



Investigaciones Geográficas (Mx)
ISSN: 0188-4611
edito@igg.unam.mx
Instituto de Geografía
México

Ribeiro de Andrade, Aparecido; Teixeira Nery, Jonas
Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí,
Brasil
Investigaciones Geográficas (Mx), núm. 52, diciembre, 2003, pp. 7-30
Instituto de Geografía
Distrito Federal, México

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905202>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, Brasil

Aparecido Ribeiro de Andrade*
Jonas Teixeira Nery**

Recibido: 13 de febrero de 2003

Aceptado en versión final: 18 de agosto de 2003

Resumo. O presente trabalho analisa os dados de precipitação pluvial da Bacia do Ivaí (Estado do Paraná, Brasil), utilizando dados diários, mensais e anuais, no período de 1974 a 2001, obtidos junto à Superintendência de Recursos Hídricos (SUDERHSA), pertencente ao Governo do Estado do Paraná, a bacia hidrográfica do Ivaí localiza-se no Estado do Paraná entre as coordenadas -22° 54' S a -25°33' S e -50°44' W a -52°42' W, possuindo uma área de drenagem de 36 622 km², percorrendo uma extensão de aproximadamente 680 km. O rio Ivaí recebe este nome a partir da junção do Rio dos Patos com o Rio São João. No decorrer dos seus quase 680 km, existem várias cidades de porte, como Maringá e Apucarana, que se encontram no divisor de bacias, assim como Campo Mourão, que é a maior cidade situada integralmente na referida bacia.

Foram traçadas isolinhas de dias de precipitação pluviométrica para cada ano, dentro do período estudado, selecionando alguns anos mais significativos (1982, 1983 e 1985). Deve-se observar que o ano de 1983 (ano considerado de El Niño significativo) apresentou isolinhas de dias de chuva, consideravelmente maiores que os demais anos, em toda a bacia. O ano de 1985 (ano de La Niña), apresentou isolinhas de menos dias de chuva, dentro do período considerado.

Deve-se ressaltar que a precipitação pluviométrica desta bacia está influenciada pela variabilidade interanual (El Niño ou La Niña). Estas variabilidades explicam grande parte da precipitação desta bacia.

Palavras-chave: Precipitação, variabilidade, El Niño, bacia do Ivaí, Brasil.

Resumen En este trabajo se analizaron los datos de precipitación de la cuenca del río Ivaí, Brasil, utilizando datos diarios, mensuales y anuales en el período de 1974 a 2001, obtenidos en la Superintendencia de Recursos Hídricos del gobierno del Estado de Paraná, la cuenca se ubica en el estado de Paraná entre las coordenadas -22° 54' S y -25° 33' S, -50° 44' W y -52° 42' W, con un área de 36 622 km² y una extensión de 680 km, aproximadamente. El río Ivaí recibe este nombre en la conexión de los ríos de los Patos y São João. Hay muchas ciudades en esta cuenca, tales como Maringá, Apucarana y Campo Mourão.

Se estudió la precipitación registrada anualmente y se seleccionaron los años más significativos para su análisis (1982, 1983 y 1985), mediante el trazo de isolíneas, a partir de las cuales se observó que en 1983 (año significativo del fenómeno de El Niño) las isolíneas de días de lluvia fueron considerablemente mayores que en los otros años analizados en la cuenca; 1985 (año de La Niña) presentó isolíneas con pocos días de lluvia, en el período de estudio.

La precipitación en la cuenca está influenciada por la variabilidad interanual (El Niño o La Niña). Se nota que para cada evento hay una marcada anomalía positiva (El Niño) o negativa (La Niña), más o menos significativa de acuerdo con el evento.

Palabras claves: Precipitación, variabilidad, El Niño, cuenca del Ivaí, Brasil.

Analysis of daily, monthly and annual precipitation in the Ivaí river basin, Brazil

Abstract. This work analyzed precipitation data for the Ivaí river basin, Brazil, using daily, monthly and annual data for the period 1974 - 2001. These data were obtained from the Paraná State's Office of Hydrological Resources. The basin is located in Paraná State, between -22°54'S and -25°33'S, and -50°44'W and -52°42'W, comprising an area of 36 522 km² and a length of 680 km approximately. The Ivaí river comprises the portion located at the union of the Patos and São João rivers. Several cities have developed along this basin, including Maringá, Apucarana and Campo Mourão.

*PGE/UEM, Rua Juriti, 454, Conj. Res. Ney Braga, CEP 87083-280, Maringá, Paraná-Brasil. E-mail: andrades@ubbi.com.br

^{**}DFI/UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900. Maringá, Paraná - Brasil E-mail: jonanery@dfi.uem.br

Precipitation data recorded throughout the year were analyzed, and the most significant data were chosen for analysis (1982, 1983 and 1985) through tracing isolines. From these, it became evident that in 1983 (the year when El Niño reached a significant importance) rainy-day isolines were considerable above those for any other year of analysis. Conversely, 1985 (the year when La Niña occurred) showed isolines with a few rainy days in the period of study.

Within the basin, precipitation is influenced by year-to-year variability (El Niño or La Niña). It is worth mentioning that, for each event, there is a marked positive (El Niño) or negative (La Niña) anomaly, the significance of which varies according to the event.

Key words: Precipitation, variability, El Niño, Ivaí river basin, Brazil.

INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil localiza-se o Estado do Paraná, sendo que a Bacia Hidrográfica do Ivaí está localizada dentro deste Estado entre as coordenadas $-22^{\circ}54' S$ a $-25^{\circ}33' S$ e $-50^{\circ}44' W$ a $-52^{\circ}42' W$, possuindo uma área de drenagem de $36\,622\text{ km}^2$, percorrendo uma extensão de aproximadamente 680 km (Figura 1).

Essa bacia não apresenta grandes trabalhos de caracterização de sua região, principalmente quando o assunto é climatologia. Os poucos levantamentos que se conhece estão relacionados à produção agrícola e atlas de zoneamento das décadas de 70 e 80, principalmente os elaborados por instituições governamentais,

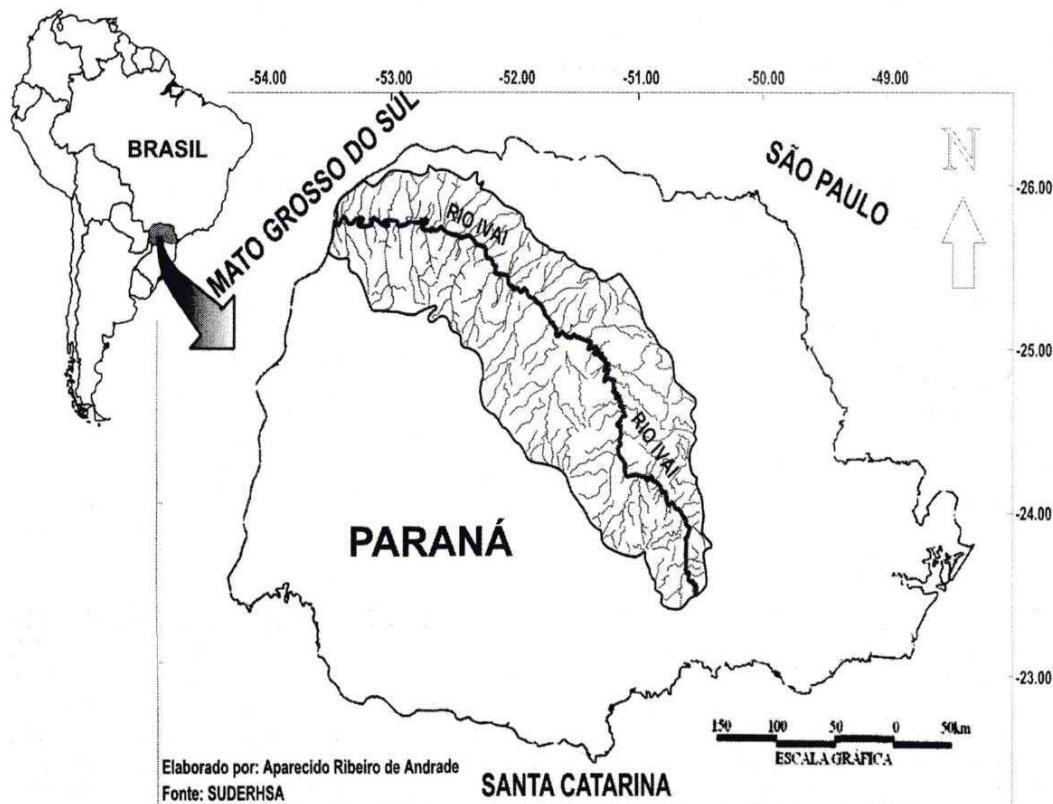


Figura 1. Localização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí.

Maack (1981) foi um dos que realizou trabalhos de pesquisa no Estado do Paraná fazendo, principalmente, uma descrição geomorfológica de várias regiões do Estado, mas sua abordagem foi mais geral, sem nenhuma análise regional, o que se propõe a iniciar através deste trabalho.

Os formadores do rio Ivaí partem dos contrafortes da serra da Esperança e da serra da Ribeira, na região centro-sul do estado do Paraná, em cotas superiores a 1 000 m de altitude. O rio Ivaí percorre \pm 680 km, até desaguar na margem esquerda do rio Paraná, próximo à ponte de montante da ilha dos Bandeirantes.

Andrade e Nery (2002) efetuaram uma análise preliminar da distribuição pluviométrica da bacia do Rio Ivaí, e concluíram que a distribuição temporal da precipitação pluviométrica desta região está fortemente vinculada a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, pois a variabilidade pluviométrica da bacia apresenta uma correlação significativa com os períodos em que ocorreram tais fenômenos (Trenberth, 1995).

Alguns estudos realizados, já mostraram claramente a correlação existente entre a precipitação pluviométrica e as condições climáticas do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) no mundo, (Stoeckenius, 1981), (Rasmusson e Carpenter, 1982) e (Ropelewski e Jones, 1987). Vários desses trabalhos concluíram que as chuvas possibilitam ou impedem o manejo de determinadas culturas existentes no Sul do Brasil (Ferreira, 2000).

Vários autores (Grimm e Ferraz, 1997; Grimm *et al.*, 2000; Trenberth, 1995) vêm demonstrando que uma das principais causas da variabilidade climática no Sul do Brasil, principalmente a precipitação pluvial, advém da ocorrência do fenômeno El Niño, entre outros, denomina o El Niño Oscilação Sul (ENOS), como um fenômeno de grande escala, caracterizado por anomalias no pa-

drão de temperatura da superfície do Oceano Pacífico tropical que ocorrem de forma simultânea com anomalias no padrão de pressão atmosférica das regiões de Darwin e Taiti. Na fase fria do ENOS (La Niña) o comportamento das variáveis provoca anomalias, principalmente na precipitação pluvial, em diversas regiões do globo.

Dessa forma, a correlação da variabilidade da precipitação pluviométrica da bacia do Ivaí com o fenômeno ENOS deve ser estudada, buscando-se a elaboração de uma possível explicação para a distribuição espacial e temporal deste fenômeno meteorológico.

Nery *et al.* (1994) buscaram uma explicação para a variabilidade pluviométrica do Estado do Paraná e concluiu que o fenômeno ENOS exerce uma significativa influência na distribuição pluviométrica para o Paraná, bem como a orografia desempenha um papel de estimulador ou bloqueador da precipitação pluviométrica no Estado. A Bacia do Ivaí deve ser analisada como parte integrante da região paranaense, que possui as características acima mencionadas.

Studzinski (1995) realizou a correlação da precipitação da região Sul do Brasil com os Oceanos Atlântico Tropical e Pacífico, onde descobriu que os dois oceanos desempenham um papel importante na precipitação dos Estados do Sul, entre eles o Paraná. Esse estudo concluiu também que as variações interanuais das anomalias dessa região estão fortemente relacionadas com o fenômeno El Niño.

Souza (2002) ao propor uma regionalização das chuvas para o Estado do Paraná, descobriu que a região litorânea e a Centro-Oeste do Estado possuem uma maior quantidade de precipitação, bem como, uma maior variabilidade interanual. A autora realizou também, uma correlação das anomalias da precipitação pluviométrica com o índice

da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Pacífico e Atlântico, concluindo que o primeiro apresenta uma relação significativa com a precipitação do Paraná, já o segundo não exerce uma influência mais marcante.

A bacia do Rio Ivaí, objeto de pesquisa deste trabalho, está quase que totalmente localizada na região centro-oeste do Paraná, onde (Souza, 2002) concluiu haver uma quantidade de precipitação maior em relação ao resto do Estado, com uma variabilidade significativa, principalmente em anos considerados anômalos.

Nimer (1979) ao estudar a climatologia do Brasil, definiu a precipitação piuviométrica da Região Sul como sendo bastante homogênea, mas ressaltou que o litoral e a região oeste paranaenses apresentavam uma maior variabilidade nos dias de chuva, proporcionada pela frente polar. Este autor ainda salienta que a circulação atmosférica, principalmente o sistema de correntes perturbadas exerce influência sobre a quantidade de chuva de toda a região sul do Brasil. Sua conclusão foi de que a orografia desempenha um papel preponderante da faixa litorânea, enquanto que a combinação da frente polar com as correntes perturbadas define o ciclo das chuvas na área continental da região.

Baldo *et al.* (2000) realizaram a correlação da TSM com a precipitação do Estado de Santa Catarina, além de relacionar períodos de anomalia da precipitação no Estado com a ocorrência de El Niño e La Niña e concluiu que a relação existe, apesar de não ser tão significativa para toda a área estudada.

Este trabalho tem por objetivo estudar a variabilidade da precipitação pluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí, no Estado do Paraná, procurando relacioná-la com a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, além de estudar os comportamentos

diários, mensais e interanual da precipitação piuviométrica na região.

Através do estudo da variabilidade da precipitação piuviométrica da Bacia do Ivaí, se buscará relacionar extremos climáticos com sistemas frontais e outros fenômenos nessa região de estudo, bem como, diagnosticar situações extremas para estabelecer controle de hidroelétricas e forma de preservar a referida Bacia de erosões.

METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

Foram analisadas 19 séries de precipitação, considerando a distribuição temporal e espacial das séries climatológicas, durante o período de 1974 a 2001. Os dados foram cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), órgão do Governo do Estado do Paraná.

Fez-se a análise estatística utilizando diversos parâmetros, tais como: média, desvio padrão e mediana. Calculou-se também anomalias e amplitudes.

Para a realização desses cálculos foram utilizados os seguintes softwares: *Statística*, *Excel* e *Surfer*. Nesse último também se escolheu o método de interpolação *Kriging*, que oferece uma melhor distribuição espacial das isolinhas da variável estudada (Figura 2 e Tabela 1).

Calculou-se o total areal de precipitação piuviométrica mensal e anual para todas as estações localizadas na área de estudo.

Foram utilizados métodos de classificação não hierárquicos, com a finalidade de dividir a área de estudo em regiões homogêneas. Há diversos métodos de classificação não hierárquicos, tais como: de ligação simples e ligação média, de agrupamento por variância mínima e o método de Ward. Mesmo existindo

Análise da precipitação pluviométrica diária, mensual e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil

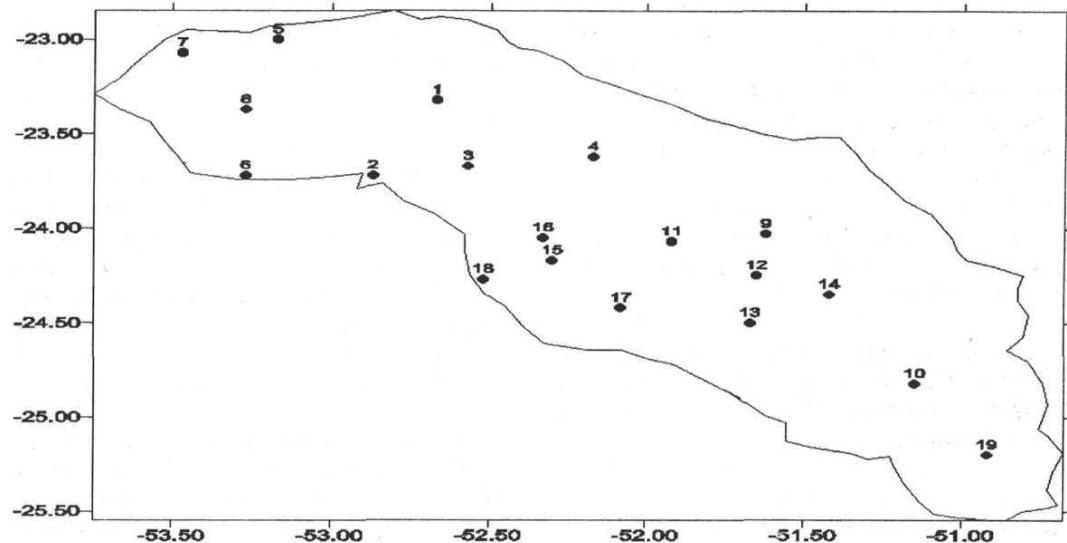


Figura 2. Localização das estações de precipitações pluviométricas dentro da área da Bacia do Rio Ivaí, utilizadas neste trabalho.

Nº	Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Porto Paraíso do Norte	Paraíso do Norte	23°19'00"	52°40'00"	250
2	Tapejara	Tapejara	23°43'00"	52°52'00"	470
3	Cianorte	Cianorte	23°40'00"	52°34'59"	530
4	Sítio Floresta	Ivatuba	23°37'00"	52°10'59"	300
5	Santa Isabel do Ivaí	Loanda	23°00'00"	53°10'59"	400
6	Umuarama	Umuarama	23°43'59"	53°16'59"	480
7	Querência do Nore	Querência do Norte	23°04'59"	53°28'59"	360
8	Douradina	Douradina	23°22'00"	53°16'59"	450
9	Ubá do Sul	Lidianópolis	24°02'59"	51°37'00"	380
10	Tereza Cristina	Prudentópolis	24°49'59"	51°09'00"	550
11	Barra do Ribeirão Taves	São João do Ivaí	24°04'00"	51°55'59"	330
12	Ivaiporã	Ivaiporã	24°15'00"	51°39'00"	360
13	Manoel Ribas	Manoel Ribas	24°30'00"	51°40'00"	972
14	Porto Espanhol	Rio Branco do Ivaí	24°21'00"	51°25'00"	600
15	Barragem Mourão	Campo Mourão	24°06'00"	52°19'59"	615
16	Campo Mourão	Campo Mourão	24°01'59"	52°20'59"	680
17	Iretama	Iretama	24°25'00"	52°05'59"	650
18	Mamborê	Mamborê	24°16'59"	52°31'00"	702
19	Rio dos Patos	Prudentópolis	25°12'00"	50°55'59"	690

algum grau de subjetividade a eleição do método deve ser a mais objetiva possível (Lewis e Torres, 1992). Para realizar o agrupamento das estações estudadas, utilizou-se a sistemática dos diferentes métodos de análise multivariada, chegando-se ao método de Ward, com distância euclidiana, como sendo de melhor representação das áreas homogêneas obtidas.

Foram efetuados cálculos estatísticos para alguns períodos selecionados para cada grupo homogêneo, sendo a maioria deles considerados anos anômalos, em virtude da alta variabilidade da precipitação.

Realizou-se, também, cálculos matemáticos que propiciaram a determinação de valores de anomalia da precipitação (σ), onde X_i é o valor da precipitação anual e \bar{X} é a média da precipitação em todo o período estudado.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com base nos totais mensais de precipitação elaborou-se um gráfico do comportamento médio mensal areal da precipitação piuviométrica da bacia do Rio Ivaí (Figura 3).

Esses valores médios foram obtidos através do cálculo da média para cada mês de todo o período (1974 a 2001), para todas as séries pluviométricas.

O gráfico da Figura 3 possibilita classificar os meses mais secos e mais úmidos, estes meses foram separados em dois grupos de seis meses (período seco: março, abril, maio, junho, julho e agosto; período úmido: setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro).

Nota-se pela análise da Figura 3 que os seis meses mais chuvosos foram aqueles com média de precipitação acima de 140mm. Os seis meses mais secos são os que apresentam valores médios inferiores a 140 mm. Definiu-se os três meses mais chuvosos, doravante denominados de período úmido (janeiro, fevereiro e dezembro) e os três meses mais secos de período seco (junho, julho e agosto), conforme Figura 3. Estes trimestres foram eleitos por apresentarem significativa variabilidade em relação à média climatológica, chegando, em alguns casos, a valores superiores (inferiores) do desvio-padrão positivo(negativo).

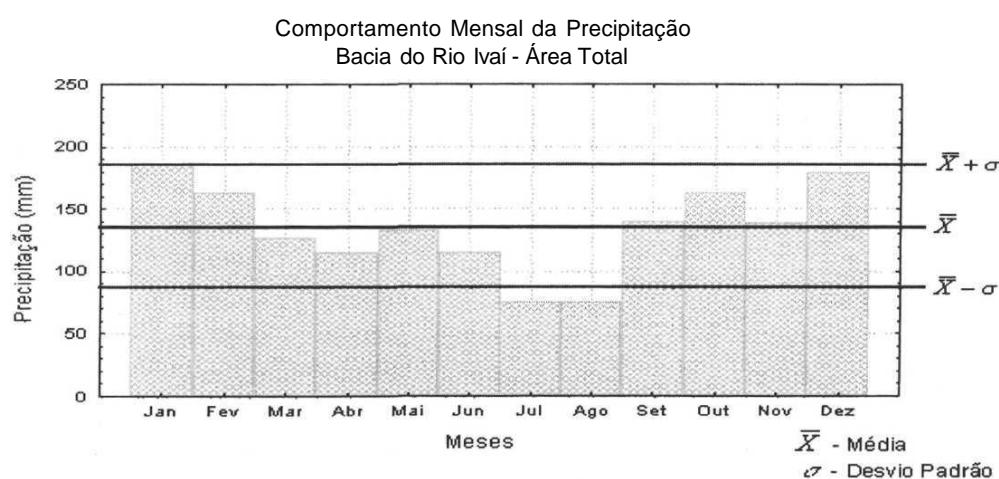


Figura 3. Distribuição mensal e areal da Precipitação Piuviométrica da Bacia do Rio Ivaí.

A Figura 3 apresenta o comportamento mensal da precipitação, através do qual é possível delimitar os meses mais chuvosos e os meses mais secos dentro do período estudado (1974 a 2001). Através da análise daquela figura foi apresentado o método utilizado para definir os períodos úmido e seco da região, ficando determinado que os meses de dezembro, janeiro e fevereiro seriam chamados de período úmido, enquanto que os meses de junho, julho e agosto seriam o período seco.

A partir dessa definição e com base nos cálculos de dias de chuva para toda a região estudada, foi possível elaborar as Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9, que representam a quantidade de dias de chuva para cada mês dos períodos úmido e seco.

Ao se analisar as Figuras 4, 5 e 6, que representam o período úmido, constata-se 6 a 12 dias de chuva por mês, considerando a distribuição espacial e temporal. Convém salientar, que é possível observar um aumento da quantidade de dias de chuva na região centro-sul da bacia.

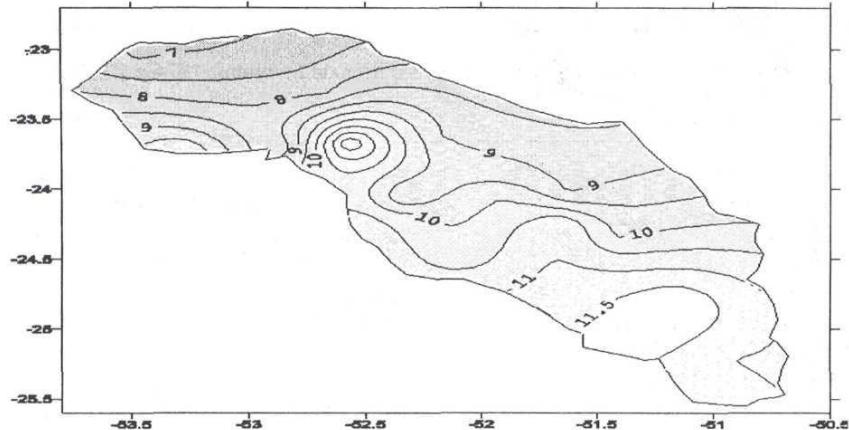


Figura 4. Isolinhas de dias de chuva para o mês de dezembro, 1974 a 2001.

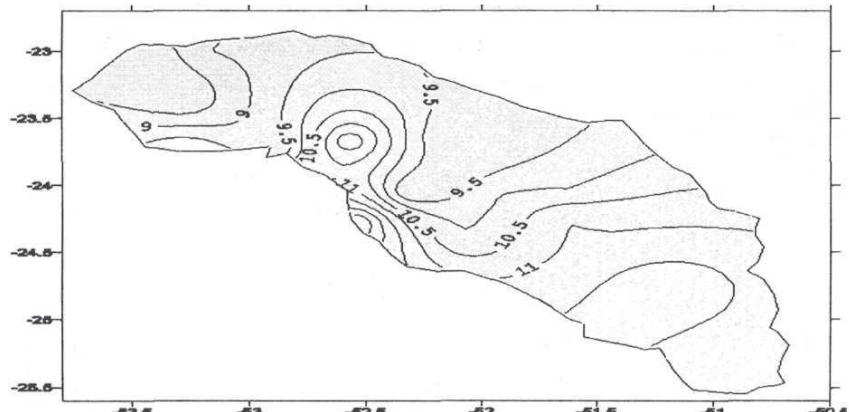


Figura 5. Isolinhas de dias de chuva para o mês de janeiro, 1974 a 2001.

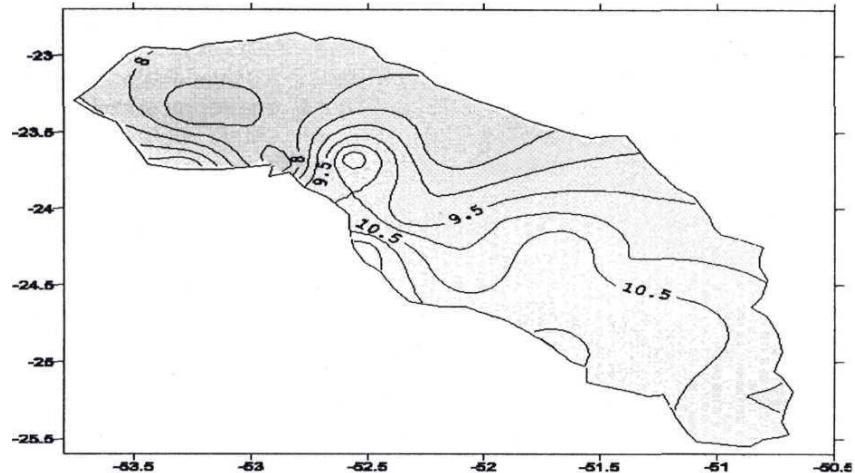


Figura 6. Isolinhas de dias de chuva para o mês de fevereiro, 1974 a 2001.

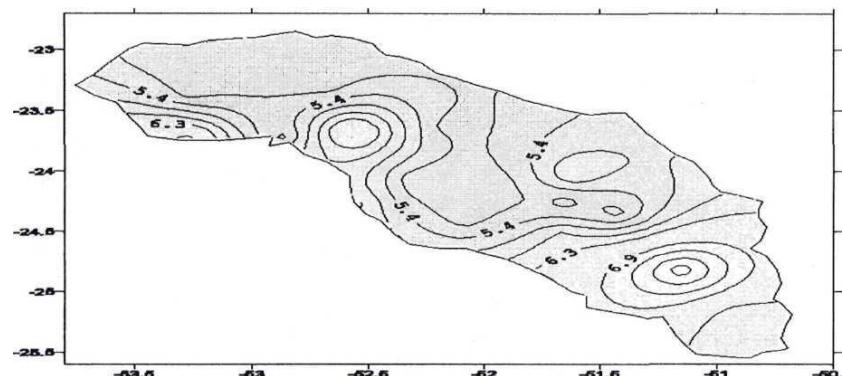


Figura 7. Isolinhas de dias de chuva para o mês de junho, 1974 a 2001.

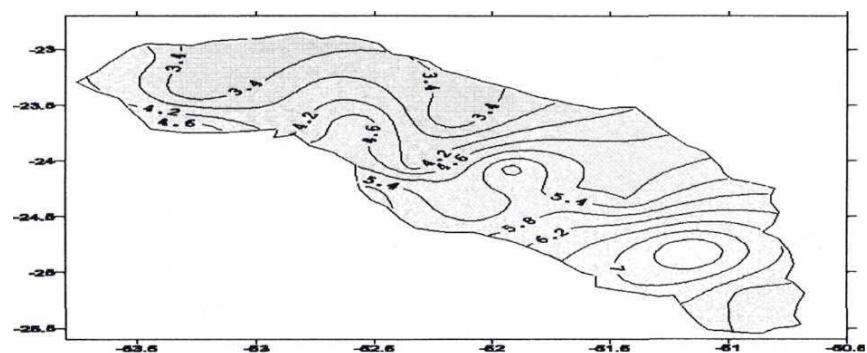


Figura 8. Isolinhas de dias de chuva para o mês de julho, 1974 a 2001.

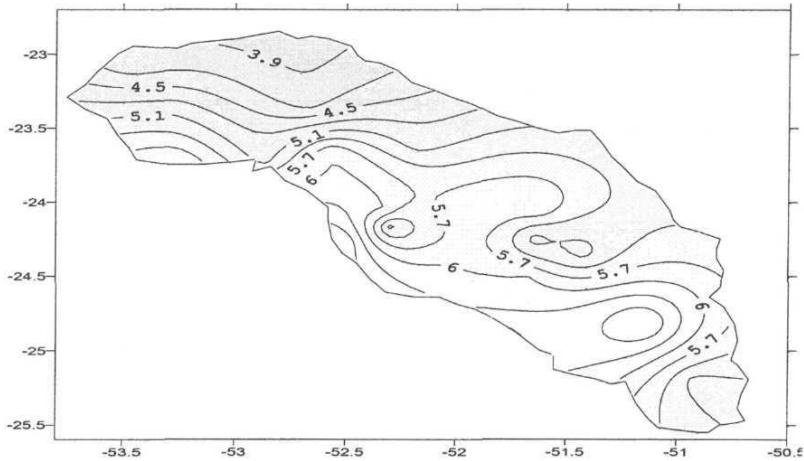


Figura 9. Isolinhas de dias de chuva para o mês de agosto, 1974 a 2001.

Nessa região com maior variabilidade da precipitação, estão localizados os Municípios de Campo Mourão, Iretama e Mamborê. Inclusive, essa variabilidade foi possível notar em todas as figuras apresentadas, ou seja, todos os testes realizados delimitaram essa região como diferenciada.

Já nas Figuras 7, 8 e 9 foi representado o período seco, o qual apresenta uma variabilidade de dias de chuva que vai de três a oito dias, considerando também sua distribuição espacial e temporal. Novamente se confirma a tendência de aumento na região centro-sul.

Através da representação acima, ficou clara a definição de período úmido e seco, pois no período úmido chove no mínimo seis dias por mês, enquanto no período seco o máximo de dias de chuva não chega a oito dias.

Com base em dados totais anuais elaborou-se o gráfico representado na Figura 10. Esta figura torna possível a visualização da distribuição anual areal da precipitação pluviométrica na bacia do Rio Ivaí.

A Figura 10 apresenta o comportamento anual da precipitação pluviométrica, sendo possível observar a variabilidade interanual

existente no decorrer do período estudado. Observa-se que o comportamento interanual na bacia é muito semelhante a variabilidade apresentada em quase toda a região Sul do Brasil, com anomalias positivas associadas aos eventos El Niño e anomalias negativas associadas a eventos La Niña, conforme os períodos apresentados na Tabela 2.

As Figuras 11, 12, 13 e 14, apresentam as isolinhas da mediana, média e desvio padrão para dados anuais e amplitude mensal da região estudada. Os cálculos de média e mediana não apresentaram valores significativamente diferentes e pode-se observar precipitações menores à jusante da bacia (1 300 mm; Figuras 11 e 12). A dispersão está representada na Figura 13 (cálculo realizado através do desvio padrão), a partir da montante da bacia, com maiores valores nessa região. Através da Figura 14 pode-se observar que não há grande amplitude da precipitação na bacia. Todas as análises estatísticas utilizadas confirmam que a distribuição pluviométrica da bacia é significativamente homogênea, destacando-se apenas que a área localizada na parte centro-sul apresenta uma maior variabilidade, mostrando também que nesta área a precipitação é maior, associada com a orografia da região.

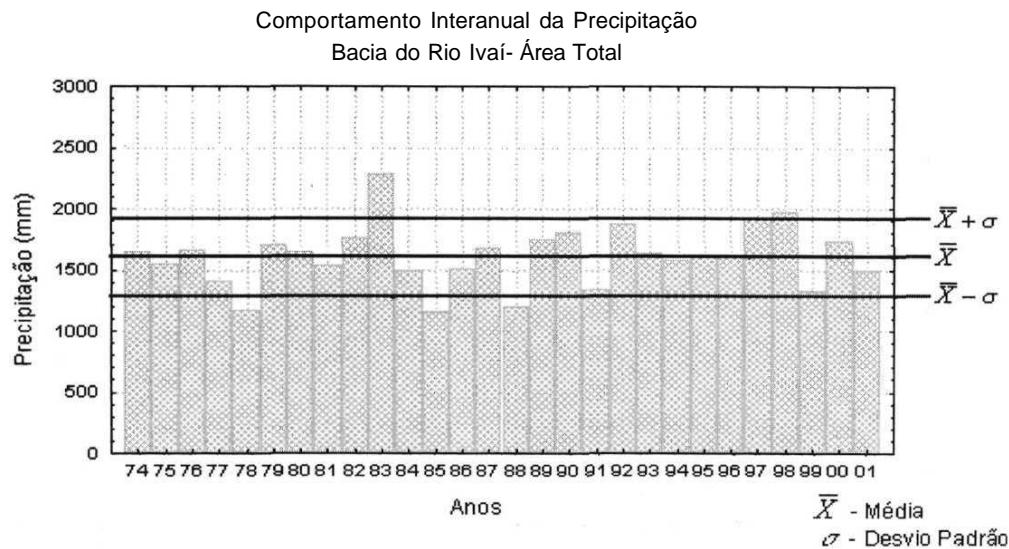


Figura 10. Média areal das 19 estações estudadas: valores totais anuais da precipitação pluvial.

Tabela 2. El Niño e La Niña definidos a partir da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico para a região do El Niño (1+2) e excedendo valores de 0.4°C (positivo ou negativo)

El Niño (1+2)	Duração/Meses	La Niña (1+2)	Duração/Meses
Mar/65 a jan/66	11	Mar/66 a set/66	7
Mar/69 a jan/70	11	Jun/67 a jul/68	14
Fev/72 a fev/73	13	Mar/70 a dez/71	22
Mai/76 a jan/77	9	Abr/73 a fev/74	11
Jun/79 a jan/80	8	Out/74 a jan/76	16
Jul/82 a dez/83	18	Jan/85 a dez/85	12
Out/86 a dez/87	15	Abr/88 a dez/88	9
Nov/91 a jun/92	8	Mai/89 a set/89	5
Fev/93 a jun/93	5	Mar/94 a set/94	7
Out/94 a fev/95	5	Abr/95 a ago/95	5
Mar/97 a out/98	20	Abr/96 a jan/97	10

Na Tabela 2, apresenta-se a classificação de alguns eventos El Niño e La Niña, (Trenberth, 1997), podendo-se observar que esses fenômenos não têm o mesmo período de duração. A classificação desta tabela foi utilizada para confeccionar as isolinhas de alguns eventos importantes.

As Figuras 15, 16, 17, 18, 19 e 20 apresentam as isolinhas de anomalia da precipitação para os anos de 1978, 1982, 1983, 1985, 1997 e 1998, respectivamente. O que se pretende é demonstrar a correlação existente entre a variabilidade interanual (eventos El Niño e La Niña) e a ocorrência de anomalias.

Análise da precipitação pluviométrica diária, mensual e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil

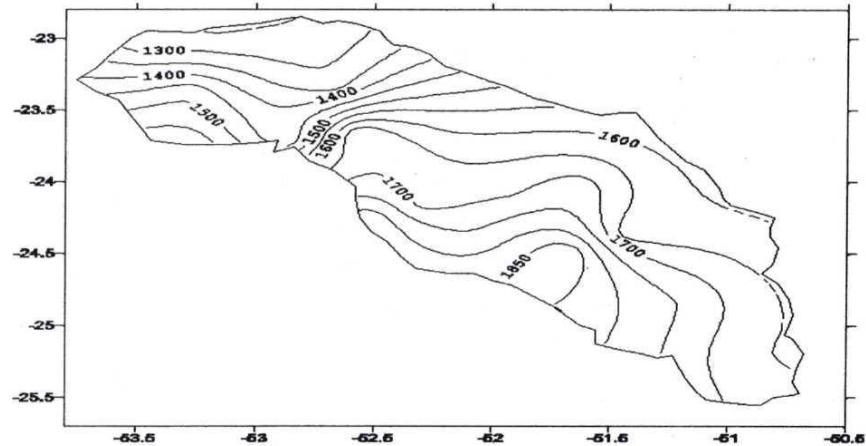


Figura 11. Isolinhas da mediana anual da precipitação, período de 1974 a 2001.

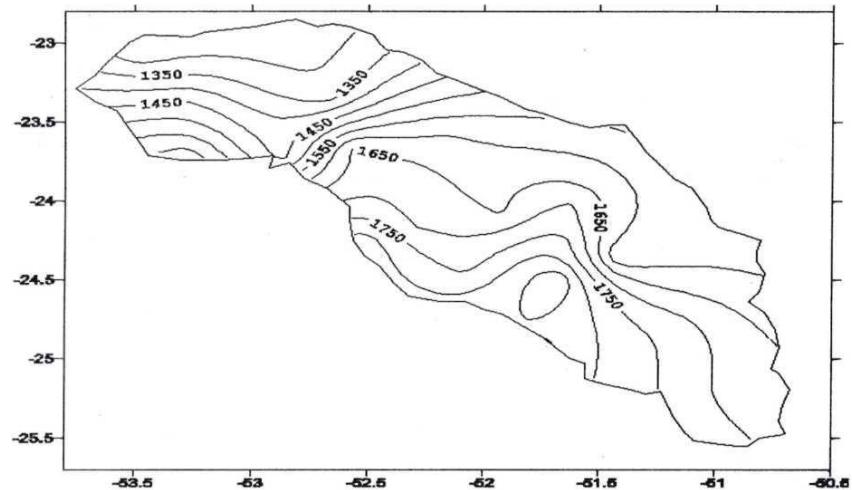


Figura 12. Isolinhas da média anual da precipitação, período de 1974 a 2001.

Os anos de 1982/83 e 1997/98 destacam-se com valores de precipitação pluviométrica significativamente maiores que os valores médios do período de estudo. Estes anos foram classificados de anos de El Niño intenso, Figuras 16, 17, 19 e 20.

O ano de 1985, ano de evento La Niña significativo apresentou valores abaixo da média climatológica da bacia, Figura 11. Na Figura

15 (ano de 1978), embora não seja um ano classificado de La Niña, apresentou precipitação pluviométrica abaixo da média climatológica, sugerindo alguma outra dinâmica de circulação atmosférica para explicar a variabilidade da precipitação na bacia.

Como a região da bacia do Ivaí é extensa (cerca de 36 000 km²), sua área foi dividida em grupos homogêneos obtidos

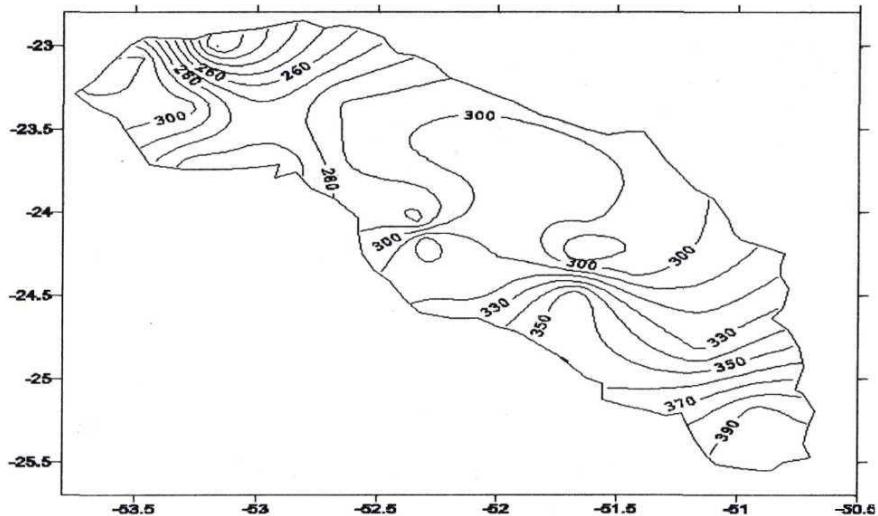


Figura 13. Isolinhas do desvio padrão anual da precipitação, período de 1974 a 2001.

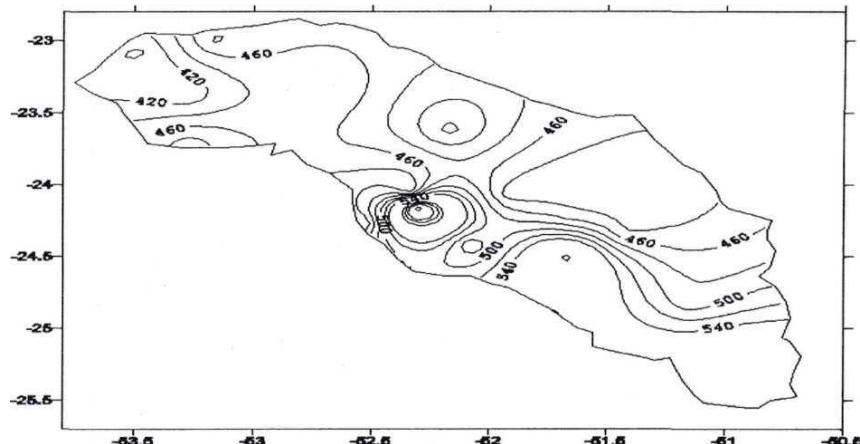


Figura 14. Isolinhas da amplitude mensual da precipitação, período de 1974 a 2001.

a partir da análise multivariada e calculados com base na Tabela 1. Utilizou-se o método de Ward com distância euclidiana, gerando quatro grupos similares para a área de estudo.

O dendograma obtido através do método acima está representado na Figura 21, podendo-se observar que o corte reali-

zado subjetivamente determinou a existência de quatro grupos homogêneos.

Os quatro grupos estão geograficamente divididos da seguinte forma: grupo I (região sul); grupo II (região centro-sul); grupo III -que representa o maior porção do toda a área estudada (região nordeste) e grupo IV (região noroeste), Figura 22.

Análise da precipitação pluviométrica diária, mensual e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil

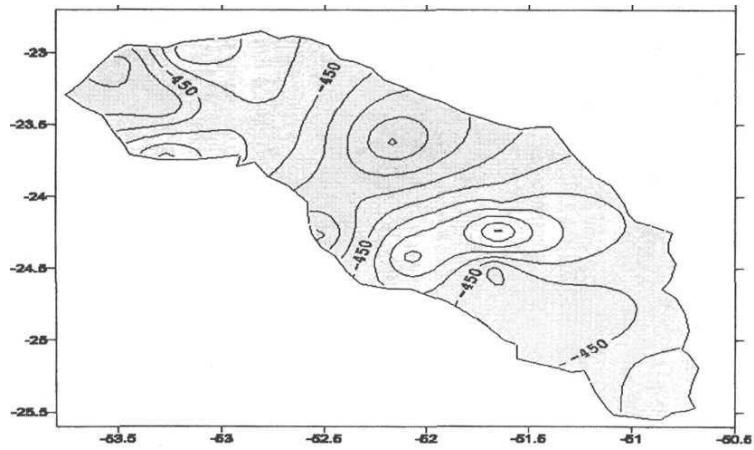


Figura 15. Isolinhas de anomalia do ano de 1978.

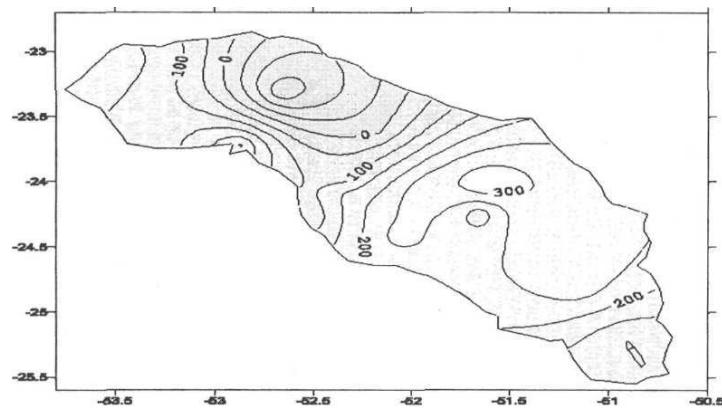


Figura 16. Isolinhas de anomalia do ano de 1982.

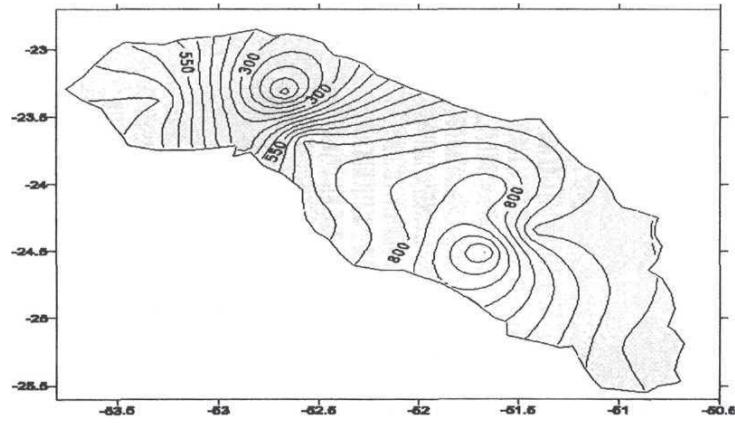


Figura 17. Isolinhas de anomalia do ano de 1983.

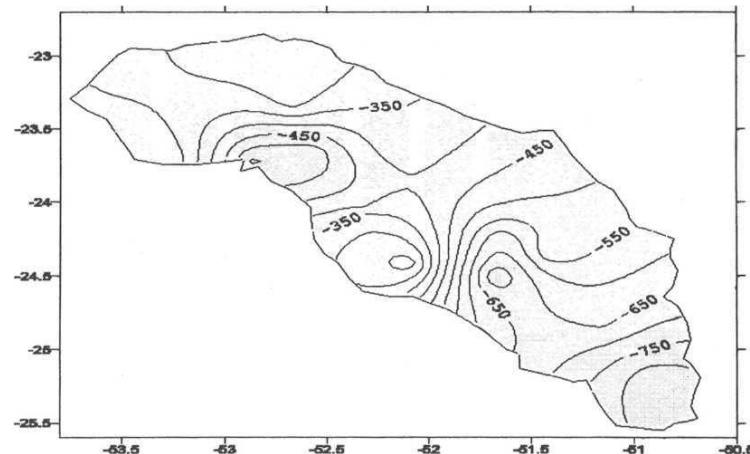


Figura 18. Isolinhas de anomalia do ano de 1985.

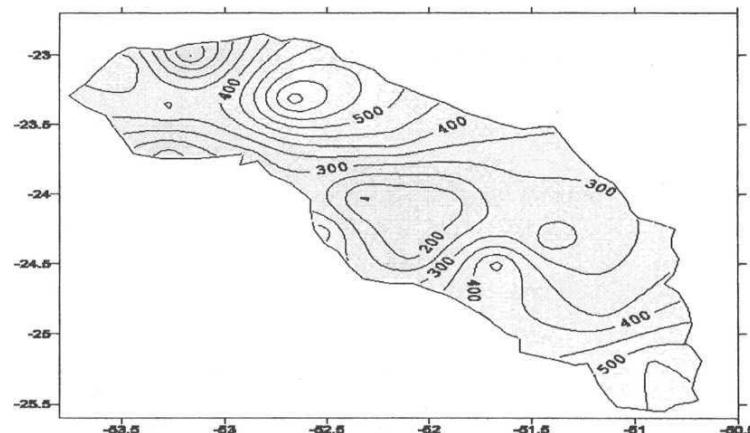


Figura 19. Isolinhas de anomalia do ano de 1997.

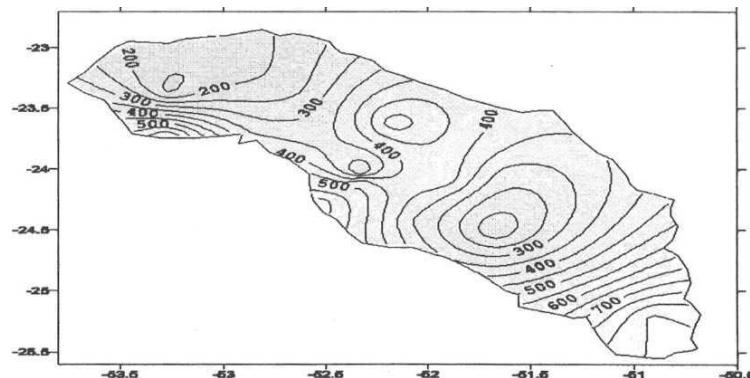


Figura 20. Isolinhas de anomalia do ano de 1998.

Análise da precipitação pluviométrica diária, mensual e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil

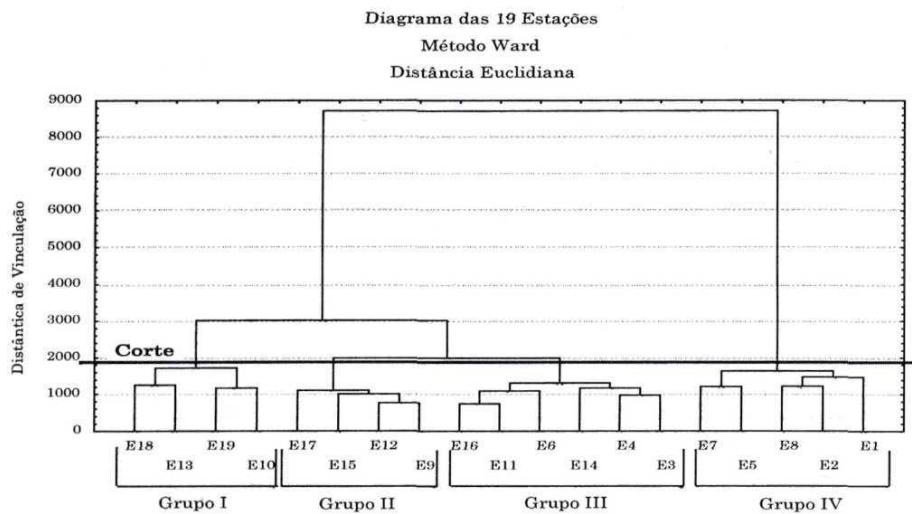


Figura 21. Dendrograma dos grupos homogêneos, segundo o método de Ward.

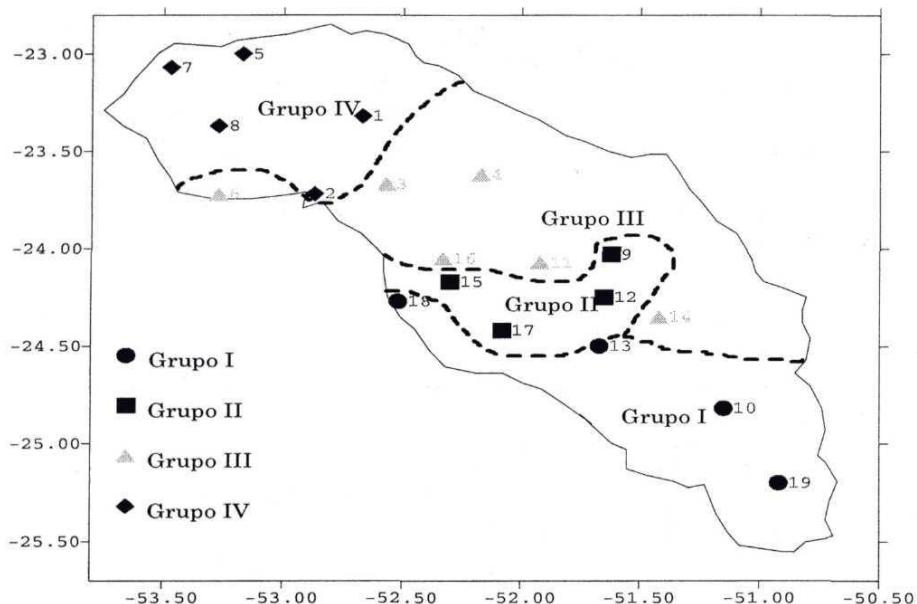


Figura 22. Classificação dos postos pluviométricos segundo a análise multivariada.

Aparecido Ribeiro Andrade y Jonas Teixeira Nery

Tabela 3. Cálculos para o ano de 1978, referente às estações do grupo I

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
10	12	103	94	1237	1	240	60
13	12	113	96	1367	0	258	73
18	12	101	86	1218	4	232	65
19	12	108	94	1298	0	220	60

Tabela 4. Cálculos para o ano de 1978, referente às estações do grupo II

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
9	12	107	104	1294	10	246	74
12	12	132	122	1586	0	294	93
15	12	100	83	1211	0	205	70
17	12	121	112	1456	0	220	78

Tabela 5. Cálculos para o ano de 1978, referente às estações do grupo III

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
3	12	98	66	1187	10	197	76
4	12	79	62	953	4	214	61
6	12	112	99	1348	42	184	52
11	12	102	76	1235	1	217	69
14	12	102	98	1225	0	260	69
16	12	98	99	1186	2	221	62

Tabela 6. Cálculos para o ano de 1978, referente às estações do grupo IV

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1	12	75	85	910	5	164	44
2	12	86	78	1034	14	228	62
5	12	81	63	972	0	213	70
7	12	58	63	700	3	119	35
8	12	74	68	896	9	151	55

Tabela 7. Cálculos do El Niño de 07/1982 a 12/1983 para as estações do Grupo I

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
10	18	173	143	3131	29	482	137
13	18	184	197	3329	18	426	129
18	18	174	117	3139	11	387	129
19	18	153	107	2756	26	348	112

Tabela 8. Cálculos do El Niño de 07/1982 a 12/1983 para as estações do Grupo II

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
9	18	178	181	3211	4	350	115
12	18	169	158	3048	5	384	124
15	18	165	159	2979	18	385	111
17	18	180	131	3249	18	461	144

Tabela 9. Cálculos do El Niño de 07/1982 a 12/1983 para as estações do Grupo III

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
3	18	147	110	2655	35	332	101
4	18	145	125	2620	3	379	113
6	18	150	110	2709	12	377	102
11	18	170	162	3065	21	311	118
14	18	163	141	2944	8	403	125
16	18	158	144	2855	41	393	111

Tabela 10. Cálculos do El Niño de 07/1982 a 12/1983 para estações do Grupo IV

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1	18	92	80	1673	14	257	62
2	18	136	113	2465	33	312	100
5	18	126	84	2280	14	299	97
7	18	131	73	2372	15	374	112
8	18	138	101	2501	25	357	101

Tabela 11. Cálculos da La Niña de janeiro a dezembro de 1985, para as estações do grupo I

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
10	12	90	79	1087	7	291	70
13	12	95	85	1144	20	242	68
18	12	125	101	1507	31	285	85
19	12	70	68	844	13	171	41

Tabela 12. Cálculos da La Niña de janeiro a dezembro de 1985, para as estações do grupo II

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
9	12	99	114	1198	30	148	43
12	12	93	74	1123	23	157	50
15	12	114	60	1371	22	226	85
17	12	125	68	1508	19	352	121

Tabela 13. Cálculos da La Niña de janeiro a dezembro de 1985, para as estações do grupo III

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
3	12	93	73	1120	28	268	70
4	12	103	75	1244	32	215	69
6	12	114	93	1376	29	243	66
11	12	101	82	1213	5	211	61
14	12	86	101	1042	8	133	40
16	12	105	59	1271	23	285	87

Tabela 14. Cálculos da La Niña de janeiro a dezembro de 1985, para as estações do grupo IV

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1	12	86	66	1040	8	207	62
2	12	73	66	878	35	135	31
5	12	82	64	986	2	189	58
7	12	78	78	946	12	161	50
8	12	95	94	1141	20	190	48

Tabela 15. Cálculos da La Niña de abril a dezembro de 1988, para as estações do grupo I

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
10	9	20	0	185	0	185	61
13	9	116	48	1045	0	347	123
18	9	105	71	948	1	258	102
19	9	107	100	964	14	306	88

Tabela 16. Cálculos da La Niña de abril a dezembro de 1988, para as estações do grupo II

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
9	9	105	74	945	0	339	112
12	9	99	65	891	0	283	98
15	9	82	73	738	0	213	77
17	9	97	50	874	0	299	117

Tabela 17. Cálculos da La Niña de abril a dezembro de 1988, para as estações do grupo III

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
3	9	95	79	861	0	250	100
4	9	75	62	677	0	156	67
6	9	107	92	971	0	327	109
11	9	87	63	784	0	215	84
14	9	107	84	969	0	302	99
16	9	93	55	837	0	235	93

Tabela 18. Cálculos da La Niña de abril a dezembro de 1988, para as estações do grupo IV

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1	9	75	47	678	0	259	84
2	9	75	70	683	0	177	64
5	9	102	101	922	48	158	36
7	9	83	40	748	0	231	88
8	9	94	54	848	0	226	94

Tabela 19. Cálculos do El Niño de 03/1997 a 10/1998, para as estações do grupo I

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
10	20	176	186	3523	45	319	90
13	20	180	207	3601	0	398	114
18	20	199	194	3983	38	415	113
19	20	199	219	3992	45	372	108

Tabela 20. Cálculos do El Niño de 03/1997 a 10/1998, para as estações do grupo II

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
9	20	161	150	3232	15	427	106
12	20	164	137	3299	33	375	107
15	20	167	147	3355	26	426	117
17	20	163	151	3267	40	369	101

Tabela 21. Cálculos do El Niño de 03/1997 a 10/1998, para as estações do grupo III

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
3	20	161	146	3223	19	384	117
4	20	168	147	3372	15	423	113
6	20	168	149	3361	15	493	126
11	20	162	161	3257	21	343	109
14	20	152	150	3054	13	295	97
16	20	153	143	3068	31	398	109

Tabela 22. Cálculos do El Niño de 03/1997 a 10/1998, para as estações do grupo IV

Estação	Nº meses	Média	Mediana	Total	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
1	20	134	93	2692	17	346	102
2	20	132	116	2650	14	386	104
5	20	107	67	2141	7	267	82
7	20	123	100	2470	16	316	95
8	20	130	142	2618	10	316	99

A análise das Tabelas 3 a 22 demonstra que os anos de El Niño (82, 83, 97 e 98) apresentam uma precipitação pluvial mais elevada, enquanto os anos de La Niña (85 e 88) a pluviometria é significativamente menor que a média climatológica da região. Essas anomalias pluviométricas são notadas em todos os grupos homogêneos.

As estações do grupo I (montante da bacia) apresentam valores pluviométricos bem mais elevados que as estações do grupo IV (jusante da bacia), demonstrando que existe uma variabilidade espacial de montante para jusante.

Podem-se destacar os anos de 82/83 e 1985, onde se nota um aumento na precipitação no primeiro período e um decréscimo no segundo, ou seja, no El Niño 82/83, que conforme comprova a bibliografia, foi um dos mais intensos ocorrido durante o século XX e observa-se que a precipitação aumenta consideravelmente. No evento La Niña de 1985 a quantidade de precipitação piuvio-

métrica diminui significativamente.

As Figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28 apresentam a freqüência de dias de chuva anual. Buscando uma possível explicação para a variabilidade nos dias de chuva anual foram traçadas isolinhas para média de dias de chuva no período de 1974 a 2001, bem como, para os anos de 1982 e 1983 (El Niño) e 1985 (La Niña).

Ao se analisar as Figuras 23 a 28, que apresentaram as isolinhas de dias de chuva para todo o período (1974 a 2001) e para alguns anos específicos (1982, 1983, 1985, 1997 e 1998), nota-se que na média do período (Figura 23) tem-se em torno de 100 dias de chuva por ano, enquanto nos anos de 1982, 1983, 1997 e 1998 (Figuras 24, 25, 27 e 28), chega-se até 135 dias de chuva, ou seja, houve mais dias de chuva do que o normal. Já no ano de 1985 (Figura 26), a quantidade de dias de chuva está um pouco abaixo do normal, não chegando a 100 dias de chuva no ano.

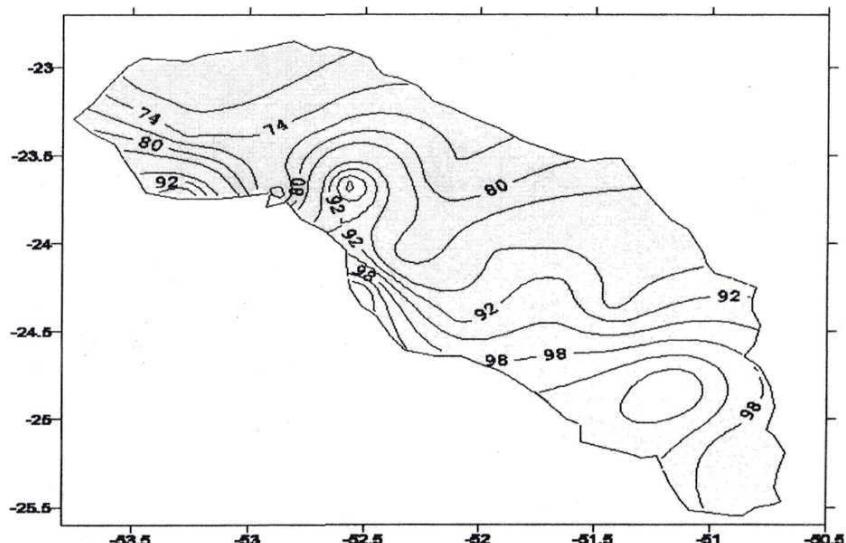
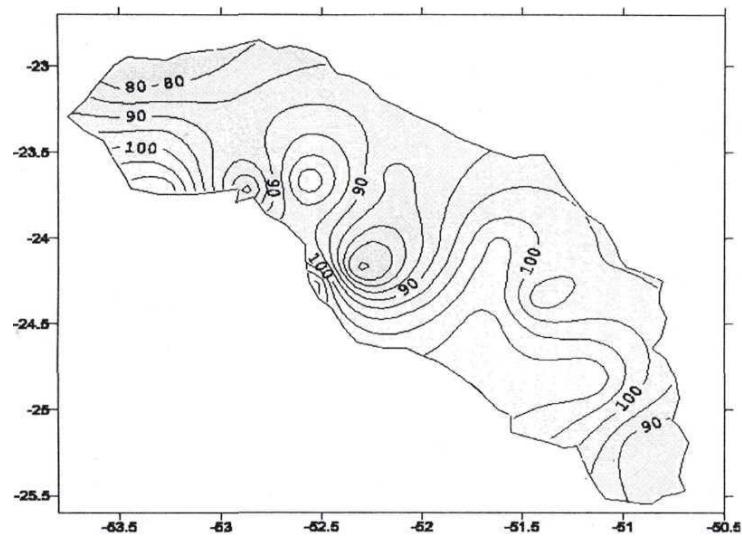


Figura 23. Isolinhas do total anual dos dias de chuva, 1974 a 2001.



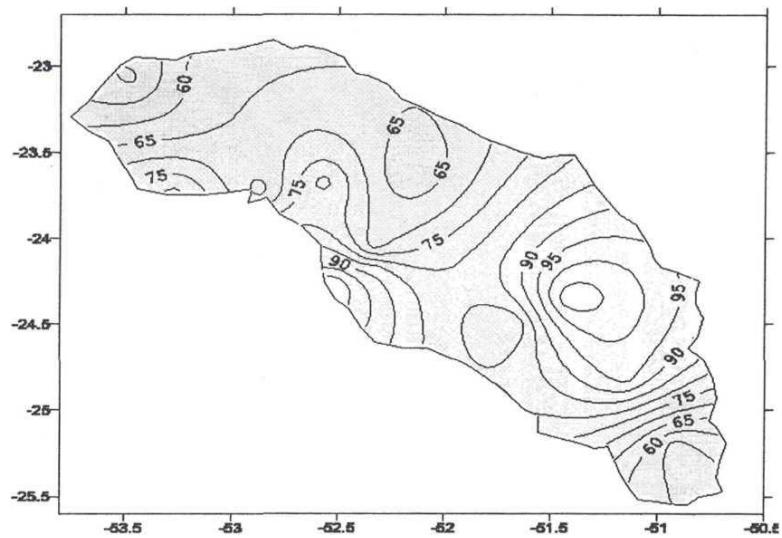


Figura 26. Isolinhas de dias de chuva para o ano de 1985.

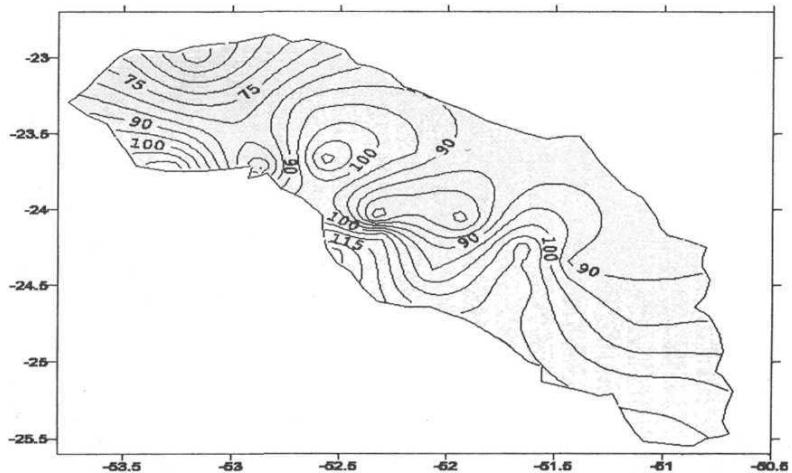


Figura 27. Isolinhas de dias de chuva para o ano de 1997.

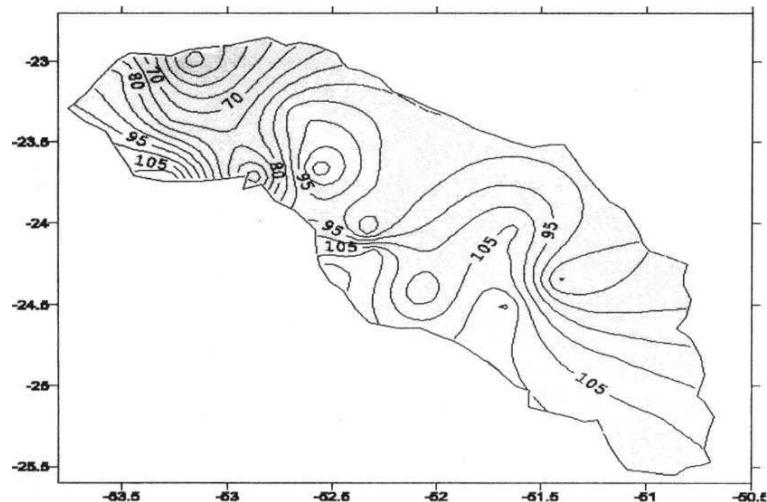


Figura 28. Isolinhas de dias de chuva para o ano de 1998.

CONCLUSÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí apresenta uma definição de períodos úmido e seco, bem marcada. Os meses mais chuvosos estão concentrados no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro e os meses mais secos são junho/julho/agosto.

Quanto à distribuição interanual, sua precipitação pluviométrica é homogênea, ocorrendo variabilidade significativa em anos considerados anômalos, explicados principalmente pela ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña. O que fica bem marcado é a ocorrência de máximos de precipitação nos anos de 1982, 1983 e 1998 e de mínimos nos anos de 1978, 1985 e 1988.

As ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña podem explicar essa variabilidade pluviométrica, pois os anos de máximas e mínimas precipitações são considerados anos da ocorrência de tais fenômenos, com significativa influência em toda dinâmica da região sul do Brasil.

As isolinhas de mediana, média, desvio padrão e amplitude explicam a distribuição

espacial da precipitação pluviométrica na região estudada de forma bem clara. Nota-se que todos os parâmetros estatísticos utilizados confirmam uma concentração da precipitação pluviométrica na região centro-sul da bacia, mais precisamente próximo aos municípios de Campo Mourão, Iretama e Mamborê.

Finalmente, quando utilizado a freqüência de dias de chuva para explicar a variabilidade pluviométrica, confirma-se a tendência de maior concentração de chuva na região centro-sul da Bacia, bem como, que chove mais no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro, enquanto no trimestre junho/julho/agosto a freqüência é bem menor.

O total de dias de chuva também foi utilizado na explicação para o comportamento interanual da precipitação e o resultado foi positivo, ou seja, a conclusão feita através dos parâmetros estatísticos descritos foi a mesma para os dias de chuva. Chove mais do que a média normal da região nos anos considerados anômalos (1982, 1983, 1985, 1997 e 1998).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Sr. Nagashima, técnico da Superintendência de Recursos Hídricos (SUDERHSA), órgão vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Paraná, por ter cedido tão prontamente, os dados de precipitação pluviométrica para a realização do presente trabalho.

REFERENCIAS

- Andrade, A. R. e Nery, J. T. (2002), "Análise preliminar da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ivaí", *Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz do Iguaçu, PR, pp. 1120-1125.
- Baldo, M. C., A. R. Andrade, M. L. O. F. Martins e J. T. Nery (2000), "Análise da precipitação pluvial do Estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do Oceano Pacífico", *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 8, no. 2, Santa Maria-RS, pp. 283-293.
- Ferreira, J. H. D. (2000), *Relação de parâmetros meteorológicos do Estado do Paraná associados com índice da Oscilação Sul*, dissertação de Mestrado em Geografia, UEM, Maringá.
- Grimm, A. M. e VS. E. T. Ferraz (1997), "Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Estado do Paraná: efeitos de El Niño e La Niña", *Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Sociedade Brasileira de Meteorologia, Vitória, ES, pp. 195-214.
- Grimm, A. M., V. R. Barros e M. E. Doyle (2000), "Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events", *J. Clim.*, v. 13, pp. 35-58.
- Kousky, V. e I. F. A. Cavalcanti (1984), "Eventos oscilação sul-El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação", *Ciencia e Tecnologia*, v. 36, no. 11, pp. 1888-1899.
- Lewis, J. P. e P. S. Torres (1992), "Análise multivariada, introducción y su aplicación a la Biología y Ecología", *Rosario Publicación*, Rosario.
- Maack, R. (1981), *Geografia Física do Estado do Paraná*, Livraria José Olympio editora, Rio de Janeiro.
- Nery, J. T., M. C. Baldo e M. L. O. Martins (1997), "Variabilidade interanual da precipitação do Paraná", *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 5, no.1, Santa Maria-RS, pp. 115-125.
- Nery, J.T., E. S. Silva e M. L. O. F. Martins (1994), "Estudo da variabilidade pluviométrica do Estado do Paraná", *Revista UNIMAR*, 16(3), pp. 505-24.
- Nimer, E. (1979), *Climatologia do Brasil*, Superintendência dos Recursos Naturais e Meio Ambiente, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, IBG, Rio de Janeiro, no. 24.
- Rasmusson, E. M. e T. H. Carpenter (1982), "Variations in tropical sea surface wind fields associated with the Southem Oscillation El Niño", *Monthly Weather Review*, v. 10, Washington, D. C, pp. 354-384.
- Ropelewski, C. F. e P. D. Jones (1987), "Na extension of the Tahiti-Darwin Oscillation Index", *Monthly Weather Review*, v. 115, Washington, D. C, pp. 2161-2165.
- Souza, P. (2002), *Análise e regionalização das chuvas no Estado do Paraná e sua relação com o índice de Oscilação do Pacífico e do Atlântico*, Monografia de Bacharelado em Geografia, UEM, Maringá.
- Stoecknius, T. (1981), "Interannual variations of tropical precipitation patterns", *Monthly Weather Review*, v. 109, Washington, D. C, pp. 1233-1247.
- Studzinski, C.D.S. (1995), *Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e sua relação com os Oceanos Pacíficos e Atlântico Tropical e Sul*, tese de Doutorado, INPE, São José dos Campos, Brasil.
- Trenberth, K. E. (1995), "General characteristics of the el Niño-Southern Oscillation", in Glantz, M. H., M. H. Katz e N. Nicholls (eds.), *Teleconnection linking wore/wide climate anomalies*, Academic Press, New York.
- Trenberth, K. E. (1997), "The definition of El Niño", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12):2771-7.