ano é:

$$a_j = \frac{1}{I} \sum_i X_{ij}$$

sendo  $I$  o número de estações meteorológicas regionais a serem analisadas.

A análise de variância foi aplicada para se verificar se uma série temporal dessas médias era adequada ou não para evidenciar as oscilações coerentes dentro da área em questão. Isto foi feito decompondo-se a variância total em duas partes, uma temporal ( $V_t$ ), expressando a variação temporal de precipitação na área como um todo, e outra espacial ( $V_s$ ), expressando a variação entre diferentes estações. Obviamente a série é adequada se  $V_t$  for maior que  $V_s$ . Isto se verifica submetendo-se a razão ( $RV = V_t/V_s$ ) a um teste de hipótese estatística. Pode-se demonstrar que a distribuição de probabilidade associada a  $RV$  é  $F(\gamma_1, \gamma_2)$  Fisher-Snedecor, quase independentemente de tipos de distribuição

associadas a variáveis envolvidas na análise (Box, 1953; Tiku, 1971). O  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$  são, respectivamente, os graus de liberdade do numerador e do denominador de  $RV$ .

A estimativa da variância no tempo é dada pela equação:

$$V_t = \frac{\sum I a_j^2}{J - 1}$$

e a variância entre as anomalias da precipitação dentro da região é dada por:

$$V_s = \frac{N - \sum I_j a_j^2}{N - J}$$

sendo  $N = \sum_i \sum_j X_{ij}^2$

$a_j$  é o índice padronizado calculado,  $X_{ij}$  a padronização da precipitação para cada estação,  $J$  é o número de anos no período escolhido para análise e  $I$  o número de estações meteorológicas regionais a ser analisadas.

O procedimento matemático da análise de FOE tem sido descrito extensivamente por vários autores (Grimmer, 1963; Kufzbach, 1967; Morrison, 1976). As funções ortogonais empíricas são autovetores da matriz de coeficientes de correlação  $R$  (ou covariância) entre as séries individuais. Elas são, portanto, ortogonais entre si (em virtude da simetria da matriz  $R$ ) e são funções das coordenadas espaciais. Os coeficientes dos autovetores são usualmente exibidos num mapa na forma de contornos de isolinhas para revelar diferentes padrões de anomalias ou modos de ajustamentos dos campos analisados. A evolução temporal de cada um desses padrões é descrita por um vetor associado, que é uma função das coordenadas temporais. Tais vetores, que são também ortogonais entre si, são obtidos através da transformação linear da matriz de observações pela matriz dos autovetores. A importância relativa de cada modo de em relação à variação total do campo analisado (variância total) é dada pelo respectivo autovalor. É um procedimento usual ordenar as FOE em ordem decrescente dos autovalores. Assim, a primeira FOE (FOE1) é o primeiro modo, e assim por diante, conforme Sugahara (1991). Tem sido observado que a variação total de campos meteorológicos pode ser representada pela expansão de número relativamente reduzido dessas funções.

$$F_n = \sum_{i=1}^M C_{in} e_i \quad n = 1, 2, \dots, N.$$

Nesta etapa do trabalho, foram consideradas todas as séries dentro de um mesmo período (1944-1990), visto que para correlacionar as séries de índice padronizado com as séries de funções empíricas foi necessário que ambas tivessem o mesmo período de análise.

A avaliação do fenômeno de seca realizou-se em nível semestral, conforme Moreno (1994). Este índice leva em consideração a chuva total semestral e a chuva média semestral, no período de inverno (abril a setembro) e verão (outubro a março). Os intervalos foram classificados conforme segue:  $I > -0,2$  (situação normal);  $-0,2 > I \geq -0,4$  (seca moderada);  $-0,4 > I \geq -0,6$  (seca intensa) e  $I > -0,6$  (seca extrema).

$$I = \left[ \frac{p - P}{P} \right]$$

sendo I - índice de seca; p - chuva total semestral e P - chuva média semestral, no período.

## Resultados e discussão

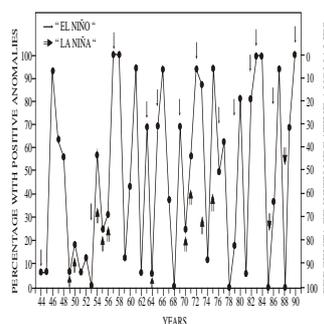
De acordo com a Tabela 2, pode-se observar uma onda anual com uma maior concentração de chuva nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Com relação aos dias de chuva, observou-se que os meses de outubro, dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentaram maiores quantidades de dias chuvosos. Na frequência média de dias de chuva (PP/DD), a onda anual observada anteriormente não se evidencia.

O estudo da variabilidade relativa, através do coeficiente de variação, mostrou uma similaridade na variabilidade de cada série para cada estação analisada, com um coeficiente médio de 0,60 (Figura 1).

A Tabela 3 apresenta porcentagem de precipitação para trimestres consecutivos. Observou-se que os meses de DJF (dez/jan/fev) e JFM (jan/fev/mar) foram os trimestres com maior quantidade de chuva. Os trimestres que

apresentaram menor porcentagem de precipitação foram os de AMJ (abr/mai/jun) e MJJ (mai/jun/jul). Através deste estudo, evidencia-se, uma vez mais, uma maior concentração de chuva no verão e menor no período de inverno.

A Figura 2, eixo a esquerda, apresenta a porcentagem de estações meteorológicas com anomalias positivas (precipitações em relação à média climatológica observada para cada ano e para diferentes estações meteorológicas desta bacia analisada). De treze anos considerados de El Niño, três anos apresentaram anomalias positivas em toda a Bacia do Itajaí. Os anos de 1963, 1965, 1969, 1972 e 1987 apresentaram anomalias positivas entre 70% e 80 % das séries e em outros anos, como 1944 e 1953, essas anomalias foram insignificantes. Observou-se que, nos anos de 1946, 1961 e 1975, as anomalias positivas não tiveram nenhuma relação com o fenômeno El Niño.



**Figura 2.** Porcentagem de anomalias positivas das séries (escala esquerda) e de anomalias negativas (escala direita) - Itajaí-SC no período de 1944 a 1990

Observa-se, no entanto, que para a Bacia do Itajaí, anos pós El Niño, de acordo com o índice de Ropelewski e Jones (1987), foram anos com anomalias positivas e significativas, como, por exemplo, 1966, 1973, 1980 e 1984.

**Tabela 2.** Média dos dias de chuvas, a média da chuva e a quantidade de chuva por dias de ocorrência das mesmas para cinco séries representativas

Mes	SC7			SC8			SC12			SC17			SC21		
	DD	PP	PP/DD	DD	PP	PP/DD	DD	PP	PP/DD	DD	PP	PP/DD	DD	PP	PP/DD
Jan	13	174.8	12.9	13	171.0	12.5	12	158.2	12.3	12	171.7	13.8	14	190.4	13.4
Fev	12	152.2	12.0	13	180.3	13.2	12	159.8	12.4	11	162.2	13.6	13	193.4	14.2
Mar	11	124.0	10.7	11	144.8	12.1	10	120.3	11.1	10	132.7	12.7	13	163.9	12.4
Abr	8	94.0	10.6	9	111.1	11.9	8	94.7	11.4	7	83.3	11.6	9	100.3	10.7
Mai	8	97.5	11.3	8	100.0	11.7	8	103.7	12.0	7	100.7	13.1	8	104.5	12.0
Jun	8	98.5	11.3	8	88.0	10.6	9	99.8	11.0	7	97.0	12.5	8	99.6	11.4
Jul	8	96.9	11.0	7	83.0	10.5	9	120.0	13.0	7	90.6	12.1	8	94.2	11.0
Ago	8	112.3	12.7	8	102.3	12.0	9	128.5	13.7	8	116.3	14.0	8	110.8	13.0
Set	11	126.4	10.8	10	118.2	10.8	11	146.7	12.8	9	131.1	13.2	11	133.0	11.4
Out	12	135.9	11.2	13	148.5	11.3	11	137.4	12.1	10	144.3	13.9	12	146.6	11.7
Nov	10	109.9	10.7	11	115.2	10.5	9	104.5	11.1	8	111.2	12.5	11	126.9	11.3

Dez	11	133.9	11.5	12	136.2	10.8	10	134.8	12.6	10	142.4	13.8	11	145.7	12.2
-----	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------	----	-------	------

**Tabela 3.** Porcentagem de precipitação para trimestres consecutivos, considerando a média climatológica do período (1944-1990)

Estações	JFM	FMA	MA	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	DJF
	%	%	M %	%	%	%	%	%	%	%	%
SC1	34	29	23	19	18	18	21	24	25	27	33
SC4	32	26	22	19	19	20	22	26	26	28	32
SC6	33	28	23	19	18	18	21	24	26	27	33
SC7	30	25	22	19	20	21	23	27	27	27	31
SC8	33	29	24	20	19	18	21	24	26	27	32
SC11	29	25	21	20	21	22	24	27	27	27	30
SC12	28	25	21	19	21	23	27	28	27	26	30
SC17	32	26	21	18	19	20	23	26	27	27	32
SC19	35	30	23	18	18	17	19	23	25	27	34
SC20	31	26	22	19	19	21	25	27	28	26	31
SC21	34	29	23	19	19	19	21	25	26	26	33
SC22	30	24	20	19	21	23	26	28	25	25	31

A porcentagem de estações meteorológicas com anomalias negativas (precipitações em relação à média climatológica observada para cada ano e para diferentes estações meteorológicas desta bacia analisada) está disposta no eixo direito da Figura 2. De doze anos considerados de La Niña, quatro anos apresentaram de 90 a 100% das estações com anomalias negativas. Em outros anos, como por exemplo 1973 e 1975, estas anomalias não incidiram sobre a bacia de maneira significativa, sendo poucas estações com valores de precipitação negativa em relação à média climatológica. Pode-se observar também que ocorreram anos com anomalias negativas, mas sem nenhuma relação com anos de La Niña, por exemplo, 1952, 1968 e 1978.

O índice padronizado anual foi utilizado para estudar o comportamento da precipitação em relação às fases de El Niño e La Niña, uma vez que os desvios positivos e negativos correspondentes à média climatológica não quantifica tais anomalias. De acordo com a Figura 3A, pode-se observar sinais com valores significativos para o nível de significância de 20% e apenas um sinal (1983) para o nível de significância de 1%. Os anos 1944 e 1953, considerados anos de El Niño, não apresentaram sinais significativos, nem mesmo para o nível de significância de 20%. O ano de 1961, ano normal segundo Ropelewski, apresentou sinal significativo no nível de 20%. Com relação aos anos de La Niña, nenhum ano apresentou sinal no nível de 1% de significância. Dos doze anos classificados como anos de La Niña dentro do período estudado, somente três foram classificados como significativos para um nível de 20%. Os anos de 1951, 1968 e 1981, embora classificados como anos normais, apresentaram sinais significativos para o nível de 20% de significância.

Os resultados utilizando a primeira função ortogonal empírica (FOE), com valores anuais, estão altamente correlacionados com o índice obtido através da padronização (Figura 3B).

As Figuras 3C e 3D apresentam os índices de precipitação padronizados para todas as estações meteorológicas, valores mensais. Somente 1983 se caracterizou com anomalias positivas em praticamente todo o ano, e os demais anos de El Niño não apresentaram índices padronizados significativos. Pode-se observar que as precipitações em 1983 se concentraram em mai/jun/jul/dez e o ano de 1957 apresentou sinais mais marcados, para o segundo semestre, concentrando-se em jul/ago/set.

Analisando-se o índice padronizado para cada dez dias para esses mesmos anos, observou-se que somente em 1983 as chuvas apresentaram-se bem distribuídas ao longo do período chuvoso (Figuras 3E e 3F).

Para verificar se houve alguma relação importante que não tivesse sido detectada através do índice de precipitação anual ou algum padrão de comportamento consistente com o ciclo típico de episódios frios, no Oceano Pacífico, analisou-se este extremo através do índice de seca nos períodos de inverno e verão (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 4.** Períodos com seca mais destacados no Vale do Itajaí

Período	Território %
Inverno 1968	100
Inverno 1951	93
Inverno 1944/1978/1981	87
Inverno 1953	80
Verão 1942	80
Inverno 1963	75
Inverno 1985	70
Verão 1948/1964	70
Inverno 1940/1950/1974	65
Verão 1974	65
Inverno 1952/1977	55
Verão 1956/1967/1978	55

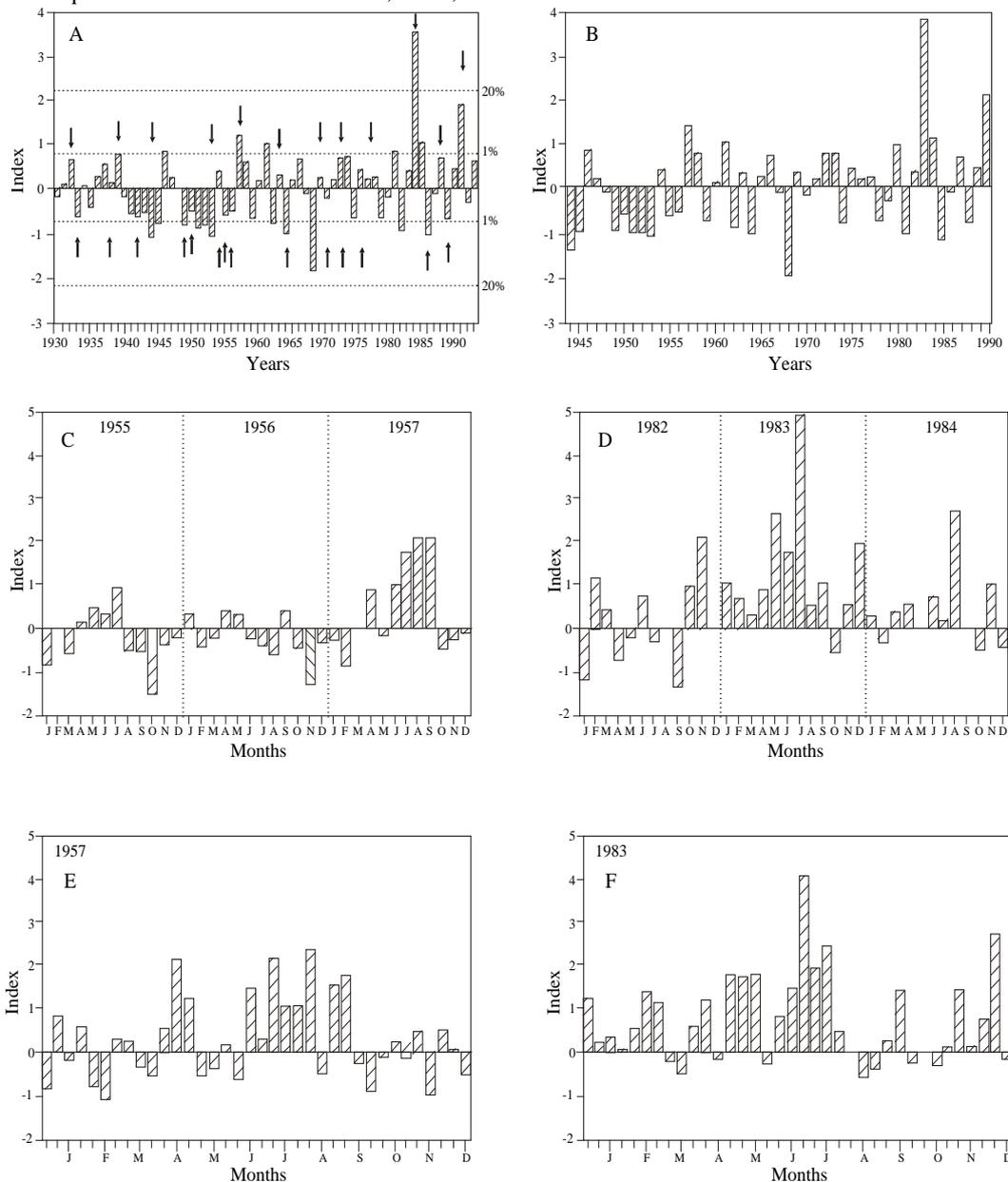
**Tabela 5.** Período com seca intensa e extrema

Período/Inverno	Território %	Período/verão	Território %
1951	93	1942	20
1987	56	1948	18
1968	41	1955/56/59/67/74	6
1981	35		
1953/1963	23		
1978	17		
1950/67/74/77/85/86	6		

De acordo com a Tabela 4 observa-se que as secas mais significativas ocorreram no inverno do ano de 1940, 1944, 1950, 1951, 1953, 1963, 1968, 1978, 1981 e 1985.

Já no período de verão as secas ocorreram em menor proporção, se comparadas com o inverno, sendo representativos os anos de 1942, 1948, 1964 e

1974, enquanto os anos de 1942 e 1948 foram marcados por secas intensas e extremas (Tabela 5).



**Figura 3 (A, B, C, D, E, F).** A. Índice padronizado anual para o período de 1930 a 1992; B. índice anual - FOE no período de 1944 a 1990; C. índice padronizado mensal para os anos de 1955/1956/1957; D. índice padronizado mensal para os anos de 1982/1983/1984; E. índice padronizado decenal para o ano de 1957 e F. índice padronizado decenal para o ano de 1983

Desta forma pode-se inferir que:

1. a precipitação na Bacia do Itajaí está concentrada no período de janeiro e fevereiro, com uma onda anual bem definida, sendo os meses de maio, junho e julho os três meses com menor precipitação;
2. a variabilidade interanual mostra que a Oscilação Sul interfere na intensidade da

precipitação na Bacia do Itajaí especialmente nos anos de El Niño (ENOS). O ano de 1983 apresenta anomalias positivas pronunciadas em relação aos outros anos estudados;

3. com relação à fase La Niña, as anomalias negativas apresentam valores inferiores, se comparados com a fase de El Niño;

4. o índice de seca mostra que nem sempre está associado aos episódios frios da água do Oceano Pacífico (La Niña);
5. os anos de pós El Niño apresentam algumas anomalias significativas dentro do período estudado.

### Referências bibliográficas

- Arkin, P.A. The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 110:1393-1404, 1982.
- Coelho, S.A.C.; Drumond, M.R.A.; Ambrizzi, T. Estudo climatológico sazonal da precipitação sobre o Brasil em episódios extremos da oscilação sul. *Rev. Bras. Meteorol.*, 14:49-65, 1999.
- Conrad, V. The variability of precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, 69:5-11, 1941.
- Grimm, A.M.; Ferraz, S.E.T.; Gomes, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with el niño and la niña events. *J. Climate*, 11:2863-2880, 1998.
- Grimm, A.M.; Barros, V.R.; Doyle, M.E. Climate variability in Southern South América associated with el niño and la niña events. *J. Climate*, 13:35-58, 2000.
- Grimmer, M. The space-filtering of monthly surface temperature data in terms of pattern, using empirical orthogonal functions. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 39:395-408, 1963.
- Hastenrath, S. Predictability of north-east Brazil droughts. *Nature*, 307:531-533, 1984.
- Katz, R.W. Statistical evaluation of climatic experiments with general circulation models (GCM): parametric time series modeling approach. *J. Atmos. Sci.*, 39(7):122-141, 1982.
- Katz, R.; Glantz, M. H. Anatomy of a rainfall index. *Mon. Wea. Rev.*, 114(4):764-771, 1986.
- Kousky, V.E.; Cavalcanti, I.F. Eventos el-niño oscilação sul: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciências e Cultura*, 36(11):1188-1899, 1984.
- Kousky, V.E. Atmospheric circulation changes associated with rainfall anomalies over tropical Brazil. *Mon. Wea. Rev.*, 113:1951-1957, 1985.
- Kraus, E.V. Subtropical droughts and cross-equatorial transports. *Mon. Wea. Rev.*, 105(8):1009-1018, 1977.
- Kutzbach, J.E. Empirical eigenvectors analysis of sea-level pressure, surface temperature and precipitation complexes over north America. *J. Applied Meteorol.*, 6:791-802, 1967.
- Morrison, D.F. *Multivariate statistical methods*. 2.ed. Boston: McGraw-Hill Book. 1976. 415 p.
- Moreno, H.G. Estadísticas de la sequia en Colombia. *Atmósfera*, 1(22):67-70, 1994.
- Nery, J.T. *Estudio climático de la precipitación del Brasil Meridional asociado con fenómeno extrarregionales*. Buenos Aires, 1996. (Doctoral Thesis in Atmospheric Sciences) - Universidade de Buenos Aires.
- Nicholls, N. El Niño - Southern Oscillation and rainfall variability. *J. Climate*, 1:418-421, 1988.
- Nicholls, N.; Kakiro, A. East Australian rainfall events: interannual variations, trends and relationships with the Southern Oscillation. *J. Climate*, 6:1141-1152, 1993.
- Rasmusson, E.M.; Carpenter, T.H. The relationship between eastern equatorial pacific sea surface temperatures and rainfall with the southern oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 110:354-384, 1983.
- Ropelewski, C.F.; Halpert, M.S., Global and regional scale precipitation patterns associated with el niño/Southern oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115:1606-1626, 1987.
- Ropelewski, C.F.; Jones, P.D. An extension of the Thaiti drawin oscillation index. *Mon. Wea. Rev.*, 115:2161-2165, 1987.
- Severo, D.L. *Estudo de casos intensos de precipitação no Estado de Santa Catarina*. São José dos Campos, 1994. (Doctoral Thesis in Meteorology) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Sugahara, S. *Flutuações interanuais, sazonais e intrasazonais da precipitação no Estado de São Paulo*. São Paulo 1991. (Doctoral Thesis in Meteorology) - Universidade de São Paulo.
- Stoeckenius, T. Interannual variations of tropical precipitation patterns. *Mon. Wea. Rev.*, 109:1233-1247, 1981.

Received on March 03, 2000.

Accepted on October 20, 2000.