

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO-MESTRADO EM GEOGRAFIA

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DA BACIA DO RIO IGUAÇU-PARANÁ

LUIZ CARLOS DE AZEVEDO

ORIENTADOR: Dr. JONAS TEIXEIRA NERY

MARINGÁ
2006

LUIZ CARLOS DE AZEVEDO

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DA BACIA DO RIO IGUAÇU-PARANÁ

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Geografia, área de concentração – Análise Regional e Ambiental, do Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia, sob a orientação do Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery e co-orientador Prof^a. Dr^a. Maria Tereza de Nóbrega.

MARINGÁ
2006

Dedico:

*Divina Lima de Azevedo e Luiz Gomes
de Azevedo, que sempre me apoiaram e
ajudaram, com carinho.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Jonas Teixeira Nery, pela paciência e dedicação na orientação e elaboração deste trabalho.

A todos do Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual de Maringá-DFI, pela ajuda e apoio.

À minha família, pela compreensão e apoio nos momentos de dificuldades.

Ao meu grande amigo Aparecido pela força, disponibilidade para algumas reuniões.

Ao Eraldo e Américo pela disponibilidade e ajuda prestada quando os procurei.

A Agência Nacional de Energia Elétrica e a Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Paraná, pelos dados fornecidos para a elaboração deste trabalho.

Aos amigos Hélio Silveira e Maria Cleide Baldo pelas sugestões prestadas.

Ao Prof. Dr. Manoel Enrique Guandique que participou da mesa examinadora.

A todos os meus amigos que de alguma maneira me ajudaram, como por exemplo, o Edézio nas viagens até, Maringá. E os demais que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	VIII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1. Apropriação dos recursos hídricos	3
2.1.1. A bacia hidrográfica	3
2.1.2. Utilização dos recursos hídricos e os impactos ambientais	5
2.1.3. As hidrelétricas e a produção de energia no Estado do Paraná	11
2.1.4. Usinas hidrelétricas no rio Iguaçu	15
2.2. Clima : sua escala de abordagem no estudo geográfico	18
2.2.1. Variabilidade climática e frequência da intensidade da precipitação pluvial.....	21
2.2.2. O fenômeno El Niño e sua dinâmica.....	25
2.2.3. O fenômeno La Niña.....	28
2.2.4. Oscilação Sul e a caracterização do ENOS	30
2.2.5. Circulação geral da atmosfera e a interação com o oceano	32
2.2.6. El Niño e o Sul do Brasil.....	36
2.2.7. Dinâmica atmosférica da região Sul do Brasil.....	40

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	42
4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS	52
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	62
5.1. Análise espacial e temporal da precipitação pluvial.....	62
5.2. Análise das anomalias da precipitação pluvial.....	65
5.3. Análise da anomalia através do parâmetro de estatística descritiva	69
5.4. Classificação das áreas homogêneas da bacia do rio Iguaçu	76
5.5. Evolução temporal da precipitação pluvial e índice de anomalia da TSM	78
5.6. Análise da frequência de intensidade de precipitação pluvial.....	85
5.7. Análise dos balanços hídricos.....	88
5.8. Análise da evolução da vazão do rio Iguaçu	94
5.9. Correlação entre anomalias da TSM com anomalia fluviométrica	98
CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mancha de óleo sobre as águas	9
Figura 2 – Usina Hidrelétrica Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz de Areia)-Paraná.....	16
Figura 3 – Usina Hidrelétrica Governador Ney Aminthas de Barros Braga (Segredo) -Paraná.....	16
Figura 4 – Usina Hidrelétrica Usina Salto Caxias - Paraná.....	17
Figura 5 – Usina Hidrelétrica Salto Osório - Paraná	17
Figura 6 – Usina Hidrelétrica Salto Santiago - Paraná.....	17
Figura 7 – Usina Hidrelétrica Santa Clara - Paraná.....	18
Figura 8 – Localização das Usinas Hidrelétricas na bacia rio Iguaçu.....	18
Figura 9 – Enfraquecimento da velocidade dos ventos alísios e aquecimento das águas no Pacífico Tropical.	27
Figura 10 - Intensificação do Jato Subtropical e conseqüente bloqueio dos sistemas frontais.....	28
Figura 11 – Intensificação da velocidade dos ventos alísios e resfriamento das águas no Pacífico Tropical.	29
Figura 12 – Série temporal das anomalias de PNM nas estações de Taiti e Darwin (1978 a 1997).....	30
Figura 13 – Medida do Índice de Oscilação Sul (IOS), destacando alguns períodos de El Niño e La Niña	31
Figura 14 – Comparação dos processos convectivos observados na região do Pacífico Tropical em anos normais e em anos de El Niño e La Niña	32
Figura 15 – Esquema da circulação da atmosfera (célula de Hadley).....	33
Figura 16 – Esquemática da comparação entre a situação normal e a situação de El Niño no Pacífico Equatorial	35
Figura 17 – Localização das áreas de atuação do fenômeno El Niño sobre o Pacífico Tropical.....	35
Figura 18 – Evolução temporal da anomalia da TSM do Oceano Pacífico – 1974 a 2001	35
Figura 19 – Evolução da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de El Niño (1972-73, 1982-83, 1986-87, 1991-94, 1997) e previsão do modelo acoplado oceano-atmosfera do NCEP/NOAA-EUA para a região do Niño 3.	37
Figura 20 – Anomalia de TSM para o período 01/12/2002 a 07/12/2002	38
Figura 21 – Circulação das massas de ar na América do Sul.....	40
Figura 22 – Localização da área da bacia hidrográfica rio Iguaçu	42
Figura 23 – Organização do relevo da bacia do rio Iguaçu	44

Figura 24 – Classificação climática de Köppen	47
Figura 25 – Vegetação da bacia do rio Iguaçu	48
Figura 26 – Localização dos postos pluviométricos na bacia do rio Iguaçu, situados entre os Estados do Paraná e Santa Catarina, no Sul do Brasil.....	52
Figura 27 – Localização dos postos fluviométricos na bacia do rio Iguaçu.....	59
Figura 28 – Altitude (m) da bacia do rio Iguaçu.....	62
Figura 29 – Hipsometria da bacia do rio Iguaçu.....	62
Figura 30 – Média anual da precipitação pluvial (mm) na bacia do rio Iguaçu, período de 1965 a 2002.....	63
Figura 31 – Desvio padrão das precipitações pluviais (mm) para a bacia do rio Iguaçu, no período de 1965 a 2002	64
Figura 32 – Evolução interanual da precipitação pluvial na bacia do rio Iguaçu, 1965 a 2002.....	65
Figura 33 – Anomalia da precipitação pluvial (mm) do ano 1982, na bacia do rio Iguaçu.....	66
Figura 34 – Anomalia da precipitação pluvial (mm) no ano 1983, na bacia do rio Iguaçu.....	66
Figura 35 – Ano 1984, normal da precipitação pluvial (mm), na bacia do rio Iguaçu....	66
Figura 36 – Anomalia de precipitação pluvial (mm) no ano 1985, na bacia do rio Iguaçu.....	67
Figura 37 – Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 1988, na bacia do rio Iguaçu.....	68
Figura 38 – Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 1997, na bacia do rio Iguaçu.....	68
Figura 39 – Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 1998, na bacia do rio Iguaçu.....	69
Figura 40 – Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 2001, na bacia do rio Iguaçu.....	69
Figura 41 – Dendograma para escolha dos grupos homogêneos	77
Figura 42 – Distribuição dos postos pluviométricos nos grupos homogêneos I, II e III .	77
Figura 43 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1982/83	79
Figura 44 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1982/83 (A).....	79
Figura 45 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para ano de 1984.....	80
Figura 46 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para ano de 1984 (A).....	80
Figura 47 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1985	81

Figura 48 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1985 (A).....	81
Figura 49 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1988	82
Figura 50 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1988 (A).....	82
Figura 51 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1997-98	83
Figura 52 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1997-98 (A).....	84
Figura 53 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 2001-02.....	84
Figura 54 – Correlação da precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 2001-02 (A)	85
Figura 55 – Balanço hídrico do Posto Fazendinha - 1982/83	89
Figura 56 – Balanço hídrico do Posto Guarapuava - 1982/83.....	89
Figura 57 – Balanço hídrico do Posto Pérola do Oeste - 1982/83.....	89
Figura 58 – Balanço hídrico do Posto Fazendinha - 1984.....	90
Figura 59 – Balanço hídrico do Posto Guarapuava - 1984	90
Figura 60 – Balanço hídrico do Posto Pérola do Oeste - 1984.....	90
Figura 61 – Balanço hídrico do Posto Fazendinha - 1985.....	91
Figura 62 – Balanço hídrico do Posto Guarapuava - 1985	91
Figura 63 – Balanço hídrico do Posto Pérola do Oeste - 1985.....	91
Figura 64 – Balanço hídrico do Posto Fazendinha - 1988.....	92
Figura 65 – Balanço hídrico do Posto Guarapuava - 1988.....	92
Figura 66 – Balanço hídrico do Posto Pérola do Oeste - 1988.....	92
Figura 67 – Balanço hídrico do Posto Fazendinha - 1997/98	93
Figura 68 – Balanço hídrico do Posto Guarapuava - 1997/98.....	93
Figura 69 – Balanço hídrico do Posto Pérola do Oeste - 1997/98.....	93
Figura 70 – Balanço hídrico do Posto Fazendinha - 2001/02	94
Figura 71 – Balanço hídrico do Posto Guarapuava - 2001/02.....	94
Figura 72 – Balanço hídrico do Posto Pérola do Oeste - 2001/02.....	94
Figura 73 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Fazendinha - 1955 a 2002	95
Figura 74 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Porto Amazonas - 1945 a 2002	95
Figura 75 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Rio Preto do Sul - 1951 a 2002	95

Figura 76 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Jangada - 1946 a 2002 .	96
Figura 77 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Fazenda Maracanã - 1946 a 2002	96
Figura 78 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Santa Clara - 1950 a 2002.....	96
Figura 79 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Usina Cavernoso - 1952 a 2002	97
Figura 80 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Porto Palmerinha - 1955 a 2002	97
Figura 81 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Salto Cataratas - 1955 a 2002.....	97

Lista de Tabelas

Tabela 1 –	Descarga dos rios dos países mais ricos e mais pobres em água do planeta	5
Tabela 2 –	Unidades geradoras de energia da Copel no Estado do Paraná	13
Tabela 3 –	Expansão do consumo e da capacidade instalada de energia elétrica - Brasil 1980/2000.....	14
Tabela 4 –	Consumo de energia – GW/h no Paraná.....	14
Tabela 5 –	- Anos de ocorrência de fenômenos El Niño e La Niña	31
Tabela 6 –	Localização dos postos pluviométricos com suas respectivas latitudes, longitudes e altitudes	53
Tabela 7 –	Eventos El Niño e La Niña desde 1970 até 2002, 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).....	55
Tabela 8 –	Classificação da intensidade de precipitação de acordo com o intervalo de classe	58
Tabela 9 –	Relação dos postos fluviométricos.....	59
Tabela 10 –	Valores críticos do coeficiente de correlação r de Pearson	61
Tabela 11 –	Esatística descritiva El Niño do período de julho/1982 a dezembro/1983.....	70
Tabela 12 –	Esatística descritiva período normal de janeiro a dezembro/1984... ..	71
Tabela 13 –	Esatística descritiva La Niña do período de janeiro a dezembro/1985.....	72
Tabela 14 –	Esatística descritiva La Niña do período de abril a dezembro/1988.....	74
Tabela 15 –	Esatística descritiva El Niño do período de março/1997 a outubro/1998	75
Tabela 16 –	Esatística descritiva La Niña do período de maio/2001 a janeiro/2002.....	76
Tabela 17 –	Percentual de dias com precipitação em relação ao total de dias analisados para os postos pluviométricos de Fazendinha (2), de Guarapuava (17) e Pérola d'Oeste (29).....	86
Tabela 18 –	Percentual correspondente aos intervalos da classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a posto de Fazendinha, no período de 1965 a 2002.....	87
Tabela 19 –	Percentual correspondente aos intervalos da classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a posto de Guarapuava, no período de 1965 a 2002	88

Tabela 20 –	Percentual correspondente aos intervalos da classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a posto de Pérola d’Oeste, no período de 1965 a 2002	88
Tabela 21 –	Correlação da anomalia da TSM do Pacífico com a vazão da bacia do rio Iguaçu.....	99

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi discutir a variabilidade da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do rio Iguaçu, no período de estudo de 1965 a 2002. Para análise, utilizaram-se dados diários, mensais e anuais de precipitação pluvial, cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) do Governo do Estado do Paraná e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) através de alguns parâmetros estatísticos tais como: média, desvio padrão, frequência da precipitação pluvial, análise multivariada e correlação linear, foram realizados cálculos que se constituíram na base estatística para inferências das variabilidades pluviais da bacia. Com dados de temperatura e precipitação pluvial, utilizou-se modelos de balanço hídrico através do método de Thornthwaite e Mather (1955). Também se calculou as anomalias para alguns anos específicos de extremos pluviais. Estas anomalias possibilitaram, a correlação linear entre a precipitação pluvial da bacia e a anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial. Ainda, analisou-se dados de fluviometria da área da bacia, correlacionando-os com a Temperatura da Superfície do Oceano Pacífico. Pode-se considerar a variabilidade da precipitação pluvial na bacia do rio Iguaçu, em períodos anuais e eventuais de El Niño e La Niña e variabilidade espacial da precipitação pluvial, com maior intensidade à jusante da bacia e menor à montante.

Palavras chaves: variabilidade climática, precipitação pluvial, bacia hidrográfica do Iguaçu,

anomalia climática, frequência precipitação pluvial.

ABSTRACT

The objective of this paper was study the rainfall variability in the basin of the river Iguaçu. The period of this study was 1965 from the 2002. It was used given daily, monthly and annual of rainfall dataset. Historical series of precipitation were obtained from Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) of Paraná State Government, and Agência Nacional de Água e Energia Elétrica (ANEEL). Different statistical parameters and used such as: medium, standard deviation and frequency of the rainfall, multivaried analysis, linear correlation. Also one calculated the anomalies for some years of rainfall. The ENOS impacts were assessed through the analysis of rainfall averages and frequency of rains days and correlation between water rainfall and anomaly of the Pacific's SST. The variability of the rainfall in the basin of the river Iguaçu can be observed, in annual and eventual periods of El Niño and La Niña, also was possible to verify the spatial variability, therefore the rainfall is more intense to the downstream of the basin.

Words keys: climatic variability, rainfall, basin of Iguaçu, climatic anomaly, frequency rainfall.

INTRODUÇÃO

As camadas gasosas da Terra são movidas por uma grande fonte energética, responsável pela existência tanto dos seres vivos animais e vegetais, como pela dinâmica que rege o meio físico ou abiótico. As condições ambientais dessas camadas estão condicionadas a dois limites bastante rígidos, ou seja, o “teto”, representado pela camada de ozônio na estratosfera e o “pisso”, correspondente à crosta terrestre (ROSS, 2001).

Pretende-se, com este trabalho, contribuir para estudos relacionados à dinâmica climatológica, atuante na crosta terrestre, especificamente na área da bacia hidrográfica do rio Iguaçu, podendo colaborar para os planejamentos em diversos setores da economia e, principalmente, na geração de energia elétrica, uma vez que o domínio sobre o conhecimento climático tornou-se uma prerrogativa importante para desenvolvimento desses segmentos e também para a agricultura. Além disso, pode-se disponibilizar informações concernentes a anomalias, favorecendo o aproveitamento das condições climáticas constatadas. A análise climatológica fornece subsídios importantes, tanto no que diz respeito ao conhecimento da realidade espacial, quanto ao da organização das atividades econômicas, permitindo a integração de diversas modalidades que possibilitam aperfeiçoar os estudos na questão ambiental. Com isso a área de estudo selecionada foi à bacia do rio Iguaçu que compreende os Estados do Paraná e Santa Catarina. Ainda, analisou-se dados de fluviometria da área da bacia, correlacionando-os com a Temperatura da Superfície do Oceano Pacífico. Considerando a variabilidade da precipitação pluvial na bacia, em períodos anuais e eventuais de El Niño e La Niña.

Um aspecto fundamental da água é o desequilíbrio provocado pelos eventos hidrológicos extremos, relacionados com a dinâmica climática: secas e inundações, por exemplo. As secas trazem enormes problemas à imensa população brasileira, provocando pobreza, desnutrição e êxodo para as grandes cidades. As enchentes, agravadas pelos desmatamentos e pela impermeabilização do solo urbano, são responsáveis por prejuízos econômicos e sociais incalculáveis, pelo risco a saúde e a qualidade de vida dos habitantes das áreas assoladas.

Muito tempo se passou até que o homem percebesse o importante papel desempenhado pelos atributos da atmosfera na organização do espaço. Primeiramente considerado como determinante e, posteriormente, como irrelevante (uma vez que a tecnologia poderia corrigir suas variações), apenas a partir das reflexões de Sorre (1951), *Les fundaments biologiques de la Géographie Humaine*, e das contribuições de Curry (1952),

Climate and economic life, os condicionantes climáticos passaram a assumir seu real papel, ou seja, o de insumo natural nos processos físicos e econômicos (SANT'ANNA NETO, 1998).

Ainda segundo Sant'Anna Neto (1998), as transformações ocorridas nos últimos 100 anos no uso e ocupação da superfície terrestre, provavelmente, trouxeram conseqüências tanto à qualidade ambiental de modo geral, como certamente a mudanças da camada inferior da atmosfera, afetando o regime hídrico das precipitações pluviais e da disponibilidade de água no solo, além do balanço de energia.

Apesar de existir vários trabalhos caracterizando a região da bacia do rio Iguaçu, muitos são voltados à exploração dos recursos hídricos. A Climatologia do Sul do Estado do Paraná e Norte de Santa Catarina se faz importante, ao relacionar os fatores naturais e humanos, demonstrando também a influência do clima sobre a região.

Em regiões tropicais, como o caso da maior parte do território brasileiro, a agricultura assume o papel de principal atividade humana mais intrinsecamente relacionada com os parâmetros climáticos. Curry (1952), afirma que a análise geográfica do clima voltada para a organização do espaço agrícola, se faz necessária. Desta forma, tanto a radiação global quanto os principais elementos do clima passam a ser considerados como agentes econômicos e, portanto, intervenientes na produção e rentabilidade (SANT'ANNA NETO, 1998).

Alguns estudos já realizados no Sul do Brasil mostraram claramente a correlação entre a precipitação pluvial e as condições climáticas do El Niño – Oscilação Sul (ENOS). Em alguns desses trabalhos concluiu-se que, as chuvas possibilitam ou impedem o manejo das culturas existentes no Sul do Brasil (FERREIRA, 2000). Sansigolo e Nery (1998) estudaram a precipitação do Sul e Sudeste do Brasil utilizando análise de fatores de agrupamento, mostrando que a região apresenta grande variabilidade sazonal, com ciclo bem definido.

Através da análise do comportamento diário, mensal e anual da precipitação pluvial da bacia do rio Iguaçu, pode ser feito vários estudos, tais como Índice de Oscilação Sul (IOS); anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico Tropical e Índice de Kraus (KRAUS, 1977), com objetivo de gerar séries que possibilitem a teleconecção entre a precipitação pluvial da bacia e as diferentes oscilações do Oceano Pacífico.

A correlação da variabilidade da precipitação pluvial, na bacia do Iguaçu com o fenômeno ENOS, será estudada buscando a elaboração de uma possível explicação para a distribuição temporal deste fenômeno meteorológico, associado aos eventos El Niño e La Niña.

As características das formas de relevo predominante na bacia poderão ser identificadas como agentes naturais de interferência no clima.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Apropriação dos recursos hídricos

2.1.1 A bacia hidrográfica

O sistema de drenagens continental, que não depende somente da pluviosidade e topografia de uma região, como também da cobertura vegetal, do tipo de solo, da litologia e estrutura das rochas. Terrenos relativamente impermeáveis apresentam densa rede de drenagem, enquanto os mais permeáveis possuem densidade menor.

Dessa forma, cresceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental. Nela é possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico, presente no sistema representado pela bacia de drenagem.

Vários estudos climáticos foram elaborados em bacias hidrográficas como exemplo, Andrade (2003), que analisou a “variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Ivaí” no Estado do Paraná, e constatou a influência do Trópico de Capricórnio e da Massa Tropical Continental à jusante da bacia, e à montante, a influência da orografia do relevo associada com a continentalidade que interferiam no regime de chuvas. Também, Clarke et al., (2003), estudou a “Variabilidade temporal no regime hidrológico da bacia do rio Paraguai”, e apresentou uma explicação para as mudanças das vazões, e considerou que, durante a década de 1960, quando a vazão dos rios estava baixa, os períodos de estiagem (dias consecutivos sem chuva), foram mais longos. A partir de 1970, as mudanças das vazões se justificaram com aumento da precipitação pluvial.

No Brasil pode-se constatar uma quantidade significativa de trabalhos, com estas variáveis clima e hidrologia.

Barth e Barbosa (1999), definem a bacia hidrográfica em uma determinada seção hidráulica de um curso d'água, como sendo: “a área de drenagem contida pelo divisor de

águas definido pela topografia da região, sendo essa seção a única saída da água da chuva que escoando pela superfície do solo contribui para sua vazão”.

A bacia hidrográfica permite várias possibilidades de análise. Assim, o balanço hídrico de massa é um método bastante utilizado, principalmente para se diagnosticar o excesso ou déficit de água no sistema, sua expressão básica é composta por P que corresponde ao volume de água precipitado sobre a área da bacia; E é o volume que voltou à atmosfera por evaporação e transpiração e Q ao volume total de água escoado pela bacia, durante um intervalo de tempo. O termo ΔS refere-se as variações positivas e negativas do volume armazenado no interior da bacia (RICCOMIMI et al., 2000).

$$P - E - Q \pm \Delta S = 0 \quad (1)$$

As pressões sobre os usos dos recursos hídricos provêm de dois grandes problemas que são o crescimento das populações humanas e o grau de urbanização e aumento das necessidades para irrigação e produção de alimentos. A redução no volume disponível e a apropriação dos recursos hídricos em escala maior e mais rápida têm produzido grandes alterações nos ciclos hidrológicos regionais: por exemplo, a construção de barragens aumenta a taxa de evaporação (hidrelétricas), a construção de canais para diversão de água, produz desequilíbrios no balanço hídrico, a retirada de água em excesso para irrigação, diminui o volume dos rios e lagos. Igualmente importante do ponto de vista quantitativo é o grau de urbanização que interfere na drenagem e aumenta o escoamento superficial, diminuindo a capacidade de reserva de água na superfície e nos aquíferos. Os impactos qualitativos são inúmeros e variáveis e têm conseqüências ecológicas, econômicas e sociais e na saúde humana (TUNDISI, 2003).

As bacias hidrográficas brasileiras são grandes fontes dos recursos hídricos disponíveis no mundo, representando, aproximadamente 53% da água doce da América do Sul e 12% da vazão total mundial dos rios.

A maior bacia hidrográfica brasileira é a bacia do Amazonas, representando 72% da vazão nacional, seguidas das bacias do Paraná (6.3%), Tocantins (6%), Parnaíba-Atlântico Norte (3%), Uruguai (2.5%) e Atlântico Sul e São Francisco (ambas com 1.7%). Esta classificação está relacionada à vazão dos rios que compõem cada uma das bacias, que conforme foi apresentado anteriormente, está diretamente relacionado à quantidade de precipitação pluvial e seu escoamento para os rios (HIRATA, 2000).

A bacia hidrográfica do Iguaçu faz parte da bacia do Paraná, ou seja, pertence à segunda maior bacia hidrográfica brasileira. Considerando que a bacia Amazônica é um caso especial, por se tratar da maior concentração fluviométrica do mundo.

O Brasil abriga em seu território, uma das maiores redes hidrográficas do planeta, ocupando o primeiro lugar nas descargas dos rios, em nível mundial, Tabela 1.

Tabela 1 – Descarga dos rios dos países mais ricos e mais pobres em água do planeta.

País	Descarga Média dos Rios (km ³ /s)	País	Descarga Média dos Rios (km ³ /s)
Brasil	6,220	Chipre	900
Rússia	4,059	Israel	750
EUA (incluindo Alasca)	3,760	Jordânia	680
Canadá	3,290	Líbia	600
China	2,800	Singapura	600
Indonésia	2,530	União dos Emirados Árabes	500
Índia	1,850	Gaza	46
Colômbia	1,200	Malta	15
Peru	1,100		
Comunidade Econômica Europeia (15 países)	1,171		

Fonte: Hirata (2000) apud Andrade (2003).

2.1.2. Utilização dos recursos hídricos e os impactos ambientais

A água é um recurso natural imprescindível à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem estar social. Esta idéia já era compreendida pelas civilizações antigas. Segundo Rocha (1998), aproximadamente 4000 anos a.C., já existiam canais de irrigação, galeria, aquedutos, reservatórios e poços de água. A história das civilizações mostra que desde os tempos remotos a água era de importância vital para o desenvolvimento cultural das populações, razão pela qual as grandes cidades formaram-se e desenvolveram nas proximidades de cursos da água como, por exemplo, a cidade do Cairo, localizada às margens do rio Nilo, onde floresceu a civilização egípcia e a cidade de Roma, que se estabeleceu à beira do rio Tibre.

Como a água é um recurso natural fundamental para a existência e manutenção da vida, deve estar presente no meio ambiente em quantidades e qualidades apropriadas para diversos usos. Com as ocupações humanas, determinadas regiões passaram a necessitar de intensa demanda de água, destacando-se os grandes centros urbanos, pólos industriais e as zonas de irrigação, chegando a superar a oferta, que se justifica pelo motivo de quantidade ou qualidade local desta água, prejudicada devido à poluição, que ainda pode gerar graves problemas de desequilíbrio ambiental.

Segundo Azambuja e Macedo (1998), observou-se na década de 90 uma conscientização dos representantes dos órgãos governamentais, da população e dos países desenvolvidos que se refere à necessidade e importância da preservação ambiental e da conservação da água, bem como a consolidação e ativação dos movimentos ambientalistas como forças políticas.

O homem, através da sua intervenção no espaço geográfico, pode alterar as condições naturais e as características das fases do ciclo hidrológico que se apresenta como um sistema fechado no globo terrestre, o intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera, fechando o ciclo hidrológico, ocorrem nos dois sentidos: a) no sentido superfície-atmosfera, em que o fluxo de água ocorre fundamentalmente na forma de vapor, como decorrência a evapotranspiração; b) no sentido atmosfera superfície, em que a transferência de água corre em qualquer estado físico, sendo mais significativas, as precipitações de chuva e neve (TUCCI, 2002).

O uso do solo é fator de importância fundamental, pois o homem através de sua ação provoca o desmatamento e a urbanização, que modifica a dinâmica do ciclo hidrológico. Como exemplo destaca-se a ocorrência de vapor atmosférico que pode ser alterada pela presença de reservatórios, pela modificação da cobertura vegetal e também por alterações climáticas causadas por gases estufa. Determinadas mudanças no regime de precipitações pluviais afetam a disponibilidade de água. Estes problemas podem atingir dimensões internacionais.

A escassez hídrica pode ocorrer devido a dois fatores principais: o natural e o antrópico. No primeiro, leva-se em consideração a condição climática observada, tais como prolongadas secas ausência de vegetação e tipos de solos, ou seja, elementos que fazem parte da natureza dinâmica. Já o segundo está diretamente relacionado ao homem que ao apropriar-se da água, faz uso múltiplo e intensivo desse elemento, como captação para abastecimento, produção de energia, diluição de esgotos industriais e domésticos, lazer, navegação, pesca, entre outros. Spirn (1995) inclui procedimentos inadequados do uso da água, tais como lançamento de efluentes urbanos e industriais nas águas superficiais e desperdícios nos sistemas públicos (vazamentos).

Os mananciais utilizados para abastecimento público vêm sofrendo os efeitos de poluição ao longo dos séculos. Este processo poluidor a partir da Revolução Industrial intensificou a utilização dos corpos de água no recebimento dos esgotos domésticos e indústrias, além de despejos de lixo e desmatamento de sua mata ciliar. Segundo Condini

(1998), manancial é qualquer corpo de água, superficial ou subterrâneo, que forneça água para um determinado uso.

Em geral, os mananciais utilizados para o abastecimento urbano são constituídos pelas cabeceiras de rios, ainda não poluídos. A ocupação inadequada de uma área de manancial provoca a destruição das matas ciliares, causando impacto negativo nos processos naturais de manutenção da vida. A construção de casas, barracos e favelas comprometem a qualidade da água e é responsável pelo desmatamento e assoreamento dos corpos de água, além de constituir-se em risco de vida frente a possíveis deslizamentos na área.

Rocha (1998), considera que a água é o principal meio de transmissão das doenças, especialmente aquelas em que os agentes infecciosos hospedam e reproduz-se, no aparelho intestinal (bactérias, protozoários e vírus). Por outro lado, reconhece que existem doenças que podem provocar até epidemias, causadas por substâncias químicas, inorgânicas ou orgânicas tóxicas adversas à saúde dos seres humanos e presentes nos corpos de água e mananciais, as quais não são percebidas pela aparência e nem pelo gosto.

Para obter o equilíbrio ecológico do meio aquático deve ser mantido, independentemente dos usos que se façam dos corpos de água, as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido e de sais nutrientes na água. Ela não deve conter substâncias tóxicas acima de concentração críticas para os organismos aquáticos.

O esclarecimento que a população possui sobre os problemas relacionados à água e sua preservação está condicionada a ações sociais, campanhas educativas e conscientização do usuário, de forma isolada ou sem continuidade, o que torna as ações insatisfatórias. Estas condicionantes, se bem articuladas, propiciariam a redução do consumo e proteção da água, por meio das ações tecnológicas, a detecção e correção de vazamentos, o reuso de água, a reciclagem de água servida e a mudança do comportamento individual e coletivo.

Para Miller (1998), o modelo de desenvolvimento sustentável em relação ao recurso hídrico deve privilegiar o reuso (utilização por uma segunda ou mais vezes) dos recursos hídricos naturais, bem como promover a reciclagem e a minimização dos impactos ambientais.

A ocupação na área da bacia do rio Iguaçu se dá, através da urbanização, por exemplo, a região metropolitana de Curitiba que se encontra à montante. À urbanização regional, geram problemas ambientais aos seus afluentes, por exemplo, o que ocorre com o rio Barigüi, que deságua uma enorme carga poluidora constituída por esgotos domésticos e industriais proveniente da drenagem urbana. A água da chuva que lava o solo impermeabilizado despeja no rio, uma série infindável de elementos químicos e de sedimentos

provenientes da erosão além, do lixo jogado diretamente em suas águas. Também outros rios de Curitiba, como o Belém, carregam para o Iguaçu enormes volumes de esgotos. Desde sua nascente, fábricas passam a utilizá-lo como área de despejo (Disponível em: <<http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-Cadernos/Agua.asp>>. Acesso em 29/05/04).

A poluição aumenta com a passagem do rio Iguaçu pelos vários municípios, numa sucessão de desastres ambientais cotidianos e crônicos que vão dando continuidade até sua foz.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos provocam, necessariamente, problemas de natureza intersetorial e multidisciplinar. Tratando-se a água de um recurso partilhado pelos mais diversos setores de atividades, não pode deixar de estar sujeita a um regime complexo de utilização e jurisdição que tem evoluído ao longo do tempo. Até os anos 70, centrava-se grande ênfase nos aspectos estritamente técnicos relacionados com aproveitamentos hidráulicos, edificando capacidade e competência tecnológica que, aliás, urge manter. Durante a década de 80, a ênfase derivou para os problemas da engenharia de recursos hídricos e para a elaboração de projetos. No final da década de 90 e princípios do novo século, julga-se que uma parte importante dos esforços deverá incidir sobre o contexto da utilização do recurso, isto é, sobre o conjunto de condicionamentos ambientais, econômico-sociais e institucionais que envolvem e circunscrevem os usos e as funções da água e os processos de decisão a eles relacionados (LANNA et al., 1990).

Para controle e proteção dos recursos hídricos criaram a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa lei culminou em um longo processo de avaliação das experiências de gestão de recursos hídricos e de formulação de propostas. Trata-se de um marco histórico, de grande significado e importância para a gestão dos recursos hídricos no Brasil: a água passa a ser dotada de valor econômico. Pode-se argumentar que a própria instalação dos Conselhos Nacionais de Recursos Hídricos (CNRH), teria implicado em delegação dos encargos de regulação ao Conselho e às suas câmaras temáticas (Disponível em: <<http://www.bancomundial.org.br>>. Acesso em 22/05/04).

Com efeito, nota-se que muitas das resoluções aprovadas cobrem, ao menos em parte, algumas das lacunas existentes na regulamentação da Lei Nacional. A proporcionalidade entre os segmentos de gerenciamento foi definida pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, através da Resolução nº 05, de 10 de abril de 2000, que estabelece diretrizes para formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Segundo esta Resolução no Art 8º, consta que o Comitê deve ser composto por 40%, de representantes dos

usuários da água, no máximo, 40% de representantes dos governos municipais, estaduais, federal e no mínimo, 20% da sociedade civil organizada.

A iniciativa para a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), surgiu porque reclamavam medidas capazes de superar ações de natureza episódica e, a partir desta perspectiva, do reconhecimento da complexidade e das dificuldades inerentes à implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH).

Igualmente, ao sinalizar concretamente suas diretrizes de descentralização, delegando competências e atribuições ao Governo do Paraná através da Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA), para outorga, fiscalização, monitoramento e cobrança pelo uso da água, no âmbito do complexo formado pelas bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira, correspondente à Região Metropolitana de Curitiba, onde os problemas de recursos hídricos apresentam inequívoco caráter local (uso e ocupação do solo, principalmente), não obstante o domínio federal nas calhas principais dos rios Iguaçu e Ribeira (Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/suderhsa>>. Acesso em 22/05/2004).

Como exemplo, pode-se citar o derramamento de petróleo ocorrido em 16 de julho de 2000, na Refinaria Getúlio Vargas (Repar), em Araucária. Com início no rio Birigui afluente do Iguaçu chegando ao município de Balsa Nova, aproximadamente 60Km, à jusante no rio Iguaçu, Figura 1.



Figura 1 – Mancha de óleo sobre as águas.

Fonte: Disponível em: <<http://www.milenio.com.br/corvo/redeverde07-2000.html>>. Acesso em 29/05/04.

Outros tipos de impacto muito freqüente são as usinas termoeletricas que lançam águas com temperatura elevada nos corpos de água; afetando o ecossistema de várias maneiras. As usinas hidrelétricas dependem, em geral, da existência de uma barragem que crie um desnível entre as superfícies livres de água localizadas para um aproveitamento de

energia potencial ou cinética da água. Como conseqüência o rio, a montante da barragem, transforma-se em lago, alterando o ecossistema aquático, pois ele passa de um ambiente de altas velocidades e alta turbulência (rio), para um ambiente de baixas velocidades e baixa turbulência (lago) (BRAGA et al., 2002). Em ambos os casos (termoelétricas e hidrelétricas), os requisitos de qualidade da água são pouco restritivos, a não ser pelo controle de substâncias que possam afetar a durabilidade e manutenção dos equipamentos utilizados.

No primeiro governo de Getúlio Vargas, chamado período do Estado Novo, o Brasil com influência internacional, investiu nos setores básicos da economia, iniciando-se com a siderurgia, petróleo e transportes. Nas décadas de 50, 60 e 70 atingiu praticamente todos os setores estratégicos da economia de base, tais como comunicações, saneamento, energia, transporte, petroquímica, siderurgia, comércio exterior e até mineração, observando-se maior destaque para o desenvolvimento na década de 70, que se deve à importação de tecnologias e da enorme inserção do capital estrangeiro com investimento direto no setor produtivo de bens de consumo (ROSS, 1999).

Sobre o desenvolvimento do setor energético, Ross (1999) afirma:

É nesse contexto de Estado forte, que o setor energético, sobretudo o hidrelétrico, teve um grandioso desenvolvimento e é justamente na região Sudeste, onde isto se manifesta de forma mais acentuada, seguida pela região Sul e Nordeste. Surgem e desenvolvem-se importantes empresas estatais geradoras e distribuidoras de energia elétrica, com destaque para as empresas da União, tais como Furnas, CHESF, ELETRONORTE, ELETROSUL, ITAIPU BINACIONAL e as Estaduais como a CESP, COPEL, CEMIG, ELETROPAULO, entre outras de menor representatividade.

Pode-se constatar o grande e eficiente desenvolvimento tecnológico no setor hidrelétrico brasileiro nas décadas de 60 a 80. Neste período houve intensa atividade no processo de instalação de geradoras e aumento da produção, com poderosas redes de transmissão e retransmissão de energia elétrica interligadas por quase todo o território nacional.

Muitas hidrelétricas em fase de projetos ou em construção no Brasil ficaram paralisadas por quase 10 anos na segunda metade da década de 80, até que se realizaram estudos ligados às questões ambientais para as obras, atendendo a exigência dos órgãos de financiamento internacionais (sob pressão das organizações não governamentais ligadas a questão ambiental) e pelos órgãos ambientais estaduais e federais que se obrigaram a criar leis e resoluções.

De acordo com Ross (1999), das pesquisas ambientais até então desenvolvidas para as hidrelétricas, tanto na Amazônia como nas bacias do Paraná-Uruguai, pode-se listar uma série de impactos de caráter social e ao meio natural, verificados em função dos diferentes momentos de implantação das barragens para geração de energia elétrica.

Na fase de construção pode-se citar: 1) Impactos diretos ao meio físico-biótico, por exemplo, desmatamento para a instalação de canteiros de obras, alojamentos e vila residencial. 2) Impactos diretos no âmbito sócio econômico, por exemplo, crescimento demográfico intenso com surgimento de favelas e deficiência infra-estruturais.

Na fase de enchimento e operação do reservatório: 1) Impactos diretos ao meio físico-biótico, por exemplo, com alteração do regime fluvial do rio, regularização da vazão e erosão e deslizamentos nas margens. 2) Impactos diretos no âmbito sócio econômico, por exemplo, com desalojamento de populações ribeirinhas rurais e urbanas, criação de um falso desenvolvimento que tende a desaparecer.

Ainda destaca-se a fase de conclusão da obra: 1) Impactos com o término da construção, por exemplo, desequilíbrio social pela queda do nível de renda, esvaziamento demográfico com forte emigração urbana.

Para promover o desenvolvimento sócio-econômico no Brasil, há necessidade de produção de energia através das hidrelétricas, que possuem o tempo de vida útil estendendo-se, por 50 a 100 anos dependendo das condições de manutenção e das características naturais e sócio-econômicas do local.

Observa-se a necessidade da preservação do recurso hídrico como fonte geradora de energia elétrica limpa, importante tanto para o fator econômico-social quanto para o ambiental. Esta energia é muito utilizada pelas sociedades modernas, pois, atividades produtivas ou não, necessitam deste recurso.

2.1.3. As hidrelétricas e a produção de energia no Estado do Paraná

A industrialização brasileira se desenvolveu a partir de 1940. Neste período necessitou-se reestruturar o sistema elétrico no sul do país. Surgiram pequenas usinas termelétricas e hidrelétricas com produção de energia gerada em capacidades não superior a 20mW, atendendo a demanda local de consumo.

No ano de 1961, o Governo Federal criou as Centrais Elétricas Brasileiras S. A., denominada ELETROBRÁS. Após sua instalação as empresas estrangeiras pertencentes ao

Grupo American Foreign Power (AMFORP), como a companhia Força e Luz do Paraná e outras passaram a ser subsidiárias e para atuar mais diretamente na Região Sul, a ELETROBRÁS constituiu as Centrais Elétricas do Sul (ELETROSUL), como empresa construtora, produtora e distribuidora de energia (IBGE, 1977).

A ELETROSUL foi fundada em 1968, para fornecer maior produção de energia elétrica, promovendo o crescimento econômico da região, atuando através de empreendimentos e organização de infra-estrutura, sua participação no mercado regional de energia elétrica atingiu 64%, correspondendo a 14% do mercado brasileiro em 1996.

Esta é uma empresa de grande importância para o país, tendo um papel dos mais expressivos na integração energética, econômica e política na Região Sul, Mato Grosso do Sul e no âmbito do MERCOSUL (Mercado Comum do Sul).

No Estado do Paraná, através do poder público, criou-se, em 1954, a Companhia Paranaense de Eletricidade S.A. (COPEL). Em 1956, agregaram-se a empresa os Serviços de Luz e Força de Maringá, Apucarana, Pirapó, Cambira e Campo Mourão, antes administrados pelo Governo do Estado.

Foi construído na década de 60, pela COPEL, as pequenas Usinas Melissa, Ocoí, Chopim 1, Mourão 1, Salto Grande do Iguaçu e Figueira. Estas usinas amenizaram a falta de energia no Estado do Paraná, mas não foram suficientes, pois Curitiba necessitava de grande quantidade de energia, devido o seu desenvolvimento e como recurso recebeu parte da energia produzida no Estado de São Paulo.

Os racionamentos eram constantes e o número de consumidores crescia assustadoramente em todas as categorias: entre 1960 e 1970, os consumidores residenciais passaram de 17.055 para 126.528; o número de ligações industriais saltou de 96 para 1.833 e as localidades atendidas cresceram de 14 para 245. No início da década de 70 foram concluídas as Usinas: Salto Grande do Iguaçu, Julio de Mesquita Filho e Capivari-Cachoeira – obra que representou um passo fundamental na constituição da infra-estrutura indispensável para a aceleração do desenvolvimento paranaense. Salto Osório (construída pela COPEL, por delegação da ELETROSUL) e Foz do Areia foram, nos anos 70, os dois maiores projetos da Companhia, (Disponível em: <<http://www.copel.com.br>>. Acesso em 29/05/2004).

Os anos 80 marcaram a inauguração da Usina Hidrelétrica de Foz do Areia, em 12 de dezembro de 1980, com unidades geradoras que eram então as maiores do Brasil (4 x 419mW). Com a operação da Foz do Areia, a geração própria da COPEL atingiu 2.9 bilhões de kWh, contra 1.9 bilhões do ano anterior. Iniciaram-se estudos visando ao empreendimento da Usina de Segredo (1.260 mW, inaugurada em setembro de 1992) e seu complemento com a

derivação do Rio Jordão (concluída em 1996), assegurando-se a outorga da concessão para construir a Usina Hidrelétrica de Salto Caxias (1.240mW, inaugurada em março de 1999). Atualmente, em termos percentuais, a COPEL responde sozinha por algo como aproximadamente, 7% de toda a eletricidade gerada no Brasil, através de suas unidades geradoras, Tabela 2.

A geração de energia é também, um fator importante na economia do Estado do Paraná. A variabilidade da precipitação pluvial é um condicionante essencial no planejamento dessa atividade. Além do conhecimento do regime pluviométrico, do ponto de vista climatológico, é necessário o conhecimento do impacto das variações climáticas, sobre a chuva. Isso permite adequar o planejamento a essas variações e tornar mais eficiente e racional a utilização de recursos hídricos (GRIMM & FERRAZ, 1997).

Tabela 2 – Unidades geradoras de energia da Copel no Estado do Paraná.

Geração Própria	Potência Instalada (mW)
Hidrelétricas	4,530
Gov. Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz de Areia)	1,676
Gov. Ney A.de Barros Braga (Segredo)	1,260
Salto Caxias	1,240
Gov. Parigot de Souza (Capivari – Cachoeira)	260
Guaricana	36
Chaminé	18
Outras	40
Total	4,530

Fonte:Disponível em:<<http://www.copel.com.br>>. Acesso em 29/05/2004.

Ao longo das últimas décadas, a oferta de energia tornou-se insuficiente para fazer frente ao crescimento da demanda em todo o Brasil. Houve necessidade de se buscar alternativa para a produção de energia elétrica com o intuito de suprir as faltas e evitar os “apagões” que foram realidade na estiagem do ano de 2002, especificamente em algumas importantes regiões do país, tais como sudeste, nordeste e centro-oeste do Brasil.

O consumo de energia elétrica aumentou, aproximadamente, 165% em vinte anos, no período entre 1980 a 2000. Constatou-se que a capacidade instalada de geração cresceu, aproximadamente, 122%, causando evidente descompasso, conforme mostra a Tabela 3.

No Estado do Paraná o consumo acumulado até o mês de junho de 2004 foi de 8.799GW/h, comparando com o mesmo período para o ano de 2003 (8.652GW/h), ocorrendo um aumento de 1.7% no consumo dividido em várias classes de uso, conforme a Tabela 4.

O Instituto Ilumina (2004), cita que no editorial do jornal Gazeta Mercantil, em reportagem editada no dia 02 de abril de 2003, noticiou-se, claramente, a perspectiva para os próximos anos:

O setor elétrico brasileiro vive um vácuo de políticas públicas de longo prazo. Essa é a razão pela qual o Brasil corre o risco de enfrentar nova crise de abastecimento de energia elétrica em 2005, possibilidade já vislumbrada por agentes do setor e admitida por representantes do Governo Federal ligados a área (DISPONÍVEL em: <<http://www.institutoilumina.com.br>>. Acesso em 28/05/2004).

Tabela 3 - Expansão do consumo e da capacidade instalada de energia elétrica - Brasil 1980-2000

Anos	Consumo	Capacidade Instalada
1980	100,0	100,0
1983	116,3	120,6
1985	142,2	134,4
1990	177,9	164,8
1995	215,8	183,5
2000	265,5	222,6

Fonte:Disponível em: <<http://www.ilumina.org.br/de95a2000.html>>. Acesso em 28/05/2004.

Tabela 4 - Consumo de energia – GW/h no Paraná.

Consumo de Energia – GW/h	Acumulado		
	Jun/2004	Jun/2003	%
Classes			
Residencial	2,235	2,204	1,4
Industrial	3,502	3,535	-1,0
Comercial	1,522	1,442	5,6
Rural	681	635	7,2
Outros	859	836	2,7

Fonte:Disponível em: <<http://www.copel.com.br>>. Acesso em 29/05/2004.

Ainda complementa que Guedes Filho et al., 2002, em sua obra Energia – as razões da crise e como sair dela, afirma que:

A crise tornou mais do que evidente a necessidade de investir no setor. Segundo o planejamento indicativo da Eletrobrás, até 2010 é preciso aumentar a capacidade de geração nos sistemas interligados em 46.204 megaWatts no ‘cenário de referência’, o cenário básico de trabalho desse órgão ou em 53 mil megaWatts em um cenário de crescimento mais elevado da economia, chamado pela Eletrobrás de ‘mercado alto’. O ‘cenário de referência’ usado para esse planejamento considera um crescimento da oferta de 5.3% ao ano entre 2001 e 2010, com acréscimo de 27.635 megaWatts no final do período (DISPONÍVEL em: <<http://www.institutoilumina.com.br>>. Acesso em 28/05/2004).

No site: www.cidadesdobrasil.com.br (2004) faz importante menção ao assunto, ao afirmar que:

O Paraná vai apoiar a construção de pequenas usinas hidrelétricas pela iniciativa privada. Foi criado o Programa de Geração Distribuída - Projedis, que prevê a construção de hidrelétricas e termelétricas com baixíssimo impacto ambiental. Isso significa novas oportunidades de emprego e de crescimento para o estado (DISPONÍVEL em: <<http://cidadesdobrasil.com.br>>. Acesso em 29/05/2004).

Observa-se que o Brasil possui um potencial hidrelétrico da ordem de 200 mil mW/h para ser explorado, chegando a atingir o dobro da capacidade instalada. Isto é possível com a construção de pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Este potencial se localiza principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde se apresentam em condições favoráveis para a produção e transmissão dessa energia.

No Paraná a disponibilidade de seu potencial energético produzido pelas suas usinas é de 27.359GW/h, segundo dados estatísticos de 1990. Desse total, fornece 18.304GW/h para outros estados e também para o exterior.

2.1.4. Usinas hidrelétricas no rio Iguaçu

O rio Iguaçu possui aproximadamente, 900Km, constituindo em uma extraordinária e diversificada paisagem. É um rio geologicamente antigo, caracterizado por corredeiras e saltos alternados com meandros com curvaturas amplas e várzeas extensas. Com estas características, suas cabeceiras foram intensivamente exploradas para a extração de areia, e seu curso médio sofreu ao longo dos últimos 20 anos, sensíveis alterações conseqüentes da implantação de grandes barragens. Com estes represamentos o rio apresenta 35% de sua extensão transformada em lagos artificiais (PARANÁ, 1988).

As principais usinas hidrelétricas da bacia do rio Iguaçu são:

1-Usina Governador Bento Munhoz da Rocha

É a maior usina da COPEL, com capacidade de 1.676mW de potência, Figura 2. Está localizada no rio Iguaçu, a 5Km da jusante da foz do rio Areia, a 240Km de Curitiba, no município de Pinhão, Figura 8.

Segundo a COPEL (2004), devido a uma prolongada estiagem de 1977 a 1978, que provocou racionamento de energia em Curitiba, as obras de construção desta usina foram aceleradas permitindo sua inauguração em 12 de dezembro de 1980. Suas unidades geradoras eram, então, as maiores em operação no Brasil.



Figura 2- Usina Governador Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz de Areia)-Paraná.
Fonte: Maria Teresa de Nóbrega (2004).

2- Usina Hidrelétrica Governador Ney Aminthas de Barros Braga

É a segunda usina da COPEL em potência instalada (possui capacidade de 1.260mW, Figura 3. Está localizada no rio Iguaçu, a 2Km da montante da foz do rio Jordão, no município de Mangueirinha, a aproximadamente 285Km de Curitiba), conforme a Figura 8.



Figura 3 - Usina Hidrelétrica Governador Ney Aminthas de Barros Braga (Segredo) - Paraná.

Fonte: Disponível em: <<http://www.copel.com.br>>. Acesso em 29/05/2004.

3- Usina Hidrelétrica Salto Caxias

A Usina Hidrelétrica Salto Caxias é uma das mais importantes da COPEL e possui capacidade de 1.240mW de potência, Figura 4. Está situada no município de Capitão Leônidas Marques, a 600Km de Curitiba, (Figura 8).

4-Usina Hidrelétrica Salto Osório

Localizada no município de Quedas do Iguaçu, no Paraná, Figura 8 iniciou sua operação em 1975 e foi ampliada em 1980. Possui seis geradores de 175mW e sua capacidade instalada é de 1.050mW. Seu reservatório ocupa a área de 55Km², Figura 5.



Figura 4- Usina Hidrelétrica Salto Caxias – Paraná
 Fonte: Disponível em: <<http://www.copel.com.br>>. Acesso em 29/05/2004.



Figura 5 -Usina Hidrelétrica Salto Osório – Paraná.
 Fonte: Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br>>. Acesso em 18/05/04.

5- Usina Hidrelétrica Salto Santiago

Localizada no município de Saudades do Iguaçu, Paraná (Figura 8), iniciou sua operação em 1980. Possui quatro geradores de 355mW e sua capacidade instalada é de 1.420mW. Seu reservatório ocupa a área de 208Km², Figura 6.



Figura 6 – Usina Hidrelétrica Salto Santiago – Paraná.
 Fonte: Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br>>. Acesso em 18/05/04.

6- Usina Hidrelétrica de Santa Clara

Localizada no rio Jordão entre os municípios de Pinhão e Candói (Figura 8), na região central do Paraná com 120 mW de potência (Figura 7). Foi inaugurada no dia 29 de setembro de 2005, fazendo parte de um complexo energético juntamente com a Usina Fundação prevista para entrar em funcionamento no segundo semestre de 2006, com a mesma capacidade. E outras duas pequenas centrais hidrelétricas (PCH), estas agregarão ao complexo mais 5,9 mW (Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 15/10/05).



Figura 7 – Usina Hidrelétrica Santa Clara – Paraná.

Fonte: Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 15/10/05.

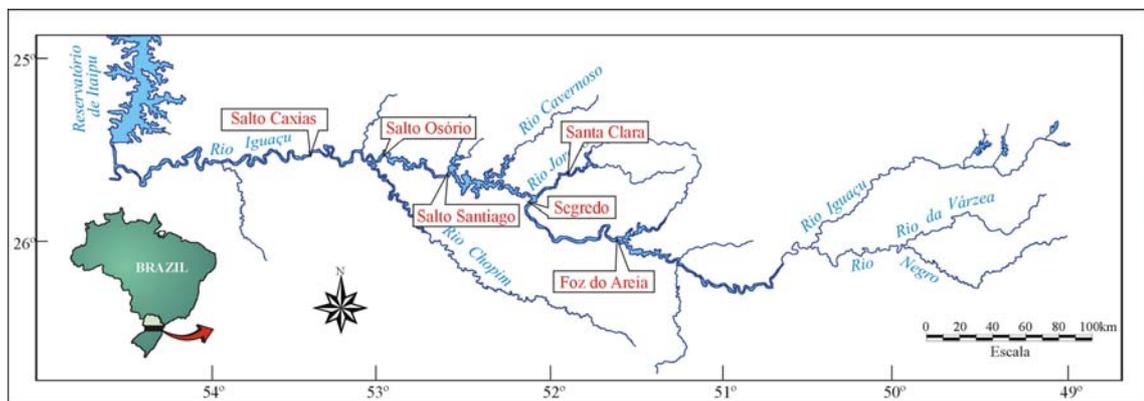


Figura 8 – Localização das Usinas Hidrelétricas na bacia rio Iguazu.

Fonte: Azevedo (2005).

2.2. CLIMA : sua escala de abordagem no estudo geográfico

Ao se realizar qualquer estudo na área geográfica, deve-se considerar a escala de abordagem que se utilizará, proporcionando clareza na análise dos resultados obtidos.

Existem duas maneiras distintas de se utilizar escalas de abordagem, uma é a espacial a outra temporal. Segundo Bessat (2003) para o clima tem-se um grande espectro de

escalas temporais (diária, mensal, sazonal, anual, decenal e de períodos mais longos) e espaciais (escala local ou micro, regional ou meso e global ou macro).

Monteiro (1999), faz uma observação sobre as diferentes escalas geográficas do clima:

Se a escala zonal generaliza, pelas leis gerais da influência da latitude sobre a radiação – fundamento básico da energia terrestre – e a escala local diversifica e multiplica, pela influência dos múltiplos e pequenos fatores das diferentes esferas do domínio geográfico, a escala regional lhes dá a verdadeira unidade geográfica .

A escala temporal ao se tratar de fenômenos climáticos deve ser escolhida, segundo o objetivo a ser estudado, no entanto, o período de 30 anos, (uma série climatológica) é considerado como sendo o mínimo para se analisar o comportamento dos fenômenos climáticos.

Para a escolha da escala espacial é necessário além do objetivo, ter também o objeto de estudo em sua grandeza particular (local, regional ou global). Assim utiliza-se em busca de melhores análises a escala do geossistema, pois se pode analisar uma série de dados e fenômenos da paisagem com maior riqueza de detalhes possíveis, buscando a necessária inter-relação entre eles (RODRIGUES, 2001).

O geossistema teve sua origem a partir da Teoria Geral dos Sistemas, formulada pela escola russa através de Sotchava em 1960, mas difundida no Brasil por Bertrand em 1968, promove o reconhecimento de unidades espaciais com características elementares, relacionais e dinâmicas, semelhantes entre si, mesmo incluindo-se o antrópico (RODRIGUES, 2001).

Sotchava (1976), propôs uma divisão taxonômica para a análise geossistêmica que se permite usar qualquer objeto da Geografia, Biologia ou Ecologia como instrumento de pesquisa. O que não exclui a possibilidade ou existência de “sistemas totais que representem sistemas geográficos, econômicos, sócias e técnicos”.

Bertrand (1972), define que a classificação deve ser proposta em função da escala temporo-espacial. Haveria unidades superiores, compatíveis com as “zonas”, “domínios” ou “regiões naturais” e unidades progressivamente inferiores, que definiriam os “geossistemas”, “geofáceis” e “geótopos”.

Através desta concepção o geossistema poderia englobar três formas de análise: a global, regional e a topológica, com suas especificidades particulares e interligadas.

Entre as várias discussões sobre a dificuldade de se expressar à dinâmica social dentro da teoria de geossistema, notou-se que outras considerações poderiam ser formuladas

com o intuito de explicitar o quadro de referência para a aplicação da proposta. Esta seria realizada, por exemplo, por organogramas representativos de geômeros ou de outros tipos de representações, tais como perfis transversais (RODRIGUES, 2001).

A bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde os fins dos anos 60 e pode ser classificada como um geossistema, contudo, durante a última década, foi incorporada pelos profissionais das Ciências Ambientais, como célula básica de análise ambiental. A bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem (BOTELHO & SILVA, 2004).

Na análise de um geossistema a questão ambiental pode ser enfocada, de acordo com Pires e Santos (1995), qualidade ambiental pode ser definida como a soma dos padrões encontrados nos diversos componentes que nos cercam e influenciam diretamente nossa vida: qualidade da água, do ar, estética, dentre outros. É preciso entender qualidade ambiental como reflexo da ação do homem sobre o espaço e seus componentes em um dado momento. Os diferentes níveis de qualidade encontrados são variáveis no tempo e no espaço e são dependentes das demandas e usos dos recursos naturais por parte das sociedades marcadas econômica e culturalmente de formas variadas.

O clima e as variações climáticas exercem grandes influências sobre a sociedade. Ayoade (1996), define que clima é a síntese do tempo num dado lugar durante um período de, aproximadamente, 30 a 35 anos. O clima, portanto, refere-se as características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período, uma sucessão de tempos. Tempo é o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo e em determinado lugar.

Max Sorre (1951), define clima como sendo o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera, acima de um lugar em sua sucessão habitual, da ênfase às diversas combinações que caracterizam o tempo meteorológico.

Monteiro (1999), se refere à concepção de clima longe de ser analítica é sintética:

O tempo (weather) é um estado momentâneo da atmosfera sobre um lugar, fatalmente destinado a uma contínua mutação ao longo do desenvolvimento cronológico. Nesse sentido será um elemento básico, cujo ritmo de sucessão desencadeará padrões de seqüências cuja repetição – assemelhada ou diferenciada – vai conduzir aquela difícil concepção de “habitual” ou mais freqüente. Se o tempo meteorológico é um “eventual” que se configura (referência) no contexto de um dia (24 h), o clima é algo que se manifesta através da percepção dos “regimes”, ou seja, a variação anual. Se os regimes são observações feitas separadamente para os diferentes “elementos” (pressão, temperatura, umidade, precipitações, ventos, etc) a noção sintética de clima advém do ritmo de sucessão dos tipos de tempo, configurados em “cadeias” nas sucessões mais habituais.

Segundo Monteiro (1991), em nível regional, à medida que se percebem as correlações complexas e uma concepção mais comportamental e complexa do clima é que se dá conta como os estados de tempo oscilam, admitem desvios e produzem “acidentes” que não podem ser considerados excepcionais. Mesmo os mais graves, por vezes catastróficos, estatisticamente poderiam ser tomados como “ruído”, seu impacto local ou regional e a reação em cadeia que se lhes segue, fazem com que eles não possam ser descartados, sobretudo por suas repercussões sócio-econômicas, tanto por injúrias imediatas como pelo efeito de “desregularização” da produção agrícola, do sistema hidro-energético, da rede de transportes, dentre outras.

O homem terá que possuir a capacidade de adaptação que diz respeito à habilidade do sistema (vulnerabilidade e sensibilidade), para se ajustar às mudanças climáticas, tirando vantagens de eventuais situações benéficas ou enfrentando as conseqüências para moderar os danos (IPCC, 2001b).

2.2.1. Variabilidade climática e frequência da intensidade da precipitação pluvial

O perfil climático do globo vem sofrendo transformações ao longo do tempo, produzindo uma sucessão de quadros ambientais. Relevos residuais, páleo-solos, depósito de fósseis, associações vegetais relictuais, por exemplo, comprovam mudanças significativas nas características climáticas em macro, meso e micro-escalas, frutos de desvios operados na dinâmica atmosférica, ou seja, nos padrões de circulação, mormente nas médias e baixas latitudes (CONTI, 2000).

O clima varia em geral, ao longo do ano devido o movimento de translação em torno do Sol que caracteriza a variabilidade sazonal. Muitos elementos climáticos como temperatura e umidade do ar, por exemplo, apresentam também marcada variação diurna, associada ao movimento de rotação da Terra. Para além da variabilidade de tipo cíclico associado a movimentos astronômicos, aproximadamente periódicos, o clima apresenta uma variabilidade natural interna, não periódica, muito complexa, que faz com que um dado ano seja diferente de anos anteriores e de anos seguintes. Sabe-se que este tipo de variabilidade pode, em parte, ser provocada por variações da intensidade da radiação solar e por variações na transparência da atmosfera associadas, por exemplo, às erupções vulcânicas. Entretanto, existiria variabilidade climática mesmo que não existisse este tipo de variações no forçamento pela radiação solar. De fato, existe variabilidade climática que está apenas associada a fenômenos

de interação, com realimentação, entre a atmosfera (componente de variação rápida do sistema climático, com mudanças sucessivas do estado do tempo) e os restantes componentes do sistema climático, de resposta mais lenta, designadamente os oceanos, os gelos e a cobertura de neve (Disponível em: <<http://www.meteo.pt>>. Acesso em 22/06/04).

A Organização Mundial de Meteorologia (OMM), propôs um quadro de definições, onde define o termo variabilidade climática como:

Maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expresso através de desvio padrão ou coeficiente de variação (OMM, 1966).

Pode-se estudar as variabilidades climáticas nos trópicos, pois tende a ser mais variável do que na região temperada e também mais sazonal em sua incidência dentro do ano. O índice de variabilidade é a medida do grau de probabilidade da quantidade média que se repete a cada ano, posto ou mês, dependendo do período de consideração (AYOADE, 1996).

Santos (2000) faz um breve resumo de como se analisa esta variabilidade climática:

“Existem várias técnicas para se medir a variabilidade, porém as duas comumente usadas nos estudos de precipitação são a variabilidade relativa e o coeficiente de variação. Assim, o coeficiente é considerado o mais expressivo quando os dados são normalmente distribuídos, enquanto o índice de variabilidade relativa é usado em situações onde os dados não são normalmente distribuídos. No geral, os totais anuais de precipitação são normalmente distribuídos, exceto em áreas onde a precipitação pluvial anual média seja inferior a 750mm.

Considera-se que a baixa variabilidade implica que a precipitação média de um determinado lugar é confiável, enquanto a alta variabilidade implica ambas flutuações em torno do valor médio.” (SANTOS, 2000, pág. 70).

Quando a variabilidade da precipitação pluviométrica se caracteriza como positiva, provoca enchentes e desastres que podem prejudicar regiões inteiras, em alguns casos, até mesmos países inteiros. Vários são os fatores associados que culminam nos desastres, o principal deles é a falta de planejamento na ocupação antrópica.

Azevedo (1974), realizou estudos em nível de Brasil, focalizando a variabilidade dos valores mensais de precipitação pluvial para a região sul do Centro-Oeste, região sudeste e norte da região Sul e comprovou que, os seis meses consecutivos mais chuvosos (outubro a março), contribuem com valores superiores a 85% das chuvas, que decrescem acentuadamente de norte para sul, chegando a 60%, no sul de Mato Grosso do Sul e em São

Paulo, onde não chega a apresentar características nítidas de seis meses consecutivos mais chuvosos.

Enquanto alguns autores ainda sustentam que as derivações antrópicas seriam as principais causas das alterações na variabilidade das chuvas, Monteiro (1969, 1973), argumentava sobre a temeridade de se afirmar que a influência do homem seria capaz de tais alterações nas escalas regionais do clima.

Nery et al., (1994), buscaram uma explicação para a variabilidade pluviométrica no Estado do Paraná e concluíram que o fenômeno ENOS exerce uma significativa influência na distribuição pluviométrica temporal, enquanto a orografia desempenha um papel de forçante da chuva neste Estado. A bacia do rio Iguaçu deve ser analisada, podendo ser uma área representativa destas características.

Segundo Ferreira (1999), as anomalias afetam mais as atividades humanas por serem na maioria das vezes, não previstas. Alguns casos de anomalias de precipitação pluvial, no Sul do Brasil estão associados a fenômenos extremos. Sendo, portanto muito importante o estudo da circulação da atmosfera para melhor conhecer os processos que atuam na região. Segundo diversos estudos de Kousky e Cavalcanti (1984), a anomalia da precipitação pluvial no Brasil está associada ao fenômeno ENOS. Situada ao sul do paralelo de $23^{\circ}27'$, a região Sul apresenta forte sinal deste fenômeno citado, que determina principalmente, grande variabilidade da precipitação pluvial, conforme demonstraram, entre outros, Rao e Hada (1990), Studzinski (1995), Fontana e Berlato (1997). O mecanismo de formação da precipitação requer ascensão de ar suficiente quantidade de vapor de água. A contribuição de umidade no sul do Brasil parece resultar de duas fontes principais Oceano Atlântico e floresta Amazônica.

O anticiclone do Atlântico é um sistema de pressão semipermanente que muda sua posição ao longo do ano alcançando sua posição mais austral durante o verão do Hemisfério Sul. O percurso oceânico do ar, proveniente deste anticiclone, introduz vapor de água ao continente assim como o vento procedente do norte, que tem tido um amplo percurso sobre a floresta Amazônica. A entrada da Convergência Intertropical (CIT) ao centro do continente Sul Americano durante a primavera parece facilitar a entrada do ar tropical úmido no sul do Brasil e na Argentina Subtropical e, portanto poderia ter uma relação com a ruptura da seca invernal nesta região (GONZALEZ et al., 1998).

Com relação à variabilidade de precipitação pluvial, Azevedo (1974), observou na região Sul do Brasil que a precipitação anual é ligeiramente superior comparativamente à região Sudeste. No Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná, os coeficientes de

variação de alturas anuais variam entre 20 a 30%. Quanto ao regime pluviométrico calculou-se todas as combinações possíveis de 2, 3, 4, 5 e 6 meses consecutivos, e constatou-se que setembro é o mês mais chuvoso somente para a porção leste do Rio Grande do Sul e sudeste de Santa Catarina, mas com índices de contribuição muito baixos, e outubro é o mês mais chuvoso para oeste do Paraná e oeste do Rio Grande do Sul. Com relação ao mês mais seco, considerou-se que na região Sul não existe um mês que se poderia chamar de seco. No Rio Grande do Sul, geralmente novembro é o mês com menor parcela de contribuição (aproximadamente 6% da média anual). No Estado do Paraná julho e agosto são os dois meses consecutivos mais secos, ficando dezembro, janeiro e fevereiro como os meses mais chuvosos. No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a caracterização dos três meses mais chuvosos é pouco significativa, pois as chuvas se distribuem quase que igualmente durante todo o ano. Com relação aos índices de mudança, mês a mês, para todo o Brasil, os valores mais baixos foram observados no Rio Grande do Sul.

Segundo Grimm et al., (1997) para o Sul do Brasil na fase do ENOS, os impactos são maiores em toda a metade norte – oeste do Rio Grande do Sul, ocorrendo aumentos médios de precipitação pluvial de 40 a 60mm. Esses autores mostraram também, que na primavera as regiões do Estado do Paraná mais influenciadas pelo fenômeno, são o sudoeste e o litoral.

Na fase fria (La Niña) observou-se, no Rio Grande do Sul, precipitação abaixo da média climatológica, em períodos do ano coincidentes com os da fase quente. Em relação à distribuição espacial, verificou-se que a porção oeste é a mais afetada, apresentando reduções de 80 a 120mm, em grande parte do Estado, sendo as diferenças crescentes no sentido leste – oeste (FONTANA E BERLATO, 1997).

As chuvas intensas são responsáveis pela erosão dos solos e pela concentração de águas pluviais em vales e zonas ribeirinhas. Assim, o conhecimento das relações entre intensidade, duração e frequência dessas chuvas é de enorme importância para o projeto de obras de controle de erosão e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais, como galerias, bueiros, extravasadores de barragens, vãos de pontes, etc. Eltz et al., (1992) afirmam que a análise de frequência é uma técnica estatística importante no estudo das chuvas, em razão da grande variabilidade temporal e espacial das precipitações pluviais, as quais não podem ser previstas em bases puramente determinísticas.

Em relação à chuva, talvez o aspecto mais importante para a agricultura em geral, além da sua quantidade e variabilidade, seja a sua frequência, isto é, o número de dias, dentro de um mês ou posto, no qual ocorra esse evento (ASSIS, 1991).

A frequência da intensidade da precipitação pluvial pode ser definida, como o intervalo de tempo médio entre a ocorrência de chuva de uma determinada intensidade e a de outra de intensidade igual ou superior (Disponível em: <http://www.prossiga.com.br>. Acesso em 05/11/04).

Sendo a chuva um processo aleatório, onde a quantidade, distribuição e formas de ocorrência podem variar amplamente, torna-se importante e necessário o estudo de um tempo mínimo de dados de precipitação pluvial que venha refletir o comportamento de uma região (CASTRO, 1994). Francisco (1991), considera que uma série de dados, para expressar significativamente o processo que ocorre em uma dada região, abrange um período mínimo de 30 a 40 anos.

A precipitação não somente varia quanto à quantidade de um ano, posto ou mês para outro, como pode também mostrar uma tendência de declínio ou de ascensão durante um determinado período. As flutuações e as tendências da precipitação pluvial varia de acordo com o intervalo de tempo utilizado.

Na região Sul tanto a uniformidade como as unidades são dadas pelos fatores climáticos dinâmicos, uma vez que o Sul do Brasil é uma região de passagem da frente polar em frontogênese, o que o torna constantemente sujeita a bruscas mudanças de tempo pelas sucessivas invasões de tais fenômenos frontogênicos, em qualquer estação do ano. Os fatores geográficos, representados, sobretudo, por um relevo de formas simples, não criam grandes interferências àquelas características impostas pelos fatores dinâmicos (NIMER, 1979).

2.2.2. O fenômeno El Niño e sua dinâmica

Denomina-se El Niño, ao aquecimento acima do normal das águas oceânicas no setor centro-leste do Oceano Pacífico Tropical, desde a costa da América do Sul (próximo ao Peru e Equador) até, aproximadamente, a Linha da Data Internacional (longitude de 180°). A corrente de águas quentes que ali circula, normalmente, em direção sul no início do verão somente recebe o nome de El Niño quando a anomalia térmica atinge proporções muito elevadas (em torno de 4 a 6°C). Em termos sazonais, o fenômeno ocorre com mais frequência no período que antecede o Natal, o que explica a origem do nome, que significa, em espanhol, "o menino", uma alusão ao menino Jesus, que nasceu em 25 de dezembro (Disponível em: <http://www.rainhadapaz.g12.br/projetos/geografia/geoem/elnino/>

nome_80.htm> Acesso em 22/06/04).

Segundo Nery (1996), o evento El Niño é um fenômeno que tem sua gênese no Oceano Pacífico Equatorial, abrangendo todas as águas tropicais do referido oceano. É uma teleconecção, entre a atmosfera (células de Walker, geradoras da Oscilação Sul) e as águas do Oceano Pacífico (fenômeno El Niño, propriamente dito).

Esse fenômeno oceanográfico que provoca modificações nos padrões climáticos de quase toda a Terra se manifesta em ciclos de 2 a 7 anos, em um período de doze a dezoito meses a partir do aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico, na altura da linha do equador terrestre. Historicamente, com uma frequência média de quatro anos. Nos últimos 12 ou 13 anos, em média, o fenômeno deve ter ocorrido em torno de três vezes, no entanto, ele ocorreu seis vezes desde 1984, o dobro do número esperado. No ciclo de 97 a 98 a temperatura subiu 4°C acima da média, enquanto que normalmente a variação de temperatura é de 1°C a 1.5°C, (Disponível em: <<http://www.climerh.rct-sc.br/elniño>>. Acesso em 16/06/04).

Em 1877, Gilbert Walker tentou associar aquele fenômeno oceânico local com outros parâmetros atmosféricos de escala global, no entanto uma explicação mais clara e correta do mecanismo, só veio aparecer em 1969, graças a J. Bjerknes. Existem ainda algumas evidências de que o El Niño modifica a circulação das águas frias do fundo do Oceano Pacífico, fazendo com que diminua a quantidade de nutrientes que naturalmente existe em abundância nas proximidades do Peru e Equador. Em decorrência deste fato, há quebra na produção pesqueira daqueles países e uma interferência na fauna das Ilhas Galápagos. Alguns cientistas já relacionaram, inclusive a influência do El Niño no favorecimento da propagação de epidemias ou surtos de algumas doenças como a cólera, a dengue, a malária, etc (ARNTZ & FAHRBACH, 1996).

Esse acoplamento dos oceanos com a atmosfera é um exemplo perfeito, de como certos problemas científicos requerem um tratamento que envolve vários componentes ao mesmo tempo, portanto as anomalias climáticas associadas ao fenômeno El Niño são desastrosas e provocam sérios prejuízos sócio-econômicos e ambientais.

O El Niño se faz notar com maior evidência, quando a alteração regional assume dimensões continentais e planetárias à medida que provoca desarranjos de toda ordem em vários climas da Terra. Os ventos alísios diminuem a sua intensidade, sem a força desses ventos, a água aquecida acumulada na superfície do Pacífico no Sudeste da Ásia se distribui neste oceano, ao longo da linha do Equador até as costas do Peru. A água quente se concentra na superfície do oceano, enquanto a corrente marítima fria (Humboldt) fica aprisionada nas

profundezas (Disponível em: http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_16/elniño.html. Acesso em 27/09/04).

O surgimento da fase positiva (El Niño) está associado ao enfraquecimento dos ventos alísios e caracteriza-se pelo aquecimento das águas superficiais do Pacífico Tropical e pelo registro negativo do IOS - Índice de Oscilação Sul, (Figuras 9).



Figura 9 – Enfraquecimento da velocidade dos ventos alísios e aquecimento das águas no Pacífico Tropical.

Fonte: Disponível em: < <http://www.climerh.rct-sc.br/elniño> >. Acesso em 16/06/04.

Nas últimas duas décadas, cientistas, descobriram que o fenômeno El Niño não ocorre sozinho: as variações de temperatura no Pacífico estão acopladas a variações de pressão atmosférica, conhecidas como "oscilações sulinas".

Essas oscilações foram descobertas em 1923, pelo climatologista britânico Gilbert Walker, que estava tentando entender por que a estação chuvosa conhecida como monção, deixa de ocorrer na Índia em certos anos. Walker mostrou que existiam padrões irregulares de oscilação da pressão sobre o Oceano Pacífico que se propagavam de leste a oeste. Essa é a direção oposta do aquecimento das águas oceânicas que ocorre durante o El Niño (Disponível em: < <http://www.climerh.rct-sc.br/elniño> >. Acesso em 16/06/04).

O El Niño provoca o bloqueio das frentes frias no sul do continente sul-americano pelas duas correntes-de-jato, que são correntes que circulam a aproximadamente, 12Km de altitude entre as latitudes 40° e 60° de ambos os hemisférios, no sentido oeste/leste. Assemelham-se a um tubo de ventos com velocidade de 240Km/h na parte central e 80Km/h na periférica do ENOS (Disponível em: < <http://www.climerh.rct-sc.br> >. Acesso em 16/06/04).

Também as correntes-de-jato funcionam, como verdadeiras barreiras de ar, impedindo com que as frentes frias (carregadas de chuvas) sigam seu trajeto normal em direção ao norte. Na América do Sul são chamadas de Jato Subtropical, mais intensas que o normal em decorrência do aumento do gradiente de temperatura entre o Equador e os Pólos. Assim as chuvas que deveriam ser distribuídas ao longo da costa leste da América do Sul

acabam caindo sobre a região compreendida entre, o Norte da Argentina e o Sul do Brasil, (Figura 10) (Disponível em:< <http://www.climerh.rct-sc.br>>. Acesso em 16/06/04).

Esse aumento da precipitação pluvial ocorre principalmente na primavera do ano em que o fenômeno se inicia e no outono-inverno do ano seguinte, abrangendo mais intensamente as áreas próximas ao Oceano Atlântico (GRIMM et al., 1997).



Figura 10 – Intensificação do Jato Subtropical e conseqüente bloqueio dos sistemas frontais.

Fonte: Disponível em:< <http://www.climerh.rct-sc.br>>. Acesso em 16/06/04.

2.2.3. O fenômeno La Niña

O fenômeno La Niña é também chamado de Anti-El Niño, que é oposto ao El Niño. Corresponde ao resfriamento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental formando uma “piscina de águas frias” nesse oceano. À semelhança do El Niño, porém apresentando uma maior variabilidade do que este, trata-se de um fenômeno natural que produz fortes mudanças na dinâmica geral da atmosfera, alterando o comportamento climático. Nele, os ventos alísios mostram-se mais intensos que o habitual (média climatológica) e as águas mais frias, que caracterizam o fenômeno, estende-se numa faixa de largura de cerca de 10° de latitude ao longo do equador desde a costa peruana até aproximadamente 180° de longitude no Pacífico Central. Observa-se ainda, uma intensificação da pressão atmosférica no Pacífico Central e Oriental em relação à pressão no Pacífico Ocidental (Disponível em:< <http://www.climerh.rct-sc.br/elniño>>. Acesso em 16/06/04).

Os ventos alísios de NE e SE sopram dos Trópicos para a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT): um anel de ar úmido que envolve a Terra próximo à linha do equador. A ZCIT oscila entre as latitudes 10°N e 5°S, região onde os ventos alísios se encontram. Esse fenômeno (alísios/contra alísios) é chamado célula de Hadley. Os alísios são responsáveis pela renovação das águas superficiais do oceano. Encarregam-se de deslocar as águas, normalmente mais quentes, do Pacífico Central em direção ao Sul do Continente Asiático, abrindo caminho para que a corrente marítima fria e profunda que chega do Pólo Sul, a Humboldt, venha à tona. Nos anos em que a situação está dentro dos padrões normais, os ventos alísios ajudam a manter essas águas quentes superficiais do Pacífico presas na região da Austrália e Indonésia. Nestas circunstâncias, o mar aquece o ar, bombeando vapor para a atmosfera, o ar sobe, a umidade forma densas nuvens e fortes chuvas se precipitam sobre essa região, nas chamadas áreas de baixa pressão. Livre dessa umidade o ar segue seu trajeto em direção às altas camadas da atmosfera, se resfria e desce sobre o oceano, nas proximidades das costas sul-americanas, criando uma área de altas pressões, onde as chuvas são raras. Dali ele é carregado próximo à superfície de volta à Indonésia, onde tudo começa de novo (Disponível em: http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_16/el_nino.html. Acesso em 27/09/04).

Em geral, um episódio La Niña começa a desenvolver-se em um certo ano, atinge sua intensidade máxima no final daquele ano, vindo a dissipar-se em meados do ano seguinte, o fenômeno pode-se completar em até dois anos.

A La Niña, fase negativa do ENOS, ocorre quando se verifica o resfriamento das águas superficiais do Pacífico Tropical junto com o aumento na intensidade dos ventos alísios, deixando-os com a velocidade acima da média climatológica. Além disso, quando ocorre esta fase do fenômeno, o IOS é positivo (Figura 11).

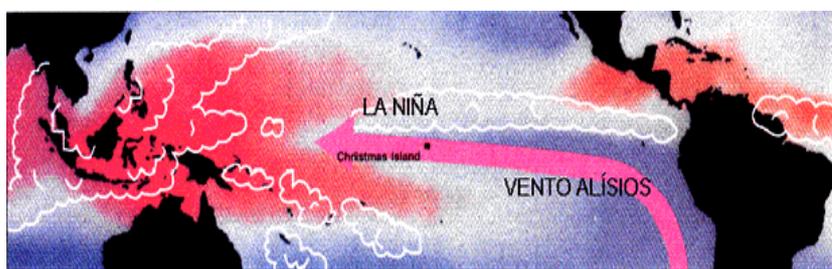


Figura 11 – Intensificação da velocidade dos ventos alísios e resfriamento das águas no Pacífico Tropical.

Fonte: Disponível em: <http://www.climerh.rct-sc.br/el_nino>. Acesso em 16/06/04.

2.2.4. Oscilação Sul e a caracterização do ENOS

A Oscilação Sul (OS) caracteriza-se por uma "gangorra barométrica" de grande escala observada sobre a área do Pacífico Tropical. O registro da OS data desde do ano de 1800, mas só foi documentada por Walker e Bliss 1932 e 1937. Estes autores definiram a OS como uma flutuação inversa verificada no campo da pressão ao nível médio do mar (PNM) nas estações de Darwin (12°S – 130°E), localizada no norte da Austrália e Taiti (17°S – 149°W) situada no Oceano Pacífico Sul (Disponível em:<<http://www.funceme.br>>. Acesso em 16/06/04), Figura 12.

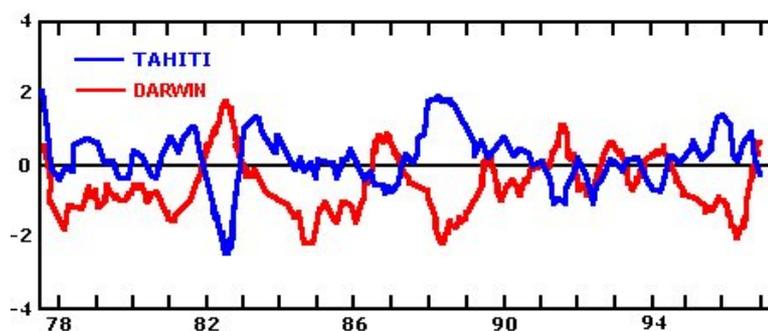


Figura 12 - Série temporal das anomalias de PNM nas estações de Taiti e Darwin (1978 a 1997).

Fonte: Disponível em:<<http://www.funceme.br>>. Acesso em 16/06/04.

Trenberth (1984), obteve um coeficiente de correlação de -0.79 entre o campo de pressão nessas duas estações. A diferença entre as pressões normalizadas nas estações de Taiti e Darwin é definida como o Índice de Oscilação Sul (IOS) (Disponível em:<<http://www.funceme.br>>. Acesso em 16/06/04).

As fases positivas e negativas do fenômeno ENOS são denominadas de El Niño e La Niña, respectivamente. Estes fenômenos naturais continuarão existindo como fenômenos cíclicos, no entanto sem um período regular. Eventos La Niña apresentam maior variabilidade e ocorrem com menores frequências, que eventos El Niño (Disponível em:<<http://www.climerh.rct-sc.br/elnino>>. Acesso em 16/06/04).

Na Tabela 05 e Figura 13, apresentam-se alguns anos em que ocorreram eventos El Niño e La Niña, ressalta-se, porém na Figura 13, os anos selecionados são os mais significativos para o sul do Paraná.

Tabela 5 - Anos de ocorrência de fenômenos El Niño e La Niña

El Niño	Intensidade	La Niña	Intensidade
1877 – 1878	Forte	1886	Forte
1888 – 1889	Moderada	1903 – 1904	Forte
1896 – 1897	Forte	1906 – 1908	Forte
1899	Forte	1909 – 1910	Forte
1902 – 1903	Forte	1916 – 1918	Forte
1905 – 1906	Forte	1924 – 1925	Moderada
1911 – 1912	Forte	1928 – 1929	Fraca
1913 – 1914	Moderada	1938 – 1939	Forte
1918 – 1919	Forte	1949 – 1951	Forte
1923	Moderada	1954 – 1956	Forte
1925 – 1926	Forte	1964 – 1965	Moderada
1932	Moderada	1970 – 1971	Moderada
1939 – 1941	Forte	1973 – 1976	Forte
1946 – 1947	Moderada	1983 – 1984	Fraca
1951	Fraca	1984 – 1985	Fraca
1953	Fraca	1988 – 1989	Forte
1957 – 1959	Forte	1995 – 1996	Fraca
1963	Fraca		Fraca (98 - 99)
1965 – 1966	Moderada	1998 – 2001	Fraca (99 - 00)
1968 – 1970	Moderada		Moderada (00 - 01)
1972 – 1973	Forte		
1976 – 1976	Fraca		
1977 – 1978	Fraca		
1979 – 1980	Fraca		
1982 – 1983	Forte		
1986 – 1988	Moderada		
1990 – 1993	Forte		
1994 – 1995	Moderada		
1997 – 1998	Forte		
2002 – 2003	Fraca		

Fonte: Disponível em: < <http://www.climerh.rct-sc.br/elnino> >. Acesso em 16/06/04.

O fenômeno ENOS (fase positiva) faz com que chova em grandes proporções no Pacífico Central, região onde geralmente não chove, afetando os padrões climáticos de várias partes do globo, na Figura 14, pode-se verificar o comportamento dos processos convectivos sobre o Oceano Pacífico e o deslocamento da célula de Walker.

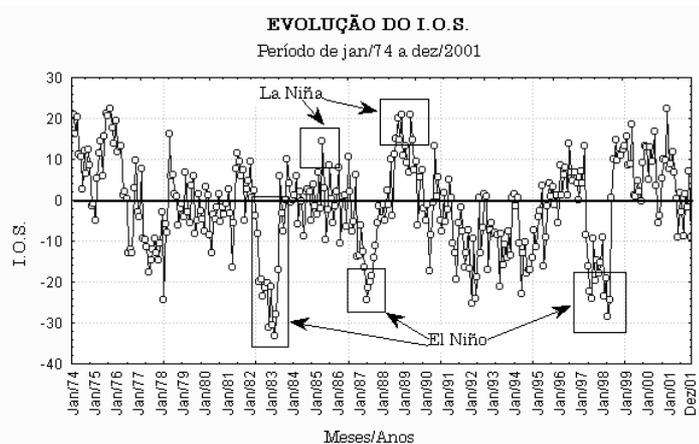


Figura 13 – Medida do Índice de Oscilação Sul (IOS), destacando alguns períodos de El Niño e La Niña.

Fonte: Climate Diagnostics Bulletin (2002), adaptado por Andrade, 2003.

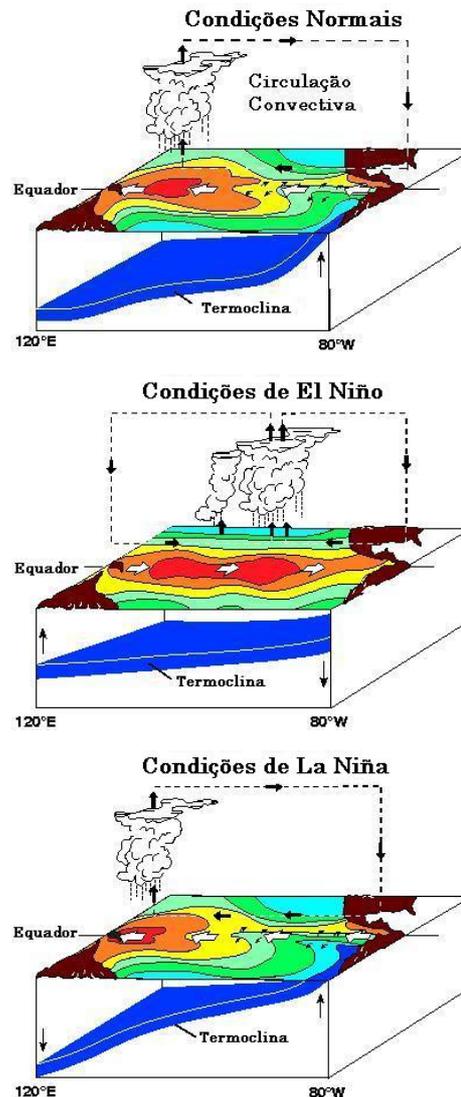


Figura 14 – Comparação dos processos convectivos observados na região do Pacífico Tropical em anos normais e em anos de El Niño e La Niña.

Fonte: Disponível em: <<http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino>>. Acesso em 20/06/04.

2.2.5. Circulação geral da atmosfera e a interação com o oceano

A atmosfera terrestre é um fluido gasoso que pode sofrer tanto efeitos de compressão como de expansão, é regida por uma circulação geral, que implica basicamente em ar ascendente nas regiões mais quentes e ar descendente nas regiões menos aquecidas. Esta circulação, sem levar em consideração os efeitos de rotação da Terra, é o princípio fundamental para definir as condições climáticas predominantes, particularmente no que diz respeito à precipitação pluvial, para as várias regiões do globo (ALVES E REPELLI, 1994).

Na região tropical observou-se a existência duas células de circulação determinantes na formação de centros de alta e baixa pressão. A primeira é a célula de

Hadley que consiste na teoria de que um ramo ascendente estaria nas proximidades do Equador e o descendente, a cerca de 30° de latitude, justificando, a existência dos ventos alísios de Sudeste no Hemisfério Sul. A segunda é a célula de Walker que é atribuída ao aquecimento diferencial entre continentes e oceanos (Disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_16/elnino.html>. Acesso em 27/09/04).

A célula de Walker tem a dinâmica de circulação muito parecida com a dinâmica da célula de Hadley, Figura 15, mas a sua circulação é ao longo da região equatorial, envolvendo todo o planeta.

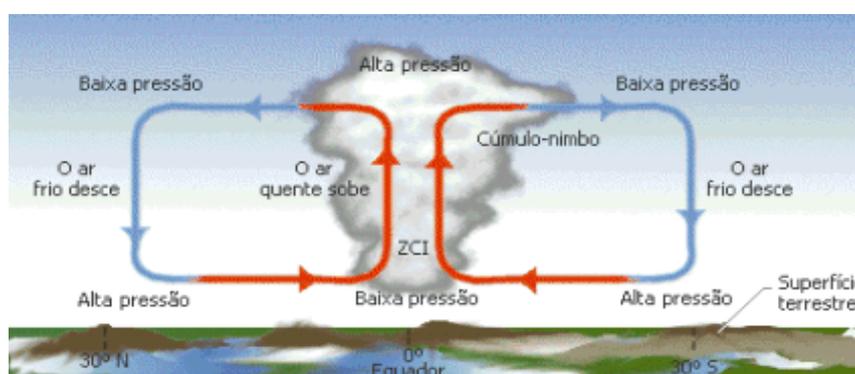


Figura 15 - Esquema da circulação da atmosfera (célula de Hadley).
Fonte: Nery (2003).

Nos níveis inferiores da atmosfera, o ar se desloca em direção ao equador. Nos níveis superiores circula em direção aos pólos, completando o ciclo. A região dessas massas de ar setentrional e meridional denomina-se ZCIT. Trata-se de uma área de baixa pressão atmosférica, geralmente marcada, sobre o oceano, por uma faixa de nuvens cumulos-nimbus, formada pela convecção do ar úmido ascendente (NERY, 2003).

Pela sua posição latitudinal, a América do Sul é atravessada pelas principais “zonas” de pressões do Globo, desde o sistema equatorial da linha de convergência dos alísios (ou frente intertropical – FIT), com os enclaves de *doldrums* (região de calmarias equatoriais), passando pelas altas subtropicais bem individualizadas em duas amplas células semifixas e permanentes sobre os oceanos, até a das baixas subpolares. Graças a sua forma estreita, circundada por grandes oceanos, os processos de resfriamento e aquecimento, que se produzem sazonalmente, não geram células de pressões de origem térmica destacadas (IBGE 1977).

O Oceano Pacífico devido às suas dimensões, é o que oferece maior interferência na circulação geral da atmosfera, principalmente na América do Sul. O Oceano Atlântico é palco de formações ciclônicas que influenciam a distribuição de frentes quentes e frias,

principalmente na Região Sul do Brasil. De forma geral, a Oscilação Sul é o modo determinante da variabilidade interanual da precipitação pluvial na Região Sul do Brasil. Toda vez que ocorrem alterações no IOS, a tendência é que influa na distribuição temporal e espacial nas regiões tropicais e subtropicais (CPTEC/INPE, 1998).

Os mecanismos físicos envolvidos no acoplamento oceano-atmosfera sobre a região tropical ainda não são bem entendidos. O que se tem como consenso por parte da comunidade científica é que os padrões anormais observados no campo da TSM surgem, da dinâmica interna do próprio oceano. Padrões forçados que ocorrem pelos processos dinâmicos e termodinâmicos na atmosfera agem, mecanicamente sobre os oceanos tropicais redistribuindo as anomalias da TSM. Os fluxos de calor (evaporação, processos convectivos, formação de nuvens, entre outros) forçam, simultaneamente, a atmosfera e provocam mudanças no campo de vento em baixos níveis (CPTEC/INPE, 1998).

Sobre a bacia do Atlântico Equatorial, incluindo o leste da Amazônia e semi-árido nordestino, predomina-se um ramo de ar descendente, inibindo a formação de nuvens. Através desse fato, tem-se a explicação física do porque o fenômeno El Niño está associado com chuvas abaixo do normal, principalmente no norte do semi-árido nordestino, que inclui o Estado do Ceará (CPTEC/INPE, 1998).

Durante a maior parte do tempo os ventos alísios sopram de leste para oeste, na região equatorial, levando as águas frias da costa peruana para a Austrália e Indonésia. Por isso, o Oceano Pacífico tem um desnível significativo, com a altura muitas vezes, ultrapassando a 10cm na região próxima a Austrália. Comparativamente a costa da América do Sul, que mantém um gradiente de temperatura entre essas duas áreas mencionadas, possibilita uma cadeia alimentar na costa do Peru e Equador muito rica em nutrientes (zooplâncton e fitoplâncton), o que torna essa costa muito piscosa. Advém daí a economia e alimentação de grande parte da população litorânea do Peru, Equador e Chile (Disponível em: http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_16/el_nino.html. Acesso em 27/09/04), Figura 16.

Comumente, as pesquisas efetuadas na área de Climatologia que buscam uma possível correlação do fenômeno ENOS com a variabilidade climática, na região Sul do Brasil utiliza-se os valores da TSM do Niño 1+2. No entanto, o Niño 3.4 não deve ser descartado, pois sua localização pode oferecer uma correlação eficaz para também explicar a dinâmica da precipitação pluvial no Sul do Brasil, Figura 17.

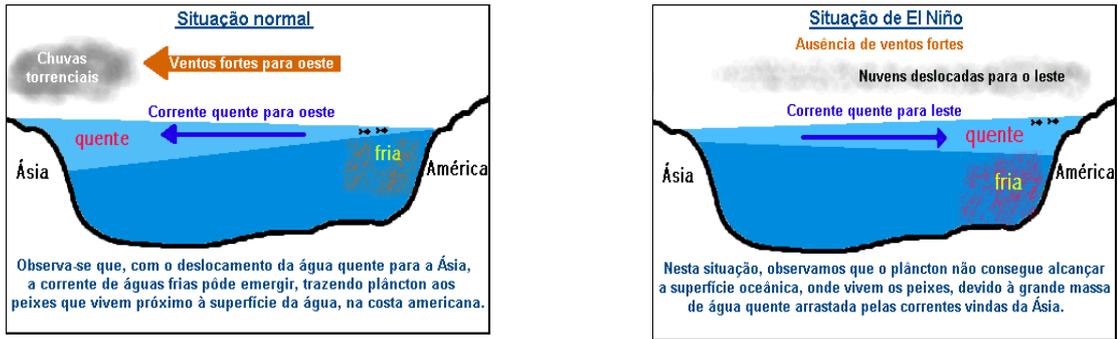


Figura 16 - Esquematisação da comparação entre a situação normal e a situação de El Niño no Pacífico Equatorial

Fonte: Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/elniño.html>> Acesso em 23/06/04.

Dessa forma, confirma-se a possibilidade de se tentar uma correlação com os dados de anomalia das duas regiões de ocorrência do ENOS, sendo o comportamento parecido, leva-se à dedução que a influência da circulação atmosférica no aquecimento/resfriamento das águas do Oceano Pacífico sejam semelhante nas duas regiões (Niño 1+2 e Niño 3.4), Figura 18.

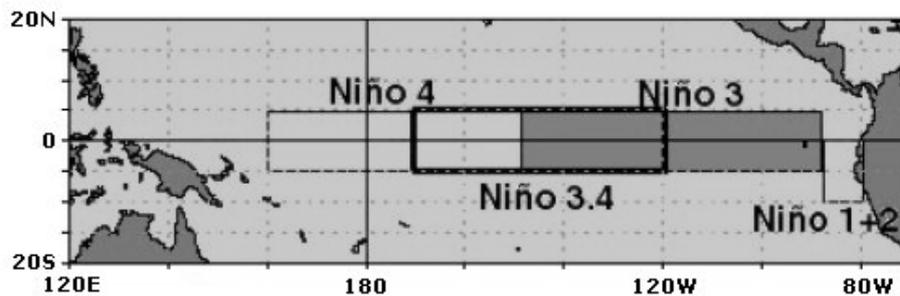


Figura 17 - Localização das áreas de atuação do fenômeno El Niño sobre o Pacífico Tropical.

Fonte: Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em 16/06/04.

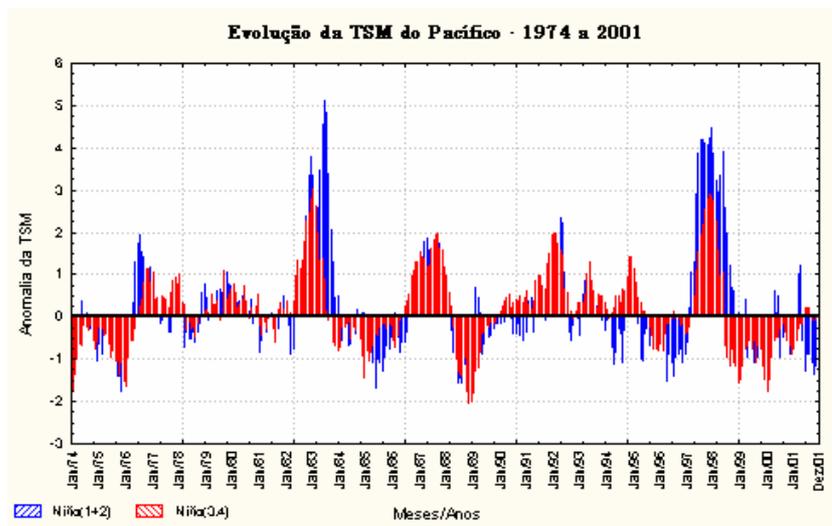


Figura 18 – Evolução temporal da anomalia da TSM do Oceano Pacífico – 1974 a 2001.

Fonte: Climate Diagnostics Bulletin (2002), adaptado por Andrade, 2003.

2.2.6. El Niño e o Sul do Brasil.

No Brasil existem alguns centros de pesquisa e aplicação na área de Meteorologia que estudam o fenômeno El Niño e monitoram em tempo real estas informações. Como a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), o Instituto Tecnológico SIMEPAR. Estes através de seus técnicos e dos contatos com outros órgãos nacionais e internacionais, fazem o monitorando das condições oceânicas e atmosféricas relacionadas ao El Niño.

Estudos indicam que principalmente três regiões no Brasil (nordeste, norte e sul), são afetadas de maneira pronunciada pelas mudanças na circulação atmosférica durante episódios de El Niño.

A Região Sul do Brasil é afetada por aumento de precipitação pluvial, particularmente durante a primavera no primeiro ano e posteriormente o fim do outono e início do inverno no segundo ano. O Sudeste do Brasil apresenta temperaturas mais altas, tornando o inverno mais ameno. Já para as demais regiões do país os efeitos são menos pronunciados e variam de um episódio para o outro (CPTEC/INPE, 1998).

Como exemplo, cita-se o ano de 1982/83, marcado por excepcional elevação da temperatura da superfície do mar no Pacífico Equatorial, causando grandes alterações climáticas no Sul e Sudeste do Brasil, apresentando nos trimestres março-abril-maio e junho-julho-agosto de 1983, precipitações que superaram os níveis normais de modo significativo. Os índices pluviométricos da cidade de São Paulo apresentaram em maio uma elevação de mais de 300%, no entanto os de Lages (SC) excederam o normal em mais de 650%, em junho. Segundo estudos, a precipitação excessiva foi causada por sistemas frontais, isto é, frentes frias que, ficando bloqueadas, teriam permanecido muito tempo estacionadas sobre essas regiões, em grande atividade (Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em 16/06/04).

No evento El Niño de 1997, os efeitos começaram a ser detectados a partir de julho, com as temperaturas mais altas que o normal em toda a Região Sul e Sudeste. Esse padrão continuou sendo observado nos meses subsequentes. Durante o mês de dezembro e início de janeiro as temperaturas estiveram acima da normal climatológica na maioria do Sul e Sudeste. Com relação às chuvas, em 1997 os efeitos do El Niño foram perceptíveis a partir de agosto, quando as chuvas situaram-se acima da média sobre o sul do País, com outubro e novembro sendo os meses mais chuvosos. Em outubro observaram-se as maiores anomalias positivas de precipitação sobre o Sul, recebendo o noroeste do Rio Grande do Sul chuvas até 300% acima da média climatológica. Houve inundações localizadas nas bacias dos rios

Uruguai e Iguaçu (Disponível em: < http://www.climerh.rct-sc.br/el_nino>. Acesso em 16/06/04).

As variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na região conhecida como Niño 3 (5°N - 5°S; 90°W - 150°W), têm alta correlação com os parâmetros atmosféricos sobre o Brasil. Comparando-se esse episódio com os de 1972/73, 1982/83, 1986/87, 1991/92, e 1993/94, nota-se que a evolução do presente evento é ímpar no sentido do aumento rápido e precoce da TSM. Desde 1950, o maior valor observado de TSM média na região foi 3.6° C acima da média, em janeiro de 1983. Esse valor foi superado em novembro de 1997, ficando em 3.8° C acima da média climatológica. Em dezembro de 1997, as anomalias foram ainda maiores. Há indícios de que na primeira metade de janeiro as anomalias de TSM começaram lentamente a declinar naquela região (CPTEC/INPE, 1998), Figura 19.

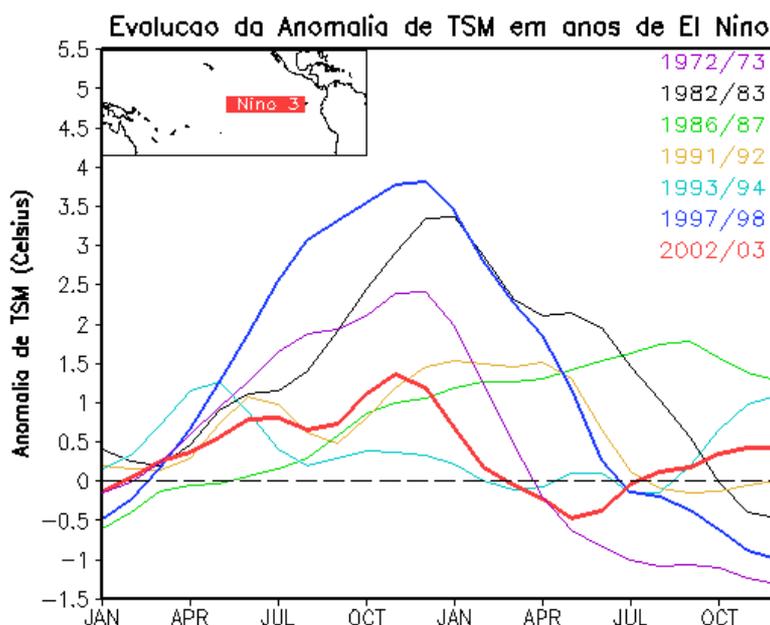


Figura 19 - Evolução da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de El Niño (1972-73, 1982-83, 1986-87, 1991-94, 1997) e previsão do modelo acoplado oceano-atmosfera do NCEP/NOAA-EUA para a região do Niño 3.

Fonte: Disponível em: <http://www.rainhadapaz.g12.br/projetos/geografia/geoem/el_nino/nino3.htm>. Acesso em 22/06/04.

Segundo SIMEPAR (2003), observou-se que os valores acima da média foram constatados entre junho e dezembro 2002, na região Niño 1+2 (costa oeste da América do Sul), e valores positivos de anomalias (entre 0.5 a 1°C acima da média). A costa da região Sul do Brasil (Oceano Atlântico) apresentou águas mais quentes que constatado na região, Figura 20, (Disponível em: < http://www.simepar.br/tempo/clima/avisos_elnino9.jsp>. Acesso em 20/08/04).

Observou-se no Paraná, os efeitos do El Niño junto ao regime de chuva e temperatura que passa a ser superior à média histórica. Durante o verão e o outono, espera-se um crescimento na frequência de ocorrência de fenômenos meteorológicos como chuvas intensas de curta duração e vendavais que atingem principalmente as regiões Oeste, Sul e Região Metropolitana de Curitiba (RMC) (Disponível em: <http://www.simepar.br/tempo/clima/avisos_elnino9.jsp>. Acesso em 20/08/04).

Considerando a elevada densidade demográfica e a importância econômica da região Sul, sendo possível antecipar os impactos que uma elevação anormal nos índices de precipitação podem provocar. A região, responsável pelo segundo PIB (Produto Interno Bruto) do País, possui 60% da produção nacional de grãos e 23% do efetivo da pecuária.

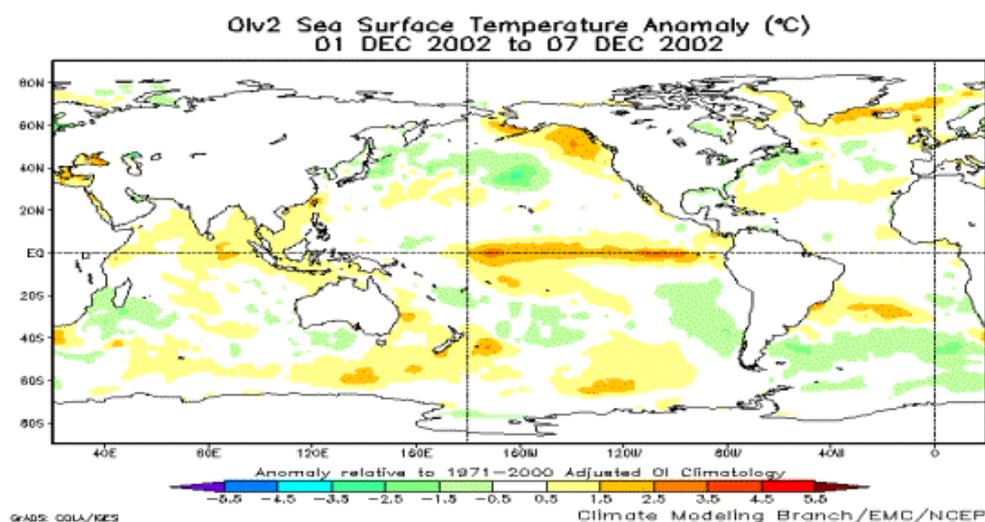


Figura 20: Anomalia de TSM para o período 01/12/2002 a 07/12/2002

Fonte: Disponível em: <http://www.simepar.br/tempo/clima/avisos_elnino9.jsp>. Acesso em 20/08/04.

O excesso de precipitação pluvial ocorrido no biênio de 1982/83 provocou o transbordamento de rios, inundações de baixadas e conseqüentes danos nas plantações na Região Sul.

Segundo Praela (2004), ao analisar a influência dos fenômenos El Niño/La Niña na produtividade do trigo no Estado do Paraná, considerou que nas regiões norte, nordeste e sudeste não ocorreram desvios de produtividade, no centro-oeste houve queda na produção para período de El Niño. E no sul acréscimo de produtividade em anos de fenômeno La Niña.

O fenômeno La Niña é caracterizado, por chuva abaixo da média climatológica durante os meses de outubro a dezembro no sul do Brasil. Para a agricultura, pode ser

positivo ao trigo (cultura de inverno). Por exemplo, reduzindo a ocorrência de doenças da espiga do trigo favorecendo uma produção de grãos de boa qualidade.

No caso das culturas de verão, como o milho, feijão e soja, a ocorrência do fenômeno pode ser desfavorável caso ocorra um déficit hídrico em períodos críticos, como ocorreu no evento La Niña de 1985, que foi um dos mais intensos no Estado do Paraná na última década, provocando um déficit hídrico notável (Disponível em: <<http://www.climerh.rct-sc.br>>. Acesso em 16/06/04).

O setor agrícola pode tomar as seguintes medidas de prevenção para diminuir os impactos do fenômeno: a) Intensificar o uso de práticas que mantenham mais umidade no solo, como o menor revolvimento possível e manutenção da palhada na superfície; b) Utilizar sistemas de cultivo mínimo e plantio direto; c) Realizar correção de solo, tornando-o mais uniforme possível; d) Aplicar adubação recomendada, sem redução, de preferência em profundidades maiores; e) Adotar a diversificação de culturas; f) Utilizar cultivares com ciclos diferenciados quando possível; g) Utilizar cultivares mais tolerantes à seca; h) Evitar elevadas populações de plantas, não excedendo a recomendação técnica; i) Realizar a semeadura das lavouras de forma escalonada ao longo das épocas recomendadas, segundo o zoneamento agroclimático; j) Evitar queimadas em épocas críticas; l) Manter e revisar o sistema de irrigação; m) Analisar alternativas locais de prevenção e redução dos riscos, valorizando a experiência do agricultor e do técnico no município; e n) Plantar e semear com umidade suficiente no solo para garantir o estabelecimento da cultura (Disponível em: <<http://www.climerh.rct-sc.br>>. Acesso em 16/06/04).

Os fenômenos atuam se comportando de maneira irregular, possuindo intensidades e conseqüências diferentes para as áreas de influência. O La Niña não é o único causador de secas no Sul do Brasil, chuvas intensas e enchentes também podem ocorrer em anos de La Niña.

O El Niño pode produzir impactos benéficos. Quando o aumento no nível de precipitação não é exagerado, observa-se em anos de ocorrência do fenômeno, aumento na produção agrícola. Níveis de precipitação da ordem dos observados durante o ano de 1982-83, entretanto, provocam perdas de safra. Os Estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul perderam, em função deste evento, 4.888.775 toneladas de grãos. O El Niño 1997-98 apresentou, características de um evento de intensidade forte também. Em busca de amenizar a situação e evitar um desastre para a agricultura do Sul, os agricultores adotam medidas preventivas (Disponível em: <<http://www.climerh.rct-sc.br/elnino>>. Acesso em 16/06/04).

No Sul do Brasil, na ocorrência de índices anormais de precipitação pluvial, ocasionam enchentes e enxurradas, afetando a população e a economia dos municípios, como exemplo, os prejuízos materiais provocados pelos ventos intensos que são enormes: destruição de casas, pontes, rodovias, prédios públicos, entre outros.

2.2.7. Dinâmica atmosférica da região Sul do Brasil.

Pela sua posição compreendida nas latitudes médias, a região Sul do Brasil é atingida pelos principais centros de ação das baixas latitudes ou das originárias das altas latitudes, conforme mostra a Figura 21.

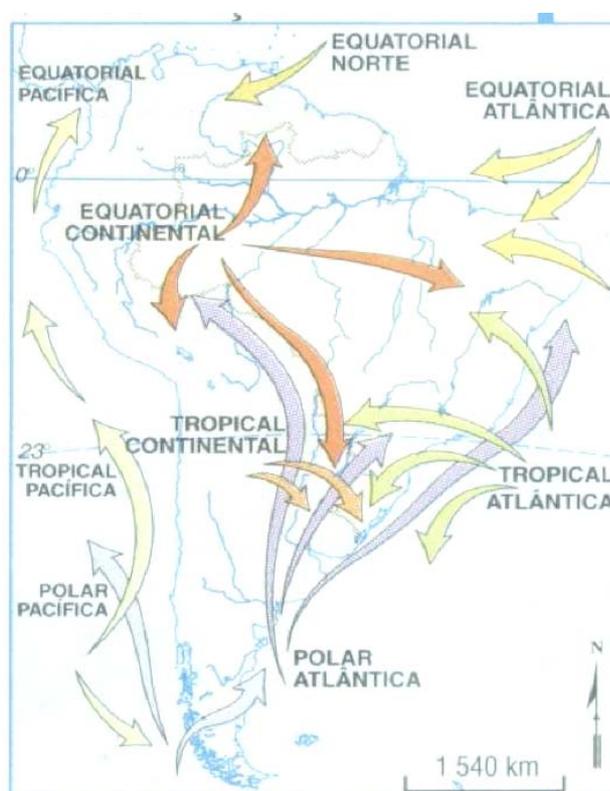


Figura 21 - Circulação das massas de ar na América do Sul.
Fonte: Monteiro (1969).

A dinâmica atmosférica é complexa, tendo a predominância de massas polares atuando durante todo o ano e se destacando, principalmente no inverno. De acordo com Nimer (1990), as correntes perturbadas são representadas pela invasão de anticiclone polar com descontinuidade frontal. A fonte destes anticiclones é a região polar de superfície gelada, constituída pelo continente Antártico. De sua superfície anticiclônica divergem ventos que se dirigem para a zona depressionária subantártica, originando as massas de ar polar. Dessa zona

partem os anticiclones polares que periodicamente invadem o continente sul-americano com ventos de O a SO nas altas latitudes. Adquirindo freqüentemente, a direção S a SE ao se aproximarem do trópico no território brasileiro. Em sua origem, estes anticiclones possuem subsistência e forte invasão de temperatura e o ar é muito seco, frio e estável. Porém em sua trajetória eles absorvem calor e umidade da superfície morna do mar aumentando, à proporção que caminham para o Equador. Já nas latitudes médias, a inversão desaparece e o ar polar marítimo torna-se instável.

As massas de ar originárias do Oceano Atlântico atuam na primavera sobre o continente de forma expressiva, transportando umidade para o seu interior. Associando-se às variações sazonais de temperatura, estes anticiclones ora se afastam para o oceano, ora invadem parcialmente o continente. A posição média da alta do Atlântico é ligeiramente inferior a sua correspondente do Pacífico. Esses dois centros de divergência atmosférica constituem as fontes das principais massas de ar tropicais marítimas ambas possuem estrutura e propriedades semelhantes e intervêm de modo importante no quadro de circulação atmosférica do Sul do Brasil (NIMER, 1990).

Na primavera e verão a dinâmica atmosférica tem a participação da convecção profunda da Amazônia, que libera e desloca o calor, umidade e momentum para a região Sul e Sudeste brasileira, intensificando chuvas sobre a bacia do rio Iguaçu, caracterizadas pelas altas tropicais.

A região da bacia do Iguaçu, quanto à circulação atmosférica é influenciada pela passagem de frente polar em frontogênese. Essa circulação torna a Região Sul sujeita a sucessivas atuações das correntes perturbadas do Sul alcançando a extraordinária regularidade de uma invasão por semana. À medida que a frente polar caminha para o Equador, as instabilidades tropicais se deslocam para E ou mais comumente para SE, originando, nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais. Tais chuvas se verificam, geralmente, no fim da tarde ou início da noite. Constituem as chamadas chuvas de verão, que ao contrário das chuvas frontais, duram poucos minutos, raramente ultrapassando uma hora (NIMER, 1990).

3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Iguçu está localizada nos Estados do Paraná e Santa Catarina, entre as coordenadas 25°05'S a 26°45'S e 48°57'W a 54°50'W. Sua área de drenagem é a maior do Estado do Paraná, com, aproximadamente, 57.329Km² e, considerando-se os afluentes da margem catarinense tem-se um total de 69.373Km², com comprimento do leito principal, superior a 1.275Km, na direção leste-oeste (Figura 22).

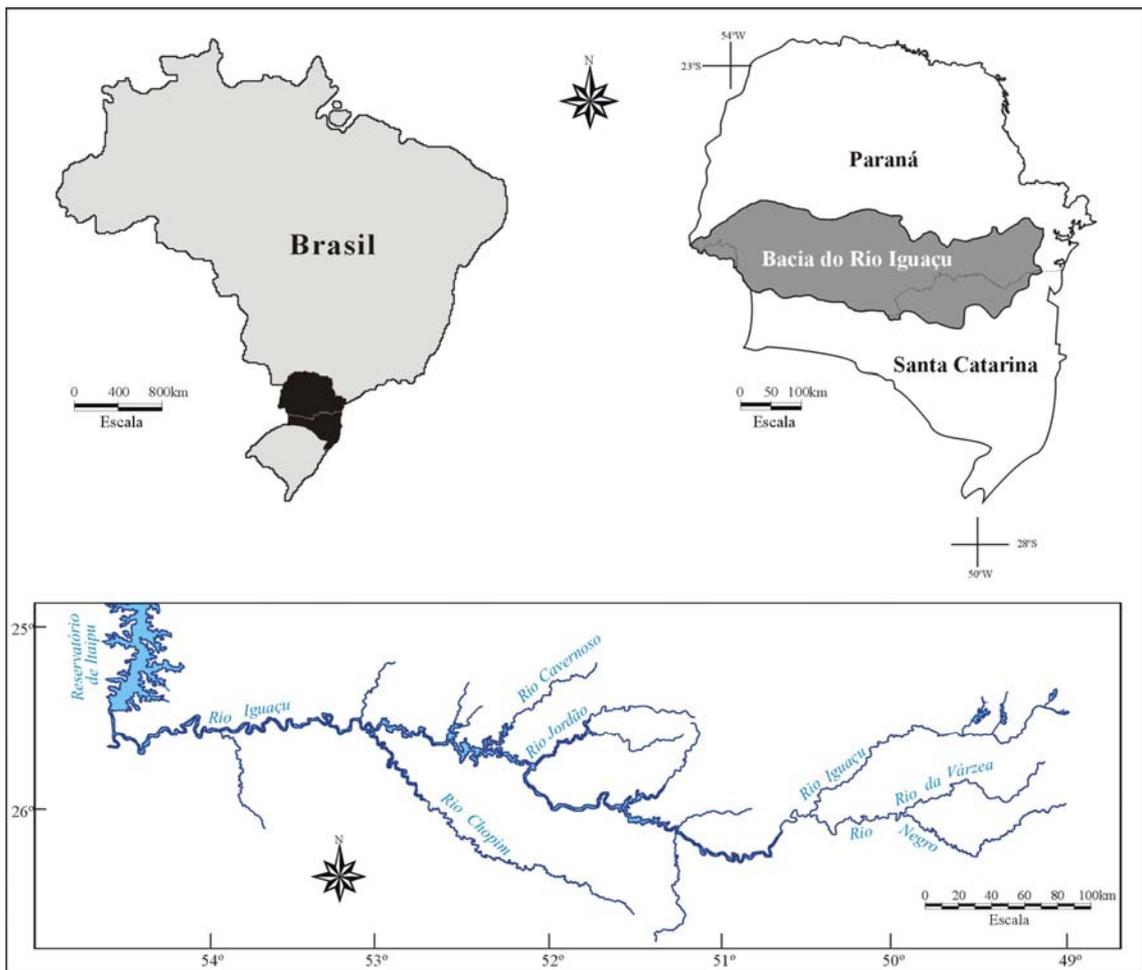


Figura 22 - Localização da área da bacia hidrográfica rio Iguçu.

Fonte: Azevedo (2004).

O rio Negro é o principal afluente dessa bacia, com sua nascente na serra Pedra Branca do Araraquara, fazendo parte da Serra do Mar, a 1.400m de altitude, após percorrer, aproximadamente, 240Km, desaguando no rio Iguçu. Ao longo de seu leito, o rio Iguçu recebe águas de vários tributários, destacando-se alguns como: rio da Várzea, Negro, Turvo, Cavernoso, Jangada, Canoinhas, Chopim, Areia, Jordão, das Cobras, Santana, Salto, Jaracatiá, Cotejipe, Capanema, Tormenta, Floriano e Gonçalves Dias. À jusante tem as Cataratas do

Iguaçu, no município de Foz do Iguaçu, onde o rio possui 1.200m de largura, estreitando-se até 65 a 100m na fenda tectônica que forma o cañon na borda do rio Paraná, onde deságua com altitude de, aproximadamente, 100m (CAMARGO, 2001).

O rio Iguaçu como outros da região Sul, possuem quedas d'águas que se originaram devido ao relevo, principalmente nas áreas do planalto basáltico. Ao transpor a Serra Geral, o rio Iguaçu, apresenta ressaltos em soleiras mais amplas de basalto, onde se observam quedas importantes. Pode-se encontrar também, neste trecho, os cañons que acentuam o processo de encaixamento dos talvegues, expondo os paredões de basalto, sobretudo nas vazantes (IBGE, 1968).

De acordo com IBGE, 1977:

A drenagem na região sul do Brasil, em grande parte, subordina-se à das regiões de estrutura monoclinial e, assim existem rios que através de cursos conseqüentes, buscam o Paraná e o Uruguai. Esses cursos fluviais foram afetados por um processo de superimposição decorrente de um levantamento pós-cretácico que, por ocasião da orogênese andina, atingiu o leste da América do Sul. Tais rios, por vezes de longo percurso, apresentam uma série de quedas d'água que aparecem, quer seja no contacto entre os terrenos cristalinos de leste e a depressão periférica, quer nos planaltos sedimentares devido à disposição das camadas de arenito e dos horizontes de trapp, oferecendo estes, maior resistência à erosão fluvial. A ocorrência de inúmeras quedas de água confere a região importante riqueza em potencial hidrelétrico e, por outro lado, dificulta sobremodo a navegação fluvial.

Em particular, o rio Iguaçu é navegável num trecho de 239Km, entre Porto Amazonas e União da Vitória. No início do povoamento na região sul do Estado do Paraná, final do século XIX, não se utilizavam às vias fluviais, pois o relevo acidentado não permitia a navegação, meio de transporte muito utilizado no período (CAMARGO, 2001).

A bacia do rio Iguaçu está compreendida na área da Bacia Sedimentar do Paraná. Segundo Ross (1997):

As bacias sedimentares formaram-se ao longo do Fanerozóico, ou seja, nos últimos 600 milhões de anos. Os planaltos em bacias sedimentares são quase inteiramente circundados por depressões periféricas ou marginais e todo contato com as depressões circundantes é feito através de escarpas que se identificam como frente de cuesta única ou desdobrada em duas ou mais frentes. Os planaltos e chapadas da bacia do Paraná englobam terrenos sedimentares com idades desde o Devoniano até o Cretáceo e rochas vulcânicas básicas e ácidas do Mesozóico.

Na bacia do rio Iguaçu encontram-se as Serras de São Luiz do Purunã e da Boa Esperança, fazendo com que o leito do rio passe por dois vales de ruptura e à oeste tem-se as

cataratas do Iguaçu. Conforme mostra a figura 23. Pode-se observar também que fica representado o Planalto de Curitiba ou primeiro planalto, Ponta Grossa ou Segundo Planalto e de Guarapuava ou Terceiro Planalto.

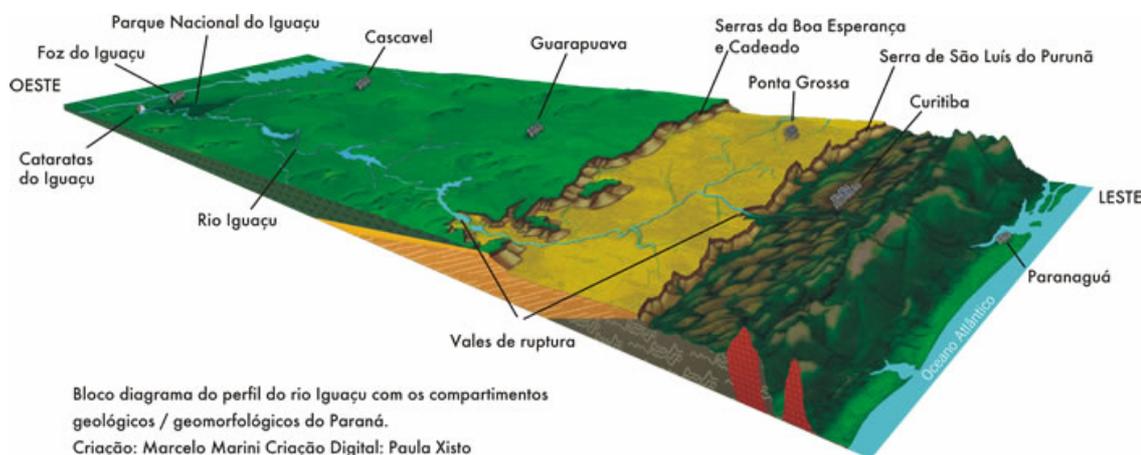


Figura 23 – Organização do relevo da bacia do rio Iguaçu.

Fonte: Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/mineropar>>. Acesso em 10/01/06.

Devido a grande extensão da bacia do rio Iguaçu, pode-se encontrar características dinâmicas da Geologia, Geomorfologia, Hidrografia, Climatologia e Fitogeografia, compreendendo os três planaltos paranaenses.

Thomaz (1984), retratou as características geológicas organizadas de acordo com as eras da seguinte forma, para a área da bacia hidrográfica do rio Iguaçu:

Era Paleozóica - No período Devoniano iniciou-se a história do Paleozóico (mais de 370 milhões de anos).

Na bacia do rio Iguaçu, desde a escarpa da Serrinha localmente denominada Serra de São Luiz do Purunã, que a leste separa o Planalto de Curitiba e se prolonga a oeste até a calha do Rio Paraná, encontra-se sobre a superfície peneplanizada pré-devoniana depósitos de arenitos esbranquiçados, de granulometria média a grosseira, intercalada por alguns seixos. Estes arenitos mostram a estratificação cruzada e depósitos residuais de canais, indicando um ambiente fluvial para este pacote sedimentar denominado Formação Furnas. Na Geomorfologia da bacia do rio Iguaçu, o arenito Furnas tem importância, pois a área de sua ocorrência é caracterizada por mesetas com as bordas escalonadas e muitos córregos do tipo lageado originando em alguns trechos, profundos “canyons” (THOMAZ, 1984).

No Permiano, originou-se o Grupo Guatá. A característica deste período é o início de uma subsidência gradual determinando uma transgressão marinha que, com pequenas interrupções relativas a rápidas regressões, condiciona a deposição dos sedimentos correspondentes a três formações: Irati, Serra Alta e Teresina. Dentre as formações deste

grupo, destaca-se a formação Irati que, consiste de folhelhos argilosos e argilitos cinza escuro pirobetuminosos e calcários, indicativos ambientais de um mar fechado. Na bacia do rio Iguaçu esta formação apresenta uma longa faixa de afloramentos, com sua principal ocorrência na região de São Mateus do Sul, considerada a segunda maior reserva de “xisto betuminoso” do mundo (THOMAZ, 1984).

No Cretácio inferior, o sul do Brasil foi palco da maior atividade de vulcanismo de fissura sobre a superfície terrestre. A grande efusão de magmas básicos originou um espesso pacote de basaltos atingindo, em algumas áreas, 32 derrames sucessivos com espessura em torno de 50m cada, como na região oeste da bacia do rio Iguaçu. A ocorrência de arenitos intercalados mostra a persistência da atividade eólica marginando a área, sob o domínio de um clima árido. Esse conjunto de rochas foi designado como Formação Serra Geral que, na bacia do rio Iguaçu aparece no reverso da escarpa que separa o Segundo do Terceiro Planalto. Como resultado da meteorização sofrida, os basaltos originaram um solo bastante fértil denominado “terra roxa” (THOMAZ, 1984).

Era Cenozóica - destaca-se a bacia de Curitiba, localizada no centro-sul do Primeiro Planalto, apresenta as principais feições representativas deste tempo geológico. Sobre um embasamento constituído por gnaiesses, sob condições climáticas semi-áridas, o desenvolvimento de leques aluviais permitiu a deposição de argilitos, contendo freqüentes grãos de quartzo e feldspato. Sobre essas feições, acham-se assentados os sedimentos mais recentes, resultantes da ação dos rios que drenam a bacia, correspondendo a depósitos de várzea.

Este planalto com largura média de 75Km, drenado pelo trecho superior da bacia do Iguaçu, apresenta-se atualmente superfície mais regular com altitudes variando entre 850 e 950m. Entre a topografia, suavemente ondulada, encontram-se amplas zonas deprimidas, nas quais se depositou uma sedimentação flúvio-lacustre, trabalhada pela erosão atual, salientando-se em meio a uma topografia de colinas, dos terrenos arqueozóicos que as circundam. Esta topografia pode ser observada em Curitiba e na zona colonial agrícola dos seus arredores.

Os solos que predominam no Primeiro Planalto são de três tipos: 1) Podzólico vermelho-amarelo (PVA) são bem drenado com forte eluviação no horizonte A que apresenta coloração esbranquiçada, assentado sobre o horizonte B textural, enriquecido com argila. O Latossolo vermelho-amarelo (LVA), é profundo, bem drenado de textura arenosa, ácido de fertilidade mediana para fins agrícolas. 3) Cambissolos (Ca), poucos desenvolvidos, com

horizonte B incipiente de textura arenosa (EMBRAPA, 1979 apud NÓBREGA & CUNHA, 2000).

Com o Segundo Planalto (Planalto de Ponta Grossa), inicia a região dos sedimentos paleozóicos e mesozóicos não perturbados por movimentos orogênicos, todavia suavemente inclinados para Oeste, Sudoeste e Noroeste. Este possui altitude de, aproximadamente, 1000m à leste, na Serra de São Luiz do Purunã, diminuindo a oeste para 750 a 780m, frente à escarpa da Serra Geral, fazendo parte da porção superior da bacia do rio Iguaçu.

Os solos no Segundo Planalto se apresentam em quatro grandes grupos: 1) Litólicos (Ra) ocorrem junto às encostas de serras, rasos e apresentam propriedades físicas e químicas de acordo com o substrato. São férteis aqueles formados do basalto. 2) Latossolo roxo (LR), profundo, argiloso, boa drenagem, rico em nutrientes e pH próximo a 6. Trata-se de um solo fértil que era ocupado pela floresta latifoliada tropical e intensamente aproveitado pela agricultura. 3) Podzol vermelho-amarelo (PVA), desenvolvido, bem drenado com forte eluviação no horizonte A que apresenta coloração esbranquiçada, assentado sobre o horizonte B textural enriquecido com argila. 4) Cambissolos (Ca), pouco desenvolvido, com horizonte B incipiente de textura arenosa (EMBRAPA, 1979 apud NÓBREGA & CUNHA, 2000).

Segundo Maack (2002):

No Terceiro Planalto encontra-se entre o divisor de águas dos rios Piquiri e Iguaçu, altitude de até 1250m na testa da escarpa, declinando para oeste sobre os lençóis de trapp, até 350m, chegando a 197m no cañon do rio Paraná. No sul do rio Iguaçu em Palmas a 1.177m de altitude e Clevelândia a 975m, encontra-se o divisor de águas Iguaçu-Uruguaí, pertencente ao norte do planalto de trapp de Santa Catarina, diminuindo para 700 a 300m no vale do Iguaçu.

O Terceiro Planalto localiza-se na região de Guarapuava e segue em direção oeste da bacia do rio Iguaçu, onde se limita com a calha do rio Paraná, apresentando-se os grupos de solos: Latossolos roxo escuro e Terra roxa (eutróficos e distróficos), que são originários das rochas eruptivas basálticas, com pH próximo a neutro, textura argilosa, alto poder de troca iônica e retenção de água. Os Litólicos (Ra), são rasos e apresentam propriedades físicas e químicas de acordo com o substrato. Os Podzólicos vermelho-amarelo (PVA), são desenvolvido, bem drenado com forte eluviação no horizonte A que apresenta coloração esbranquiçada assentado sobre o horizonte B textural enriquecido com argila (EMBRAPA, 1979 apud NÓBREGA & CUNHA, 2000).

No sul do Estado do Paraná, onde se localiza a bacia do rio Iguaçu com latitudes superiores ao trópico de Capricórnio tem-se o clima subtropical, não apresentando temperaturas muito elevadas, registrando em média 20 a 22°C. Apresenta evapotranspiração baixa, sem déficit hídrico, aliado às chuvas abundantes e bem distribuídas durante o ano (IBGE, 1968).

De acordo com a classificação de Köppen, na área da bacia domina o clima do tipo C (Mesotérmico) subdividido da seguinte forma:

Cfb – Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente inferior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca e média de precipitação pluvial anual entre 1200 a 1800mm, verão brando e geadas severas, demasiadamente freqüentes. Distribui-se pelas terras mais altas dos planaltos e das áreas serranas (Planaltos de Curitiba, Campos Gerais, Guarapuava, Palmas, etc). **Cfa** – Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida e média de precipitação pluvial anual entre 1600 a 2500mm, verão quente e geadas menos freqüentes (MAACK, 2002). Distribuindo-se pela porção inferior da bacia do rio Iguaçu, (Figura 24).

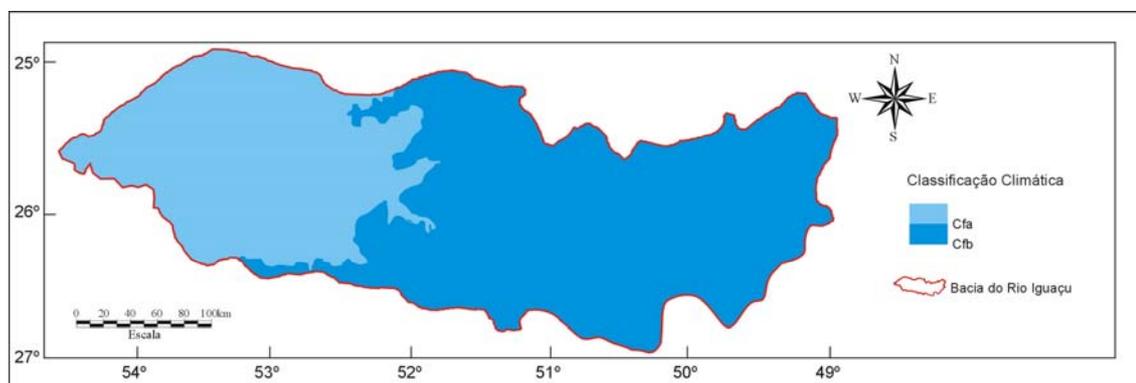


Figura 24- Classificação climática de Köppen.
Fonte: IAPAR (2006).

Conforme ressalta IBGE (1968), a região sofre a influência de várias massas de ar que determinam a dinâmica atmosférica. Essa dinâmica compreende: correntes perturbadas do sul com massas polares frias e secas em descontinuidade frontal, predominando no inverno a polar atlântica (Pa); correntes marítimas de leste, tépidas e úmidas predominando no verão com a tropical atlântica (Ta); correntes de oeste, quentes e úmidas representada pela massa de ar equatorial continental (Ec), provinda do centro térmico de baixa pressão do Chaco, localizado no interior do continente, na região do pantanal matogrossense, que predominam

no outono e primavera, juntamente com a tropical continental (Tc) que, possui característica quente e seca.

A vegetação da bacia do rio Iguaçu (Figura 25), está relacionada ao tipo de clima e solo encontrado em determinada região. A espécie que mais se distingue em sua fisionomia, é a mata de araucária ou floresta ombrofila mista. Os pinheiros (araucária angustifolia) se distribuem no território desde o Rio Grande do Sul, em altitudes de 400m, até o Estado de São Paulo a 800m, sendo destaque no Estado do Paraná e Santa Catarina. Além do clima, o relevo e a altitude condicionam as araucárias encontradas no Paraná, nos vales médios ou inferiores do rio Iguaçu. Observa-se também a floresta estacional semidecidual, encontradas no oeste da bacia do rio Iguaçu e preservada no Parque Nacional do Iguaçu (RODERJAN, 1997).

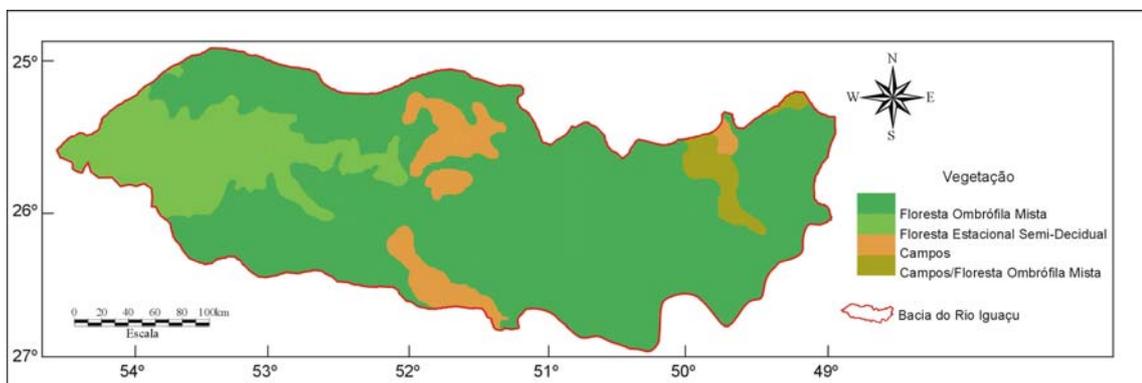


Figura 25 - Vegetação da bacia do rio Iguaçu.
Fonte: IPARDES (1997).

Entre as espécies arbóreas mais importantes tem-se, segundo IBGE, 1977:

O angico (*Piptadenia sp.*), o cedro (*Cedrella sp.*), várias canelas (*Ocotea sp.* e *Nectandra sp.*), perobas (*Aspidosperma sp.*), paus d'algo (*Gallesia gorarema*), dentre outras. Entre as palmeiras destacam-se o jerivá (*Arecastrum romanzoffianum*) e o palmito (*Euterpe edulis*). O sub-bosque é rico em pteridófitas, principalmente dos gêneros *Cyathea* e *Alsophila*. Constata-se a riqueza em epífitas.

A característica dessa vegetação é de floresta densa formada por árvores de 25 a 30m de altura, de grossos troncos. Em muitas áreas do Estado paranaense, acha-se intercalada com as matas de araucárias nas áreas elevadas, de temperaturas mais baixas ocupando, de preferência, os pontos em que o solo é mais fértil (IBGE, 1968).

Nas escarpas ocorrem chuvas orográficas, com umidade trazida pelas correntes de ar, principalmente da tropical atlântica (Ta), elevando a pluviosidade e propiciando a formação de uma vegetação de floresta mais densa.

Observa-se ainda, constituindo a paisagem do Paraná, os campos iniciando-se ao sul de São Paulo, nos limites do Paraná penetram neste Estado, onde irão constituir sob a forma de uma longa faixa no início do Segundo Planalto, os chamados “*campos gerais*”, conforme figura 25. Essa vegetação aparece em forma de manchas na região de Curitiba, Castro e continuam para o oeste formando os campos de Guarapuava, Palmas e Clevelândia, no setor da média bacia (IBGE, 1968).

Segundo IBGE, 1968:

Ocupam assim, as áreas de solos pobres derivados do arenito Furnas. Com seu aspecto quase sempre formado por uma cobertura de gramíneas, cuja altura varia de 10 a 50cm aproximadamente, reveste o solo, podendo apresentar-se de forma quase contínua ou deixar a descoberto alguns pontos do solo, quando as gramíneas se agrupam sob a forma de tufos. Esparsamente podem aparecer pequenos subarbustos e, muito raramente arbustos.

Com topografia suavemente ondulada os campos se modificam em áreas de depressões e, ao longo dos rios (maior umidade), formando os capões e as matas galerias.

A região dos campos foi muito importante no processo de colonização. Nela ocorreu também a passagem dos tropeiros transportando os muares comercializados em Sorocaba no Estado de São Paulo, conhecido como período do *tropeirismo* (IBGE, 1968).

As paisagens paranaenses sofreram as interferências sócio-econômicas das décadas de 70 e 80, com a ocupação e o adensamento populacional mais intenso do país.

Segundo Troppmair (1990):

Estas variações demográficas, principalmente os adensamentos nucleares e a expansão das áreas de cultura, refletiram-se profundamente sobre a estrutura do uso do solo, fazendo praticamente desaparecer, com exceção na Serra do Mar e nos campos gerais, todas as paisagens naturais com a cobertura vegetal originária. Algumas manchas e áreas de preservação são os únicos testemunhos das outrora pujantes florestas.

Na região Sudoeste paranaense, porção inferior da bacia do rio Iguaçu, observou-se em primeiro momento a economia extrativista, da erva-mate e da madeira, aliada a ocupação do espaço junto às frentes sulistas, originárias do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, no período de 1820 a 1946. Após, à devastação da vegetação foi à pequena propriedade colonial familiar, assentada nas atividades produtivas de subsistência caracterizou-se um segundo momento, e o terceiro, apresentou-se com a comercialização dos excedentes produtivos (MORO, 1998).

Durante a década de 40, com a transposição do rio Iguazu, inicia-se a colonização moderna na região oeste paranaense. Segundo Padis apud Moro (1998), é a partir dos anos cinquenta que a região passou a experimentar um rigoroso surto de transformação, culminando, em menos de 20 anos, com o aparecimento de quase 40 cidades, em função de vários fluxos migratórios, predominantes do Sul do Brasil.

Em 1970, tem-se em destaque a economia, através da modernização da agricultura, no oeste paranaense, a presença de solos com elevada fertilidade, a horizontabilidade dos terrenos, a tradição dos colonos em atividades agropecuárias (cereais e suínos), o forte sentimento associativista que teve, como exemplo, as cooperativas agropecuárias, que também contribuíram decisivamente para o progresso econômico dessas regiões. Economicamente, os esforços dessa modernização concentraram-se nos produtos que permitem uma reprodução ampliada do capital como a soja, trigo, milho, algodão, cana-de-açúcar, dentre outros (MORO, 1998).

Observou-se também, transformação na organização espacial e populacional paranaense como cita Moro (1998):

No contexto das mudanças estruturais que se verificaram no processo do desenvolvimento da economia do Estado, em especial no setor primário com a modernização da sua agricultura, a dinâmica da mobilidade espacial da população paranaense, durante as décadas de 70 e 80, foi de tal magnitude, sobretudo no que tange a situação rural-urbana da população, que culminou por afetar, não só a sua distribuição espacial, conferindo-lhe um novo desenho, mas também notadamente seu crescimento, acabando por reduzir sua participação relativa na composição da população brasileira. Parte razoável do contingente populacional que deixou o campo e migrou para outras unidades territoriais do país.

A partir da consolidação da modernização agrícola, predominou-se no Estado do Paraná, as grandes propriedades de terras favorecidas pelo uso intensivo do capital e das tecnologias modernas (maquinários), por outro lado, verificou-se a redução das pequenas e médias áreas agrícolas, como na região oeste e sudoeste da bacia do rio Iguazu.

De acordo com Moro (1998), o contexto econômico relacionado às atividades industriais, se organizou baseado nos recursos naturais disponíveis no Estado. Caracterizando-se o setor de ervateiras, madeireiras, laminadoras, papel e celulose, moveleiras, fósforos, dentre as, mais significativas. Ao mesmo tempo, outras atividades industriais, representadas pelas indústrias de alimentos, bebidas, confecções, cerâmicas e outras, com gênese na experiência artesanal trazida pelos imigrantes europeus, começaram a tomar corpo na economia estadual, localizadas sobremaneira no sul do Estado, na porção superior da bacia do

rio Iguaçu (Curitiba, Ponta Grossa, Campo Largo). As agroindústrias representaram um papel de destaque na economia, favorecendo o fortalecimento industrial.

Moro, 1998 a respeito da agroindústria afirma:

No Oeste e Sudoeste, os exemplos mais patentes estão entre a produção integrada – agropecuária/indústria – de aves suínas com as gigantes do setor – Sadia e Perdigão. No Sul do Estado, o exemplo fica por conta da Souza Cruz com os produtores de fumo (Irati).

Como pode-se observar, a organização espacial da bacia do rio Iguaçu, que compreende grande área da região sul, sudoeste e oeste do Estado do Paraná, apresenta-se diversificada e influenciada pelos fatores naturais e antrópicos. E desaguando na bacia do rio Paraná, se interage possibilitando, vazão fluvial com potencial energético e de ocupação espacial, remontando a conflitos do espaço e tempo na área da bacia.

Neste sentido a percepção atual da complexa relação entre o ambiente (natural) e a organização sócio-econômica passa necessariamente pelo diagnóstico de como o clima e seus elementos e/ou parâmetros interferem, modificam e são derivados da ação do homem na construção de um espaço cada vez mais antropizado (SANT`ANNA NETO, 1998).

4-METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

Foram utilizados dados de precipitações pluviiais diários, mensais e anuais fornecidos pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), num total de 195 postos de coleta de dados distribuídos na área da bacia. Destas foram selecionadas 31 séries de precipitações pluviiais, buscando trabalhar com as séries de dados mais completas e com período maior, destacando uma significativa distribuição espacial.

Através do banco de dados da área de Meteorologia, DFI/UEM, comparou-se os anos já existentes, quando não foi possível este monitoramento, observou-se os resultados em relação às tendências centrais, tais como média, desvio padrão, mediana que, resultou em 31 séries de precipitações pluviiais com a melhor distribuição temporal e espacialmente em séries climatológicas durante o período de 1965 a 2002, nos Estados do Paraná e Santa Catarina, conforme mostra a Figura 26 e Tabela 6.

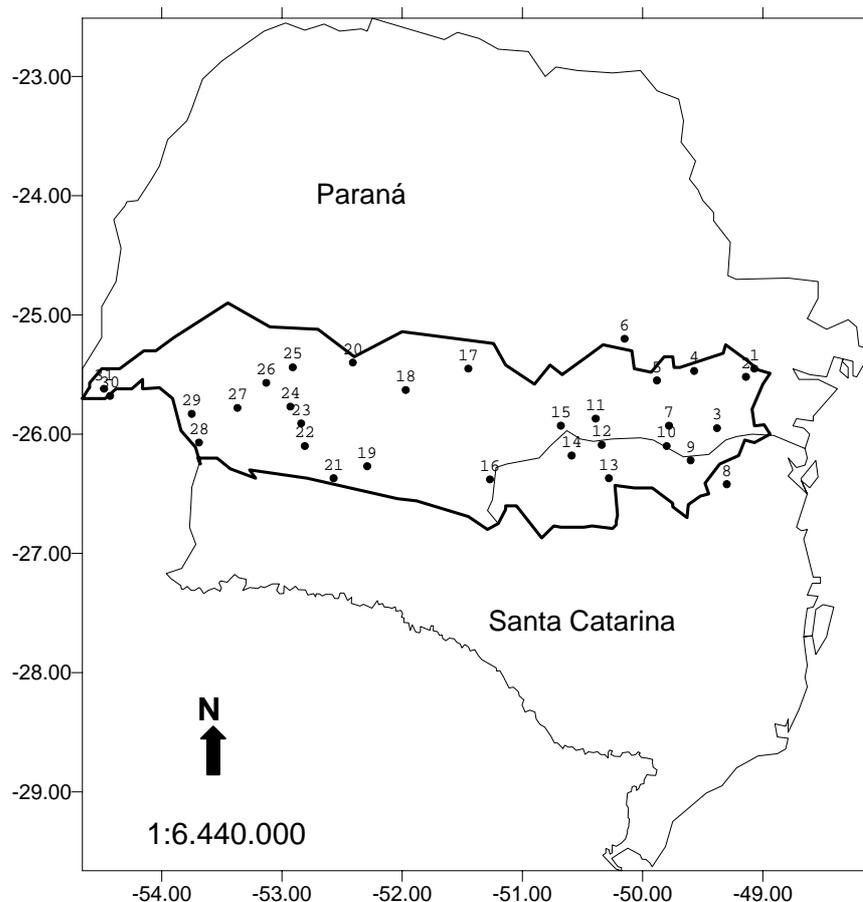


Figura 26 - Localização dos postos pluviométricos na bacia do rio Iguaçu, situados entre os Estados do Paraná e Santa Catarina, no Sul do Brasil.

Fonte: Azevedo (2004).

Tabela 6 – Postos pluviométricos com suas respectivas latitudes, longitudes e altitudes.

Nº	Posto Pluviométrico	Município	Latitude	Longitude	Altitude(m)
1	PIRAQUARA	Piraquara	25° 27' 00"	49° 04' 01"	900
2	FAZENDINHA	São José dos Pinhais	25° 31' 09"	49° 08' 48"	910
3	RIO DA VÁRZEA DOS LIMA	Quitandinha	25° 57' 00"	49° 22' 59"	810
4	ITAQUI	Campo Largo	25° 28' 00"	49° 34' 00"	901
5	PORTO AMAZONAS	Porto Amazonas	25° 33' 00"	49° 52' 59"	793
6	SANTA CRUZ	Ponta Grossa	25° 12' 00"	50° 09' 00"	790
7	SÃO BENTO	Lapa	25° 55' 59"	49° 46' 59"	750
8	CORUPA (HANSA)	Corupa	26° 25' 00"	49° 18' 00"	200
9	RIO PRETO DO SUL	Rio Negro	26° 13' 00"	49° 36' 00"	780
10	RIO NEGRO	Rio Negro	26° 06' 00"	49° 48' 00"	770
11	SÃO MATEUS DO SUL	São Mateus do Sul	25° 52' 32"	50° 23' 22"	760
12	DIVISA	São Mateus do Sul	26° 05' 29"	50° 20' 02"	770
13	S. CANOINHAS	Papanduva	26° 22' 00"	50° 17' 00"	765
14	FLUVIÓPOLIS	São Mateus do Sul	26° 01' 09"	50° 35' 33"	770
15	RIO CLARO DO SUL	Mallet	25° 56' 00"	50° 41' 00"	750
16	JANGADA DO SUL	General Carneiro	26° 23' 13"	51° 16' 18"	800
17	GUARAPUAVA	Guarapuava	25° 27' 00"	51° 27' 00"	950
18	SANTA CLARA	Candói	25° 37' 59"	51° 58' 00"	740
19	SALTO CLAUDELINO	Clevelândia	26° 16' 40"	52° 17' 46"	926
20	LARANJEIRAS DO SUL	Laranjeiras do Sul	25° 24' 20"	52° 24' 15"	850
21	MARIÓPOLIS	Mariópolis	26° 22' 00"	52° 34' 00"	864
22	PONTE DO VITORINO	Bom Sucesso do Sul	26° 03' 01"	52° 48' 03"	550
23	BALSA DO SANTANA	Itapejara d'Oeste	25° 54' 54"	52° 50' 58"	450
24	ÁGUAS DO VERE	Verê	25° 46' 00"	52° 55' 59"	390
25	UEDAS IGUAÇU (CAMPO NOVO)	Quedas do Iguaçu	25° 26' 53"	52° 54' 15"	550
26	CRUZEIRO DO IGUAÇU – I	Cruzeiro do Iguaçu	25° 34' 00"	53° 07' 59"	450
27	SALTO DO LONTRA	Salto do Lontra	25° 46' 59"	53° 22' 00"	552
28	SANTO ANTONIO DO SUDOESTE	Santo Antonio do Sudoeste	26° 04' 06"	53° 41' 32"	520
29	PÉROLA DO OESTE	Pérola d'Oeste	25° 49' 59"	53° 45' 00"	400
30	SALTO CATARATAS	Foz do Iguaçu	25° 40' 59"	54° 25' 59"	152
31	PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU	Foz do Iguaçu	25° 37' 00"	54° 28' 59"	100

Fonte: SUDERHSA E ANEEL (2004).

Com base nestas séries, aplicou-se a análise estatística para determinação da média, do desvio padrão e coeficiente de variação. Calcularam-se também as anomalias dessa variável. Parâmetros que serão descritos abaixo.

Buscando avaliar a evolução média temporal e espacial da precipitação pluvial, calculou-se a média para todas as séries de dados obtidos. A média é uma boa medida de valores centrais, que segundo a Organização Meteorológica Mundial é bastante estável para períodos superiores há trinta anos, possibilitando a partir daí estabelecer comparações entre anos mais secos ou mais úmidos. Através da expressão:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{n} \quad (2)$$

onde $\sum_{i=1}^N X_i$ indica a soma dos valores observados da variável X e n representa o número de valores do conjunto de dados.

O desvio padrão também foi calculado para todas as séries de dados estudadas. O desvio padrão mede a dispersão dos dados em relação ao valor médio. Quanto maior a dispersão dos dados, maior a variabilidade da série analisada. A expressão que define o desvio padrão é dada por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

onde, S é o desvio padrão de uma amostra que depende da quantidade de dados (N) e da média dos dados estudados (\bar{X}).

O coeficiente de variação mede quanto a série analisada é homogênea. Esta medida é importante ao ser analisada juntamente com o valor médio e o desvio padrão. Para o coeficiente de variação calculado para as séries pluviiais, foi utilizada a expressão:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (4)$$

onde S , é o desvio padrão e \bar{X} , é a média.

Para a realização dos cálculos foi utilizado o *software Excel*. Na construção das isoietas utilizou-se o *software Surfer 7.0*, com o método de interpolação *Kriging*, que oferece uma melhor distribuição espacial das isolinhas da variável estudada, pois na krigeagem os pesos são determinados a partir de uma análise espacial e fornece, em média, estimativas não tendenciosas e com variância mínima (Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario/krigeagem.htm>>. Acesso em 20/10/05).

Para determinar a anomalia da precipitação pluvial utilizou-se a expressão:

$$(X_i - \bar{X}) \quad (5)$$

onde X_i é o valor da precipitação pluvial mensal ou anual e \bar{X} é a média da precipitação pluvial em todo o período estudado.

Para calcular a anomalia da precipitação pluvial, utilizou-se da evolução temporal, correspondente ao período de 1965 a 2002. Neste cálculo se totalizou os dados de todos os postos pluviométricos envolvidas na análise para um período temporal (meses ou anos). Depois de se calcular as médias aritméticas simples de todo o período em análise, calculou-se a anomalia para cada período temporal anual, para finalmente gerar o índice. Este índice foi

utilizado para correlacionar a precipitação pluvial com a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), do Pacífico e o índice de Oscilação Sul, extraídos das séries dos Boletins de Diagnósticos Climáticos, pertencentes ao banco de dados da área de Meteorologia, DFI/UEM.

Foram correlacionadas, de acordo com Trenberth (1997), as anomalias da temperatura do Oceano Pacífico, ao nível do mar, TSM (Niño 3.4) com os índices padronizados para cada período de El Niño. Considerando que a correlação apresentada não foi significativa, foram utilizadas as anomalias de TSM (Niño 1+2).

Desta forma, depois de calculados os valores de anomalias da precipitação pluvial para cada ano, selecionou-se os anos de El Niño (1982, 1983, 1997 e 1998) e La Niña (1985, 1988, e 2001) classificados por Trenberth (1997). O ano de 1984 foi selecionado como ano normal (sem ocorrência do fenômeno El Niño e La Niña). Períodos verificados na Tabela 7, mostrando os diferentes estágios de duração (mensal e anual).

Tabela 7 - Eventos El Niño e La Niña desde 1970 até 2002, 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).

Período de El Niño	Duração (meses)	Período de La Niña	Duração (meses)
Jan/72 a fev/73	14	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 e out/98	20	Abr/96 a jan/97	10
		Abr/99 a jan/2000	10
		Jun/2000 a jan/01	8
		Mai/01 a jan/02	9

Fonte: Trenberth (1997), adaptada por Baldo (2001) e atualizada.

Realizou-se a comparação entre os períodos de anomalias mais significativos (1982-83, 1985, 1988, 1997-98 e 2001-02), classificados por Trenberth (1997) e 1984, ano normal. Proporcionando destacar a variabilidade pluvial existente na bacia, através dos parâmetros estatísticos: máximo, mínimo, quartil superior e inferior, desvio padrão, precipitação média e coeficiente de variação.

Foram selecionados os grupos homogêneos da área da bacia do rio Iguaçu, com a utilização do método de classificação hierárquica de Ward, com distância euclidiana. No método utilizou-se uma análise de variância para avaliar a distância entre as séries e fornecer uma síntese do conjunto de dados, isenta de subjetividade e justificada em um critério estatístico.

Para efetuar a regionalização utilizaram-se métodos de classificação não hierárquicos. Estes métodos de classificação indicam uma amostra de um grupo localizando e juntando as amostras similares. 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 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. Assim pode-se definir o Método de Ward, segundo Everitt & Graham (1991).

No caso de uma tabela T(n,p) de variáveis quantitativas, a estratégia de agregação do “crescimento mínimo do momento de ordem dois” é chamado de método de Ward. O princípio de funcionamento deste método pode ser apresentado como uma generalização multidimensional do modelo de análise de variância.

$$SCD_{tot} = SCD_{res} + SCD_{fac} \quad (6)$$

O SCD_{tot} é a soma dos quadrados dos desvios das observações à média geral; SCD_{res} é a soma dos quadrados dos desvios das observações em cada grupo, com respeito à média do grupo para todos os grupos e SCD_{fac} é a soma dos quadrados dos desvios das observações em cada grupo, com respeito à média geral.

Se a tabela T(n,p) contém uma só variável e são distinguidos \mathbf{K} grupos nas observações da expressão (6) resulta que:

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_k)^2 + \sum_{k=1}^K n_k (x_k - \bar{x})^2 \quad (7)$$

A inércia total é decomposta em uma soma de inércia intraclasses e da inércia interclasses. Se a tabela T(n,p), contém mais de uma variável e se distinguem \mathbf{K} grupos de observações, se substitui em (7) os desvios relativamente à média pelo quadrado das s distâncias euclidianas relativamente ao centro de gravidade.

$$\sum_{i=1}^n d_{(i,G)}^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n_k} d_{[i,G_k]}^2 + \sum_{k=1}^K n_k d_{(G_k,G)}^2 \quad (8)$$

Sendo: G uma coordenada variando de 1 a p , de acordo com a expressão $\bar{x}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_x} x_{i_p}$; G_k uma outra coordenada, cujo termo geral é $\bar{x}_{k_p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_k} x_{i_p}$ e a coordenada i , cuja definição é $\{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_p}\}$. Estas coordenadas serão calculadas com as respectivas distâncias euclidianas que sendo substituídas em (8) resultarão na equação (9).

$$\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^p (x_{i_p} - \bar{x}_p)^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{p=1}^p (x_{i_p}^k - \bar{x}_{k_p})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^p n_k (\bar{x}_{k_p} - \bar{x}_p)^2 \quad (9)$$

Se as observações apresentarem grupos bem diferenciados, as inércias intragrupos devem ser baixas e inércias intergrupos devem ser elevadas. A partir daí, como critério de agregação deve-se minimizar o crescimento da inércia intragrupos resultante da agregação dos dois grupos numa nova classe (EVERITT & GRAHAM, 1991).

Efetou-se a correlação da evolução mensal da precipitação pluvial com a anomalia da TSM, para os postos pluviométricos, Fazendinha (02) e Divisa (12), pertencentes ao grupo homogêneo (01). Guarapuava (17) e Parque Nacional do Iguaçu (31), do grupo homogêneo (2). Salto Claudelino (19) e Pérola do Oeste (29), situados no grupo homogêneo (3). Trabalhou-se os postos pluviométricos pertencentes a cada grupo homogêneo e representando a distribuição espacial da bacia. Sendo os períodos de análise para a correlação de anomalias mais significativas aos eventos de El Niño (1982-83 e 1997-98) e La Niña (1985, 1988, 2001-02), classificados por Trenberth (1997) e 1984, ano sem estar relacionado com algum evento. Para a elaboração dos gráficos utilizou-se o programa *Statística*.

A frequência mensal da precipitação pluvial foi realizada através da metodologia de Soriano (2003), que consiste em analisar o percentual de dias com precipitação pluvial em relação ao total de dias estudados no período, verificados através das ocorrências diárias. Para a classificação da intensidade da precipitação pluvial, utilizaram-se intervalos de classes: muito fraca, valores entre [0.6 a 5mm) de chuva; fraca entre [5 a 10mm); moderadamente fraca [10 a 15mm), moderada [15 a 20mm); moderadamente forte [20 a 25mm), forte [25 a 30mm) e muito forte acima de (30mm), conforme mostra a Tabela 8. Calculou-se o percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias

com ocorrências de chuva para cada mês de janeiro a dezembro, estudados no período de 1965 a 2002.

De acordo com o intervalo de classe foi feita uma classificação da intensidade de precipitação nos quais os valores de precipitação foram divididos em milímetros, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8-Classificação da intensidade de precipitação de acordo com o intervalo de classe.

Intervalo de precipitação (mm/dia)	Classificação da intensidade de precipitação
[0,6; 5)	Muito fraca
[5; 10)	Fraca
[10; 15)	Moderadamente fraca
[15; 20)	Moderada
[20; 25)	Moderadamente forte
[25; 30)	Forte
>30	Muito forte

[- Inclusive) - Exclusive

Fonte: Soriano (2003).

Para selecionar os postos de coletas de dados na área da bacia do rio Iguaçu, utilizou-se o método de classificação de áreas homogêneas (classificação hierárquica de Ward, com distância euclidiana), sendo um posto pluviométrico (série pluvial) em cada área determinada, à montante da bacia o posto Fazendinha (2), localizando-se no município de São José dos Pinhais. Na média bacia, o posto (17), localizando-se no município de Guarapuava e à jusante o posto (29), no município de Pérola d'Oeste, conforme se verificou na Figura 23 e Tabela 6. Estes postos também foram usados nos balanços hídricos com base nos dados de precipitação pluvial e temperatura.

Apesar de possuir vários métodos para se realizar o balanço hídrico, neste trabalho optou-se pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), onde são necessárias apenas três variáveis: a temperatura, a precipitação pluvial média anual e a latitude (utilizada para determinar o número de horas de insolação) e uma constante de 100mm, denominada capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) (SENTELHAS et al., 1999).

Para a elaboração do balanço hídrico, em cada um dos postos, utilizou-se a planilha *Excel* elaborada por (ROLIM et al., 1998).

A série de dados, bem como a classificação de Trenberth (1997), foram utilizadas na seleção dos períodos mais significativos, de ocorrência de El Niño (1982-83, 1997-98), La Niña (1985, 1988, 1999-2000 e 2001-02) e 1984, ano considerado normal para a elaboração

dos balanços hídricos períodos estes obtidos também através da análise do comportamento médio da precipitação no decorrer do período total estudado.

Para se analisar o padrão fluvial (vazão) do rio Iguaçu utilizou-se dados de 09 postos fluviométricos, fornecidos pela SUDERHSA, com distribuição espacial representativa dentro da área de estudo, Figura 27 e Tabela 9.

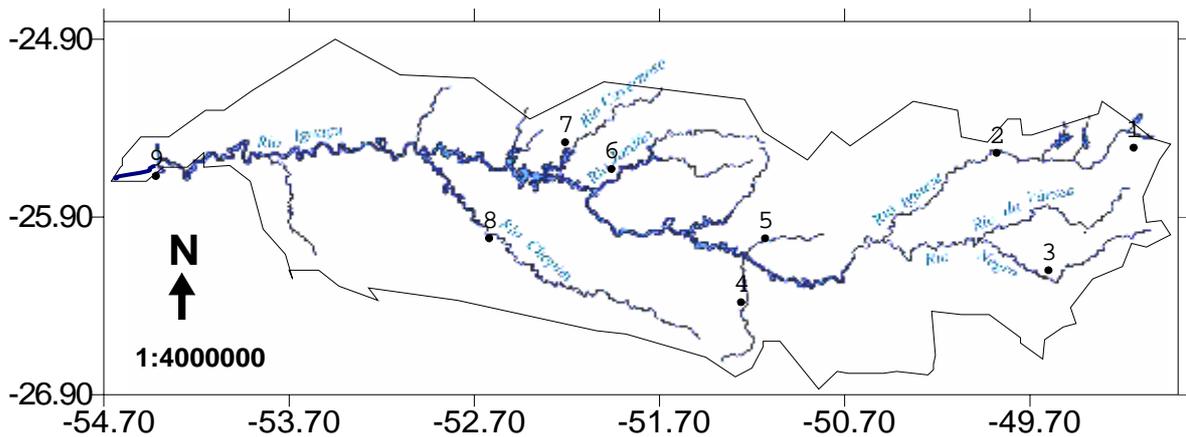


Figura 27 - Localização dos postos fluviométricos na bacia do rio Iguaçu.

Tabela 9 - Relação dos postos fluviométricos.

Nº	Posto Fluviométrico	Município	Rio	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Série Histórica
1	Fazendinha	São José dos Pinhais	Pequeno	25°31'09"	49°08'48"	875	1955-2002
2	Porto Amazonas	Porto Amazonas	Iguaçu	25°32'53"	49°53'22"	780	1945-2002
3	Rio Preto do Sul	Rio Negro	Negro	26°12'57"	49°36'09"	780	1951-2002
4	Jangada	General Carneiro	Jangada	26°23'13"	51°16'18"	800	1946-2002
5	Fazenda Maracanã	Cruz Machado	Palmital	26°01'49"	51°08'30"	840	1946-2002
6	Santa Clara	Candói	Jordão	25°38'17"	51°58'02"	740	1950-2002
7	Usina Cavernoso	Virmond	Cavernoso	25°29'02"	52°13'00"	850	1952-2002
8	Porto Palmeirinha	Coronel Vivida	Chopim	26°01'45"	52°37'42"	450	1955-2002
9	Salto Cataratas	Foz do Iguaçu	Iguaçu	25°40'59"	54°25'59"	152	1955-2002

Fonte: SUDERHSA (2004).

Utilizou-se o programa *Excel* na construção dos gráficos para análise da vazão mensal. Esta análise serviu para estudar a evolução temporal e espacial da vazão do rio principal, relacionado com eventos El Niño e La Niña. Também analisou-se, a influência de usinas hidrelétricas nesta bacia que, tiveram suas instalações efetivadas após a década de 70. Por esse motivo o período de análise da vazão foi maior do que 1965 iniciando a série de dados de posto de Porto Amazonas, no ano de 1945, conforme a Tabela 9.

Foi efetuada correlação linear da fluviometria com a TSM do Pacífico Equatorial, buscando uma possível explicação para a dinâmica do regime fluvial, com o aumento ou diminuição no volume de água transportada ou armazenada, de acordo com a ocorrência dos fenômenos El Niño (1982-83, 1997-98), La Niña (1985, 1988, 1999-2000 e 2001-02) e 1984, considerado um ano normal. Esta correlação foi elaborada através do programa *Statística*, sendo os dados selecionados com defasagem de até três meses, buscando-se uma possível relação defasada entre o resfriamento/aquecimento das águas do Oceano Pacífico Tropical e a vazão ocorrida na área da bacia do rio Iguaçu.

Quando estudado duas variáveis, verificou-se que, valores apresentados em uma correspondem os valores de outra, pode-se supor existir entre elas certa relação. Ao fazer um gráfico, observava-se que os valores dessas duas variáveis sobre um sistema de eixos perpendiculares dispõem nas proximidades de uma reta, diz-se haver, entre as variáveis em estudo, uma correlação linear. Se, além disso, verificar-se que ambas crescem juntas, ela será direta ou positiva, mas se ao crescimento de uma, corresponder o decréscimo da outra, ela será inversa ou negativa.

O fato de existir uma forte associação entre duas variáveis não significa haver entre elas relação de causa e efeito. Se uma reta mostra bom ajuste entre duas variáveis X e Y, há três possibilidades: 1) os valores de Y podem realmente depender dos valores de X, ou seja, pode haver efetiva relação causal entre X e Y; 2) a relação observada pode ser completamente causal entre X e Y, o que é muito improvável, ao se dispor de muitas observações e 3) pode haver uma terceira variável afetando X e Y.

O conceito de correlação refere-se a uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente uma relação de causa ou efeito ou mesmo a existência de uma estrutura com interesses práticos. O estudo da correlação numérica entre duas variáveis é geralmente um passo intermediário na análise do problema. A correlação entre duas variáveis pode ser linear ou não.

O coeficiente de correlação linear deve ser testado no que diz respeito ao seu nível de significância, havendo tabelas com valores críticos para esse coeficiente, nas quais se utiliza como graus de liberdade o valor $(n-2)$, onde n é o número de observações. Se o valor de r , calculado for maior do que o tabelado correspondente para o nível de significância respectivo, diz-se que a associação entre as variáveis é significativa. O teste de significância do r é baseado na premissa da normalidade das duas variáveis envolvidas (ANDRIOTTI, 2003 e SIEGEL, 1996).

O coeficiente de correlação linear é uma medida da intensidade da relação linear entre duas variáveis e mede o grau de relacionamento linear entre os dados emparelhados das variáveis X e Y em uma amostra que, é chamada de momento – produto de Pearson, em homenagem a Karl Pearson (1857 – 1936), que o definiu (ANDRIOTTI, 2003). Para esta correlação foi utilizado o valor crítico de correlação r de Pearson correspondente a $\alpha = 0,05$, conforme mostra a Tabela 09.

Tabela 10 – Valores críticos do coeficiente de correlação r de Pearson

n	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$
4	0,950	0,999
5	0,878	0,959
6	0,811	0,917
7	0,754	0,875
8	0,707	0,834
9	0,666	0,798
10	0,632	0,765
11	0,602	0,735
12	0,576	0,708
13	0,553	0,684
14	0,532	0,661
15	0,514	0,641
16	0,497	0,623
17	0,482	0,606
18	0,468	0,590
19	0,456	0,575
20	0,444	0,561
25	0,396	0,505
30	0,361	0,463
35	0,335	0,430
40	0,312	0,402
45	0,294	0,378
50	0,279	0,361
60	0,254	0,330
70	0,236	0,305
80	0,220	0,286
90	0,207	0,269
100	0,196	0,256

Obs: Para se fazer o teste de que $r =$ zero contra a alternativa de $r \neq$ zero, deve-se rejeitar a hipótese nula se o valor absoluto de r for maior que o valor crítico obtido na tabela acima. Essa tabela baseia-se na estatística $t = r(n - 2) / (1 - r^2)$ com $(n - 2)$ graus de liberdade, supondo dados com distribuição normal e correlação linear entre os dados.

Fonte: Andriotti (2003).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No primeiro momento da discussão dos resultados, será apresentado à análise espacial e temporal da bacia do rio Iguaçu, através da altitude, dinâmica atmosférica, média anual, desvio padrão e evolução interanual da precipitação pluvial e a seguir o cálculo das anomalias para alguns anos selecionados através da classificação de Trenberth (1997).

5.1. Análise espacial e temporal da precipitação pluvial

Pode-se observar que a variação das altitudes na bacia do rio Iguaçu é bem marcada, com valores superiores a 800m, de montante até a parte central dessa bacia. Já à jusante, os valores não ultrapassam 300m, podendo-se, dessa forma, observar um acentuado declive, o que possibilitou a geração de energia elétrica ao longo dessa bacia, conforme a Figura 28 e 29.

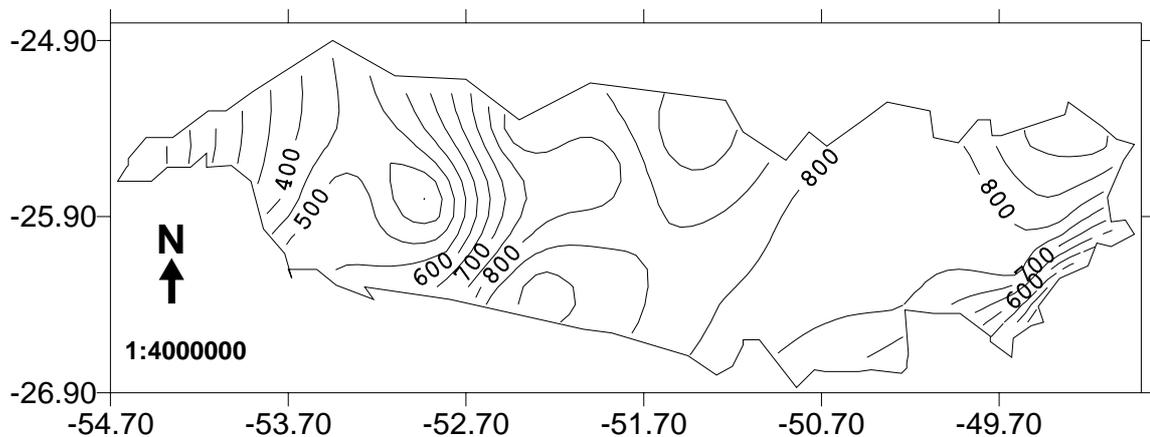


Figura 28 – Altitude (m) da bacia do rio Iguaçu.

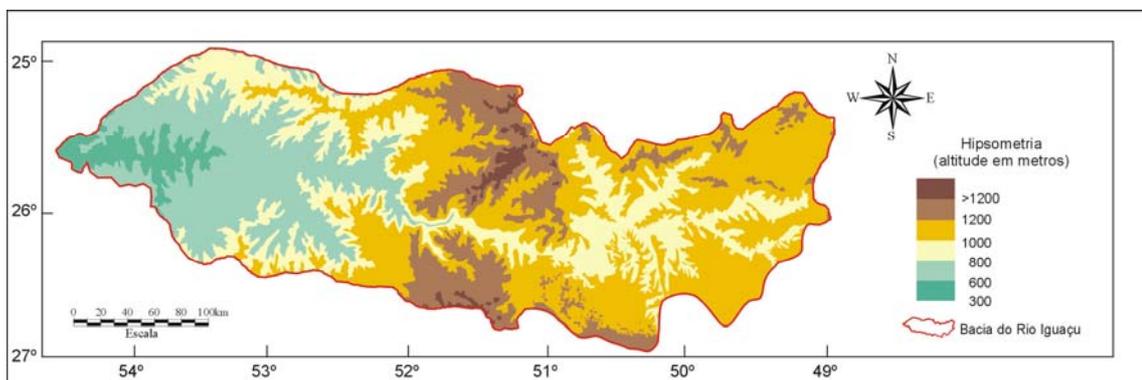


Figura 29 – Hipsometria da bacia do rio Iguaçu.

Fonte: IPARDES (1997).

Na Figura 30, nas isolinhas obtidas através da média do período, observa-se a variabilidade da precipitação pluvial na bacia, com valores de 1500mm à montante e valores de 1900mm, à jusante. Outra observação importante é que a parte central da bacia tem valores de precipitação de, aproximadamente, 1800mm devido à orografia dessa região, que alcança 1200m de altitude em Guarapuava.

Para a explicação da distribuição das precipitações pluviais na bacia, buscou-se analisar a dinâmica atmosférica regional. Sendo complexa e existindo diversas correntes perturbadoras que, por sua origem e direção de trajetória, são denominadas como: corrente do norte, representada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), corrente de este representada por ondas (EW), correntes de oeste, representada por linha de estabilidades tropicais (IT), e correntes do Sul, constituídas pelas frentes polares (FP) (NIMER, 1990). Aliada com a organização do relevo, que pode de certa forma influenciar a distribuição da precipitação pluvial na área da bacia.

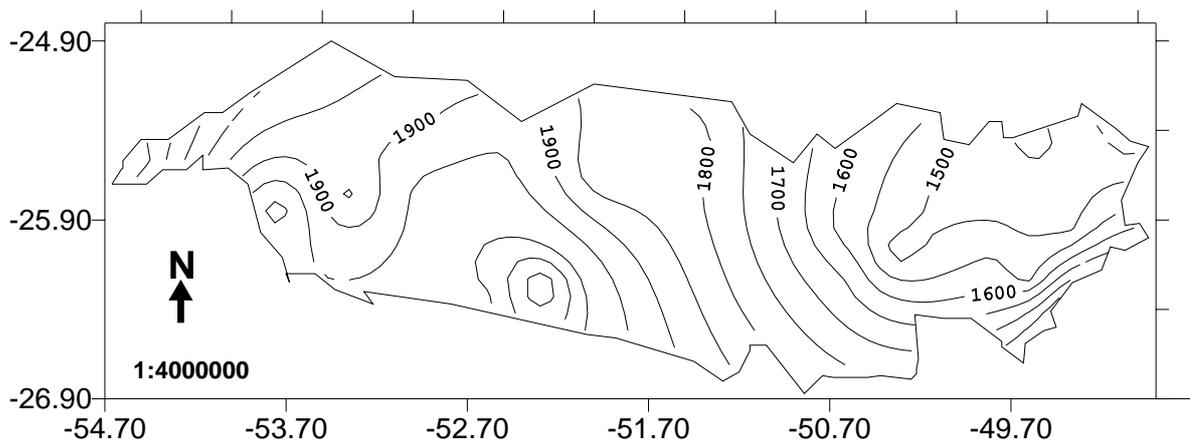


Figura 30 - Média anual da precipitação pluvial (mm) na bacia do rio Iguazu, período de 1965 a 2002.

Embora o relevo apresentando características gerais suaves na região sul do Brasil, sua influência se destaca principalmente nos Planaltos das Araucárias, próximo dos municípios de Guarapuava e Palmas, onde à altitude chega a 1200m, propiciando a formação das chuvas orográficas, a partir da dinâmica de entrada de massas polares, apresentando valores de precipitação de 1900mm na região sudoeste da bacia do rio Iguazu.

Através do cálculo do desvio padrão apresentado na Figura 31, observou-se que não ocorreu variabilidade da precipitação pluvial significativa (acima de 200mm) ao longo de toda a bacia. Sendo estes valores menores de desvios à montante da referida bacia (280mm de dispersão) e valores, à jusante, de aproximadamente, 480mm, assim onde a precipitação

pluvial é maior a variabilidade também é maior. A área de jusante da bacia do rio Iguaçu está próxima da represa da Usina Hidrelétrica de Itaipu, que concentra grande volume de água, interferindo no ciclo hidrológico da região, propiciando maior variabilidade na precipitação pluvial.

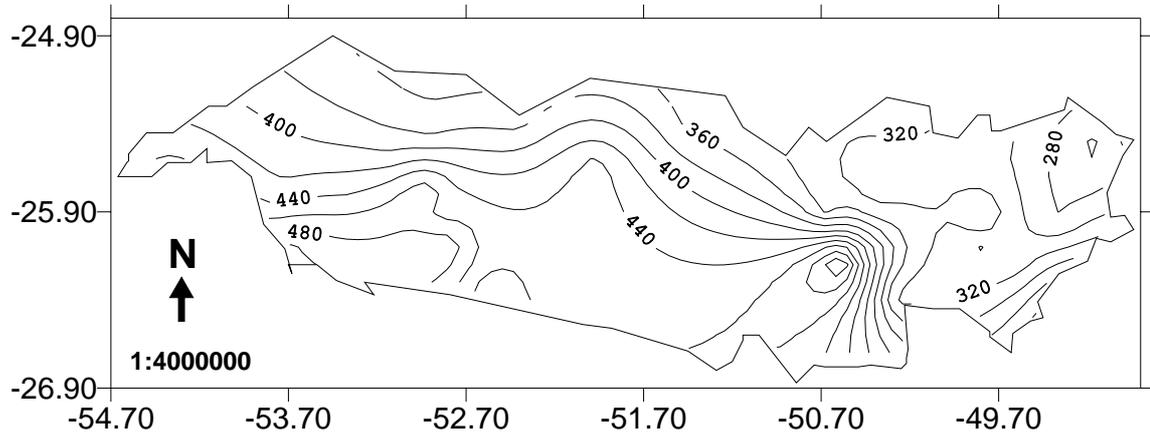


Figura 31-Desvio padrão das precipitações pluviométricas (mm) para a bacia do rio Iguaçu, no período de 1965 a 2002.

Na Figura 32 pode-se observar a evolução temporal da precipitação pluvial, média anual, média climatológica e o desvio padrão. Os valores de média, média mais desvio padrão e média menos o desvio padrão são importantes para estabelecer uma primeira aproximação dos anos mais secos e mais úmidos em relação ao valor médio climatológico.

A média interanual da precipitação pluvial para o período de 1965 a 2002 é de 1700mm, com variação do desvio padrão negativo de 1300mm, chegando a 2200mm no desvio padrão positivo.

A variabilidade interanual da precipitação pluvial apresentada na, Figura 32 mostra, os anos de 1982, 1983, 1990, 1996, 1997 e 1998 com maiores valores de precipitação pluvial e os anos de 1968, 1978, 1985, 1988, 1991, 1999 e 2001 com menores valores de precipitação e os outros anos como normais. Estes anos coincidem com eventos El Niño e La Niña, conforme mostra a Tabela 5.

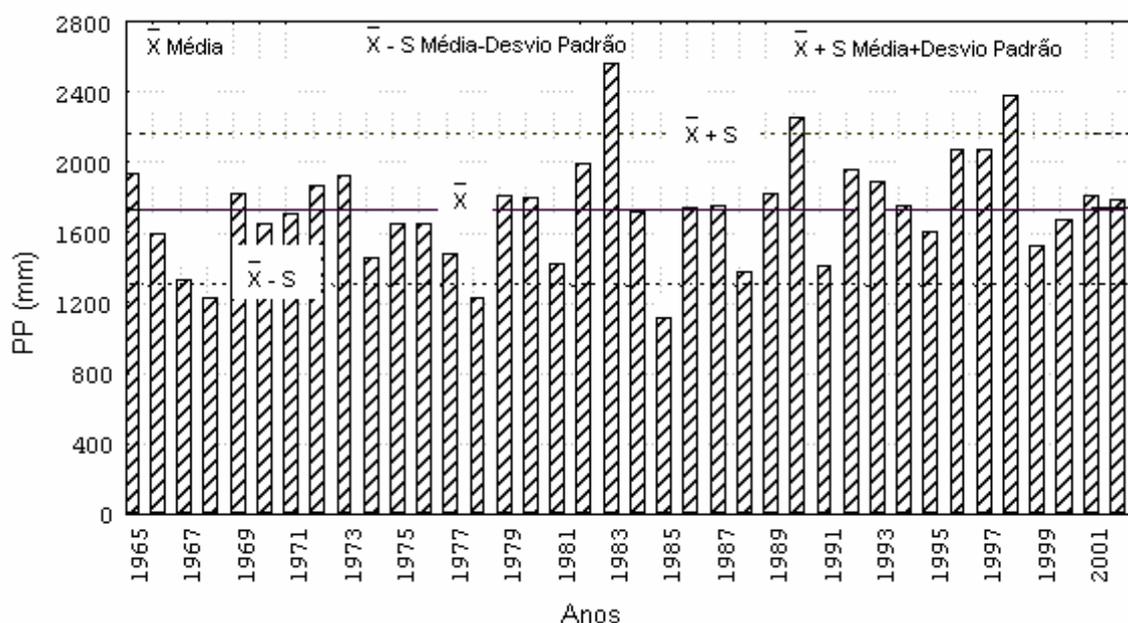


Figura 32 – Evolução interanual da precipitação pluvial na bacia do rio Iguazu, 1965 a 2002.

5.2. Análise das anomalias da precipitação pluvial

Foram calculadas anomalias para os anos de 1982, 1983, 1997 e 1998, com ocorrência de eventos El Niño e 1985, 1988 e 2001 para La Niña. O ano 1984 como normal, conforme mostram as Figuras 33 a 40.

Para o ano de 1982 se observam valores positivos, sendo os maiores valores de 500mm, à jusante da bacia, conforme a Figura 33.

O ano de 1983 apresentou valores significativamente maiores em relação ao ano 1982, sendo este período característico por forte intensidade do fenômeno El Niño, podendo-se observar valores de 1200mm na parte central e à jusante da bacia. Outra análise importante é que as anomalias foram positivas ao longo de toda a bacia, conforme mostra a Figura 34.

Os anos de 1982-83 foram anos de El Niño intenso, com início em julho de 1982 e fim em dezembro de 1983, segundo Trenberth (1997). Esse evento foi considerado o mais intenso dessa década e um dos mais intensos do século XX, provocando problemas de diversas magnitudes no mundo, ocasionando chuvas intensas no Sul do Brasil e registrando perda significativa nesta região.

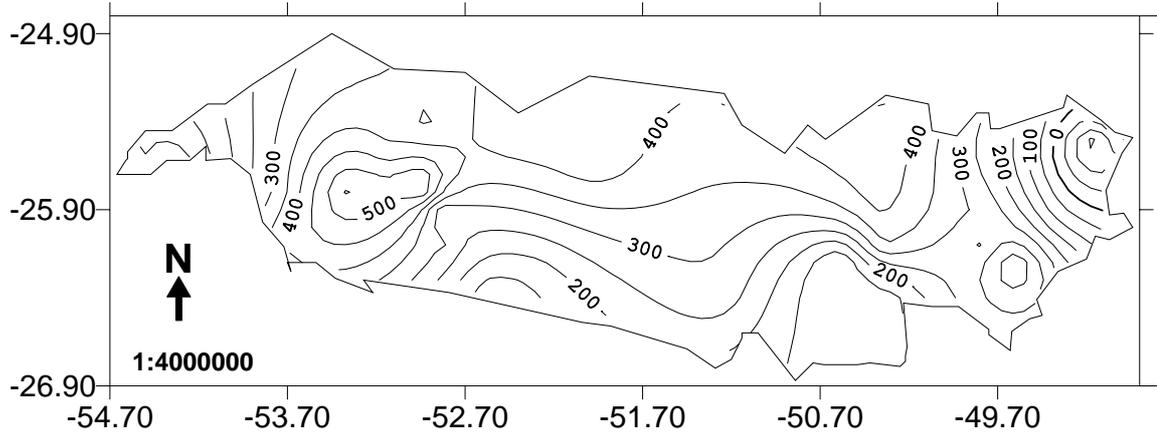


Figura 33 - Anomalia da precipitação pluvial (mm) do ano 1982, na bacia do rio Iguaçu.

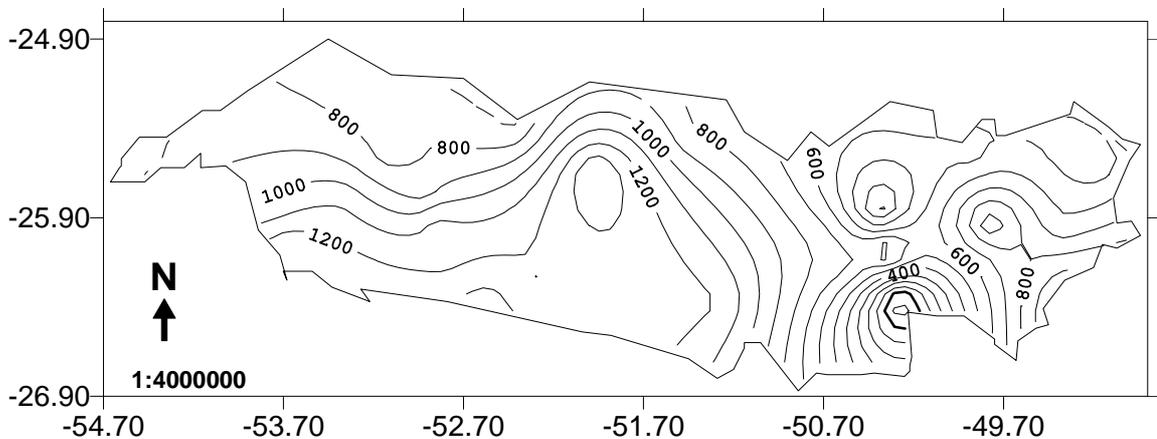


Figura 34 - Anomalia da precipitação pluvial (mm) no ano 1983, na bacia do rio Iguaçu.

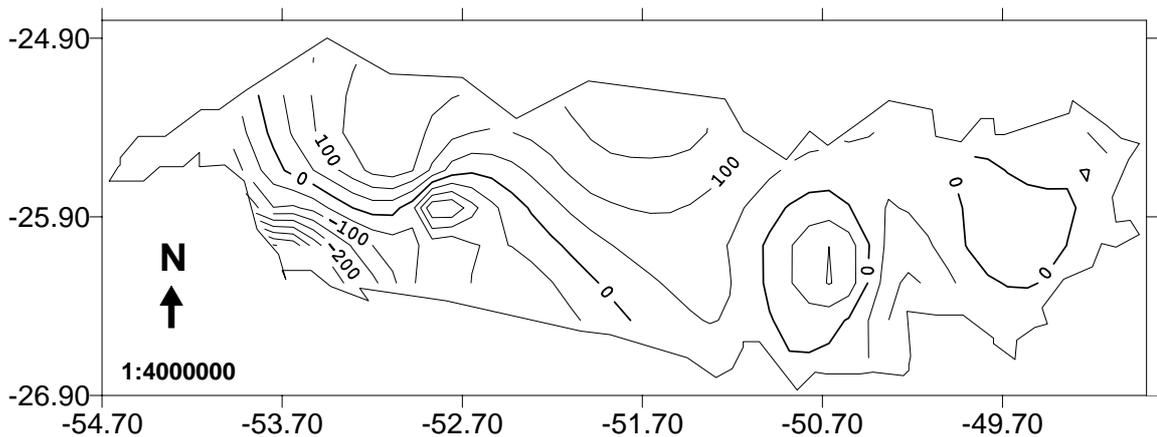


Figura 35 - Ano 1984, normal da precipitação pluvial (mm), na bacia do rio Iguaçu.

No ano 1984, considerado ano normal (Figura 35), observou-se que as anomalias não foram significativas em toda a bacia, com valores de 0mm a montante e -200mm próximo à jusante, na região sudoeste da bacia, para ser significativo tem-se que apresentar valores negativos ou positivos de no mínimo 280mm de precipitação pluvial. Dessa forma, observou-

se que não houve variabilidade da precipitação pluvial na bacia. Esse é um ano que se pode chamar de ano habitual, ou seja, os demais anos estudados podem ser comparados ao ano de 1984 para estabelecer se foram anos normais ou anos de anomalias significativas.

No ano 1985, observou-se que as anomalias foram significativamente negativas em toda a bacia, com valores de -500mm, à leste e -800mm, na região sudoeste da bacia, Figura 36. Esse foi, portanto um ano muito seco conforme a classificação de Trenberth (1997), como um ano de ocorrência do fenômeno La Niña, provocando chuvas abaixo da média na região Sul do Brasil.

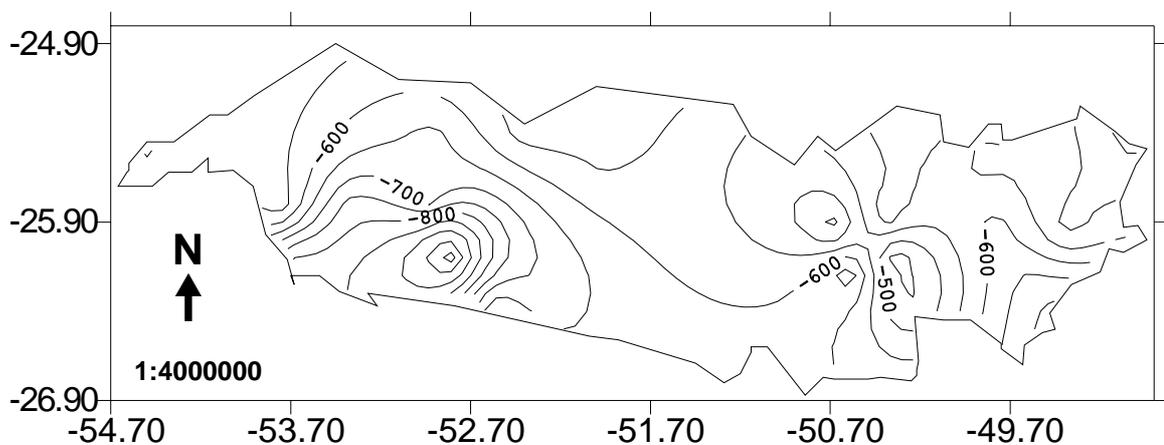


Figura 36 - Anomalia de precipitação pluvial (mm) no ano 1985, na bacia do rio Iguaçu.

O ano de 1988 apresentou, anomalias negativas, com valores de -300mm e valores -600mm (Figura 37). Pode-se observar que, comparando as Figuras 35 e 36, a anomalia foi mais intensa no ano de 1985, isto é, a precipitação pluvial foi menor nesse ano, possibilitando inferir a variabilidade de um evento para outro e comparando-se com o ano de 1984, (Figura 34), observou-se que foi significativa a anomalia entre todos os anos.

Através da Figura 37, apresenta-se a anomalia da precipitação pluvial para o ano 1997, podendo-se observar valores positivos em toda a bacia, sendo os maiores valores (500mm), localizados em grande parte da bacia.

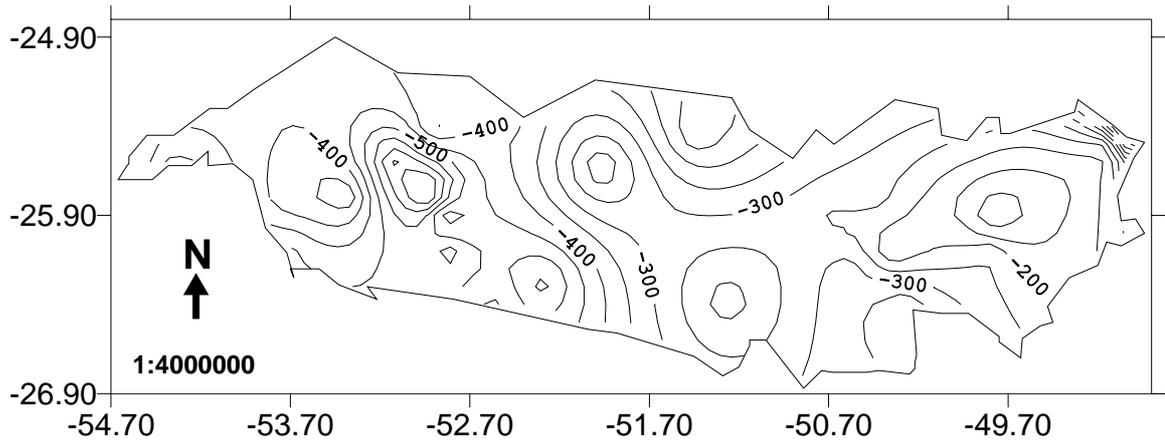


Figura 37 - Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 1988, na bacia do rio Iguaçu.

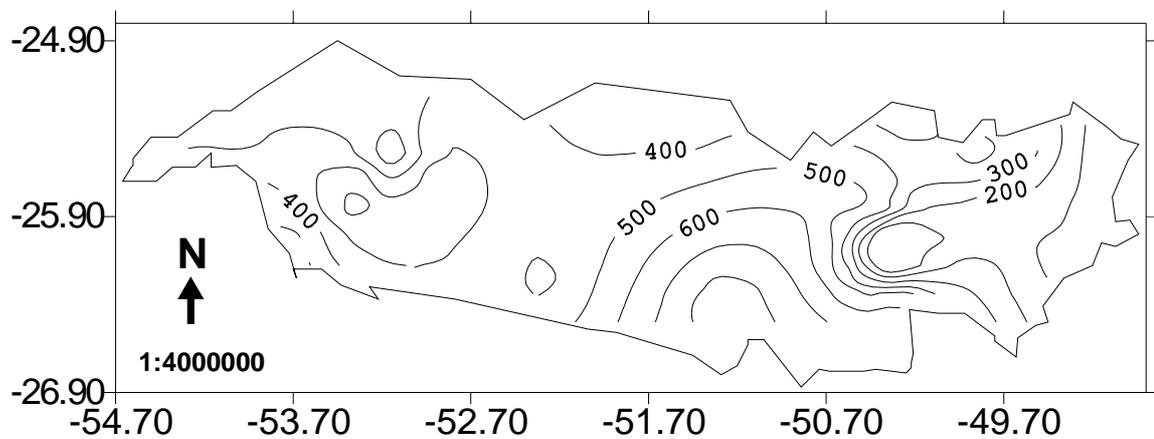


Figura 38 - Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 1997, na bacia do rio Iguaçu.

Para o ano de 1998, a anomalia da precipitação pluvial foi mais intensa do que no ano 1997. Pode-se observar valores de 450mm, chegando a 950mm, caracterizando anomalia positiva ao longo da bacia, Figura 39. Em relação ao período 1982/83. Pode-se observar que, embora 1997/98 tenha sido um período de intenso El Niño, ainda o período anterior foi mais marcado nessa bacia, novamente comparando também com 1984 (normal), observou-se que estes anos tiveram anomalias significativas (positiva) como para todos os anos de El Niño.

Para o ano de 2001, observou-se que mesmo considerado como de evento La Niña através da classificação de Trenberth (1997), apresentou valores (500mm na média bacia e 300mm negativos na porção inferior da bacia) de anomalia de precipitação pluvial próximo de um ano normal, sendo valores positivos ao norte da referida bacia. Logo, na bacia do rio Iguaçu não ocorreu influência significativa desse evento de La Niña (Figura 40), que talvez pode ser explicado pela influência do relevo ou pela dinâmica da circulação atmosférica.

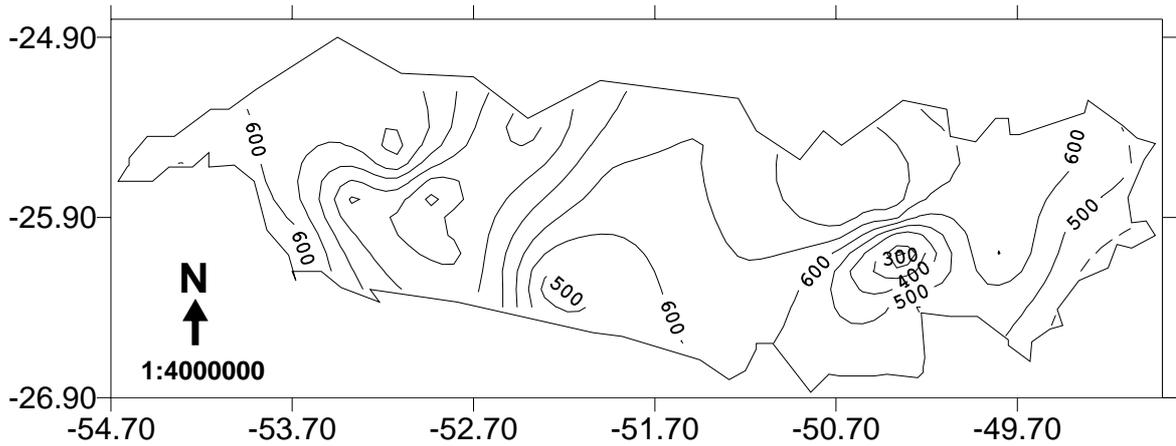


Figura 39 - Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 1998, na bacia do rio Iguaçu.

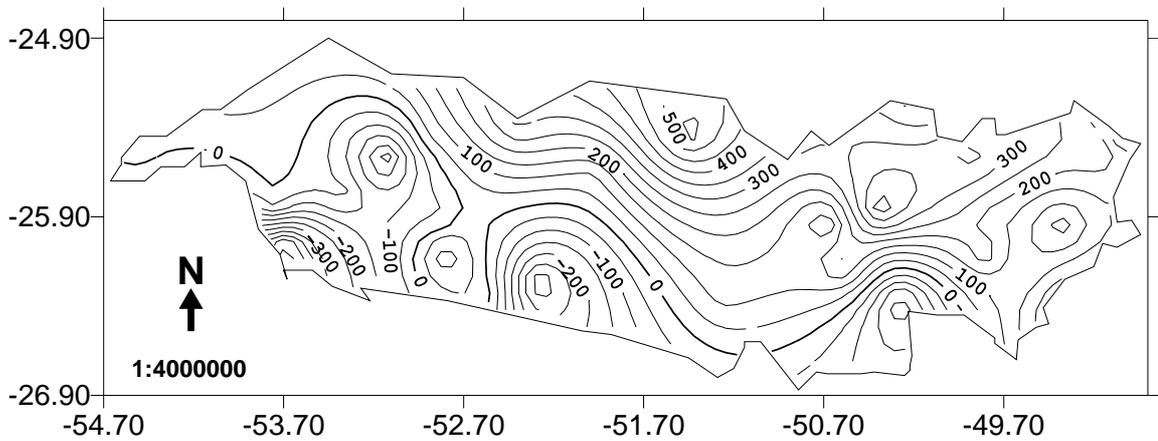


Figura 40 – Anomalia de precipitação pluvial (mm) do ano 2001, na bacia do rio Iguaçu.

5.3. Análise da anomalia através do parâmetro de estatística descritiva

Através da estatística descritiva realizada para os períodos de anomalia da precipitação pluvial com ocorrência de El Niño e La Niña e um ano normal, pode-se observar a variabilidade da precipitação pluvial de um ano em relação ao outro, conforme mostra as Tabelas 11 a 16. Também foi possível calcular a variabilidade da precipitação pluvial com base na média, no coeficiente de variação e o desvio padrão. Analisando a significativa variabilidade em toda a bacia, durante os períodos estudados.

A Tabela 11 apresenta a análise para o período do evento El Niño 1982/83, com ocorrência entre os meses de julho 1982 a dezembro de 1983, totalizando um período de 18 meses. A precipitação pluvial máxima calculada para cada posto na área da bacia, apresentou valores significativamente positivos, variando entre valores 295mm, no posto 13 e valores

aproximadamente, superiores a 900mm, no posto pluviométrico 24. Em relação às médias de precipitação pluvial (\overline{pp}), pode-se observar valores mais homogêneos, oscilando entre 135,2 e 262,2mm, aproximadamente. Neste período a heterogeneidade não é tão marcada, mas ainda assim é superior a 48%, como pode-se observar nas séries pluviométricas analisadas através do coeficiente de variação. Deve-se destacar que o posto 24 apresentou variabilidade da precipitação pluvial de 88%, superior ao valor médio desse posto pluviométrico analisado, pois se encontra na região sudoeste da bacia, área sob a influência das chuvas orográficas, ou seja, a oeste das altitudes elevadas que propiciam tal fenômeno.

Tabela 11 – El Niño do período de julho/1982 a dezembro/1983.

Posto	Mínimo	Máximo	Q. Inf.	Q. Sup.	S	\overline{pp}	CV
01	7.6	298.1	94.1	212.4	81.8	159.2	0.51
02	0.0	304.6	75.2	206.2	92.4	140.1	0.66
03	29.5	406.5	79.4	242.3	98.8	167.8	0.59
04	4.0	296.2	87.6	246.2	90.2	163.0	0.55
05	7.4	345.4	101.6	212	91.1	162.2	0.56
06	0.6	434.2	97.6	258.1	111.9	185.7	0.60
07	20.0	472.8	114.0	252.9	116.8	197.9	0.59
08	25.7	678.0	133.8	270.2	145.3	237.0	0.61
09	15.0	488.7	109.0	260.2	113.3	186.5	0.61
10	23.0	476.0	96.0	289.0	117.6	183.1	0.64
11	0.0	415.0	112.8	181.2	96.8	159.2	0.61
12	33.4	536.2	117.8	223.4	122.6	185.7	0.66
13	0.0	295.0	60.0	187.9	96.7	135.2	0.72
14	23.2	529.8	113.5	228.5	134.4	192.8	0.70
15	21.2	516.0	112.6	227.6	129.4	184.2	0.70
16	36.0	766.5	169.1	253.8	165.3	233.0	0.71
17	6.3	510.0	144.9	282.3	144.0	225.3	0.64
18	19.6	711.0	131.1	383.7	179.6	262.2	0.68
19	37.0	829.6	178.2	283.2	181.6	260.0	0.70
20	27.4	520.4	140.2	321.4	131.9	229.2	0.58
21	40.8	781.4	142.2	294.5	184.6	261.9	0.70
22	22.5	655.8	132.2	321.9	163.8	253.3	0.65
23	20.4	687.0	134.2	292.0	187.6	251.8	0.75
24	14.6	903.2	121.4	281.6	223.4	255.3	0.88
25	15.0	449.5	138.4	286.9	107.3	223.5	0.48
26	0.0	628.4	112.0	284.4	167.3	228.8	0.73
27	21.8	887.4	123.8	282.4	217.5	250.0	0.87
28	44.1	732.8	119.9	272.8	218.7	257.0	0.85
29	54.6	582.2	121.0	331.2	165.6	248.4	0.67
30	7.4	498.9	98.1	296.4	138.5	204.2	0.68
31	9.6	510.0	82.0	250.5	141.8	208.1	0.68

Q. Inf. – quartil inferior, Q. Sup. – quartil superior, S – desvio padrão

\overline{pp} – precipitação pluvial média mensal, CV – coeficiente de variação.

O ano de 1984 foi calculado como ano sem ocorrência de eventos El Niño e La Niña. No período de 12 meses, apresentou valores máximos de chuva variando de 194,3 (posto 30) a 459,4mm (posto 13) e média entre 105,2 (posto 31) e 177,8mm (posto 26), Tabela 12.

Através do coeficiente de variação e do desvio padrão, pode-se observar que o desvio em relação à média é muito similar com 38 a 67% de variabilidade, para as séries pluviométricas. O posto pluviométrico 13 apresentou, 80% de variabilidade. Esta variação ocorreu no norte de Santa Catarina, sob a influência da massa Tropical Atlântica, não sendo predominante valor máximo elevado para a área da bacia.

Tabela 12 – Período normal de janeiro a dezembro/1984.

Posto	Mínimo	Máximo	Q. Inf.	Q. Sup.	S	\overline{pp}	CV
01	42.4	195.1	95.2	173.0	51.8	128.5	0.40
02	31.4	229.0	83.0	151.5	58.2	122.0	0.48
03	46.8	293.5	59.8	147.1	77.5	123.8	0.63
04	52.0	228.2	90.8	148.9	53.7	130.4	0.41
05	34.4	211.3	71.5	160.2	58.6	120.3	0.49
06	25.3	232.6	99.1	171.9	59.3	135.8	0.44
07	54.9	277.0	73.7	139.0	73.3	123.7	0.59
08	38.1	442.1	102.0	200.5	110.5	163.8	0.67
09	58.4	303.8	79.3	146.1	69.7	126.3	0.55
10	56.7	257.7	78.5	165.1	63.1	127.0	0.50
11	35.4	262.1	105.0	166.9	62.0	132.6	0.47
12	49.8	277.0	85.3	167.8	66.7	128.8	0.52
13	0.0	459.4	78.5	183.7	116.8	146.5	0.80
14	34.4	240.8	80.0	154.6	55.5	122.9	0.45
15	32.0	269.8	86.9	166.9	69.0	128.3	0.54
16	52.7	274.8	93.4	226.4	73.2	157.3	0.47
17	35.1	319.2	104.6	226.2	90.7	166.0	0.55
18	39.8	232.1	107.8	223.3	66.8	162.0	0.41
19	57.2	285.4	95.9	234.5	76.8	167.1	0.46
20	44.6	302.8	96.1	235.9	88.1	170.9	0.52
21	86.4	274.0	91.5	207.4	62.8	155.4	0.40
22	81.3	276.4	124.6	228.0	66.1	176.0	0.38
23	35.6	244.6	79.7	184.8	71.0	132.5	0.54
24	53.2	359.6	101.8	240.5	92.1	172.9	0.53
25	53.8	283.6	121.5	210.5	67.6	171.3	0.39
26	43.6	266.4	134.8	242.9	76.1	177.8	0.43
27	49.0	291.2	92.2	205.6	77.3	156.0	0.50
28	65.2	218.4	85.2	163.6	50.8	126.4	0.40
29	10.4	276.4	83.2	238.9	87.8	163.1	0.54
30	40.4	194.3	75.8	159.2	51.7	117.1	0.44
31	1.0	219.3	52.8	153.2	63.8	105.2	0.61

Q. Inf. – quartil inferior, Q. Sup. – quartil superior, S – desvio padrão

\overline{pp} – precipitação pluvial média mensal, CV – coeficiente de variação.

O ano de 1985, considerado anômalo para evento La Niña atuando nos meses de janeiro a dezembro, totalizando um período de 12 meses, apresentou valores máximos de precipitação variando de 144,3 (posto 5) a 361mm (posto 20) e média entre 74 e 126mm (Tabela 13).

Este período apresentou-se mais heterogêneo, com 89% de variabilidade da precipitação pluvial média, medido através do desvio padrão (S), em grande parte das séries de chuva analisadas. A menor variabilidade da precipitação pluvial foi 49% e o maior valor alcançou 94% (posto 24) que, também esta sob a influência do relevo que favorece a formação das chuvas orográficas, mesmo sendo sua altitude de 390m, pois se encontra no vale encaixado do rio Iguaçu.

Tabela 13 – La Niña do período de janeiro a dezembro/1985.

Posto	Mínimo	Máximo	Q. Inf.	Q. Sup.	S	\overline{pp}	CV
01	5.8	270.9	31.7	98.8	69.4	81.9	0.85
02	4.2	236.0	37.1	100.5	60.0	81.9	0.73
03	2.6	210.0	43.5	101.9	58.5	83.9	0.70
04	6.2	209.9	43.8	110.6	56.3	81.0	0.70
05	5.4	144.3	39.8	127.5	48.3	77.1	0.63
06	4.6	164.5	28.8	109.7	49.9	75.0	0.67
07	0.0	204.3	32.6	107.6	60.5	73.7	0.82
08	0.0	286.2	27.3	149.9	87.2	97.8	0.89
09	2.0	238.5	37.4	94.0	61.1	72.3	0.85
10	5.6	199.4	36.3	108.1	60.1	79.1	0.76
11	4.1	168.1	17.3	113.9	57.6	75.0	0.77
12	7.2	191.8	33.4	105.8	56.8	83.8	0.68
13	12.7	294.4	37.8	130.2	89.3	97.6	0.91
14	5.6	197.1	17.3	107.8	67.1	80.0	0.84
15	13.6	305.0	22.2	110.5	87.2	97.7	0.89
16	32.8	289.5	49.7	121.2	74.1	98.4	0.75
17	40.9	231.6	60.4	116.0	59.4	105.1	0.57
18	14.8	276.4	43.5	159.7	81.0	104.5	0.78
19	53.6	249.8	65.5	162.1	70.4	114.8	0.61
20	26.4	360.6	52.7	147.8	104.7	118.1	0.89
21	48.9	277.1	56.9	175.1	75.2	116.1	0.65
22	0.0	185.1	33.5	118.3	56.6	80.2	0.71
23	12.6	223.2	38.0	134.8	64.5	89.8	0.72
24	13.4	346.8	52.1	148.7	103.3	110.0	0.94
25	27.2	282.3	45.1	154.0	80.7	103.0	0.78
26	27.0	292.6	44.1	151.6	91.1	103.8	0.88
27	4.0	220.6	42.4	133.7	68.0	89.2	0.76
28	0.0	195.7	44.9	135.3	59.7	97.3	0.61
29	20.4	255.6	63.3	175.7	77.0	125.7	0.61
30	27.4	188.4	58.1	125.8	47.0	95.5	0.49
31	19.7	223.2	48.9	128.0	59.2	93.5	0.63

Q. Inf. – quartil inferior, Q. Sup. – quartil superior, S – desvio padrão

\overline{pp} – precipitação pluvial média mensal, CV – coeficiente de variação.

O ano de 1984, considerado habitual, apresentou valores médios da precipitação pluvial para cada posto, acima dos valores médios de precipitação do ano de 1985, além de maior variabilidade observada no desvio padrão da Tabela 12. Isso significa que o ano de 1985 foi mais seco que o ano de 1984, tomado como referência.

O ano de 1988, considerado anômalo para evento La Niña atuando nos meses de abril a dezembro, totalizando um período de nove meses, apresentou valores máximos de precipitação variando de 128 (posto 1) a 392,2mm (posto 21) e média entre 68,1 (posto 1) e 144,5mm (posto 21), Tabela 14.

Uma vez mais, nota-se heterogeneidade na chuva, no período analisado, observando-se que os postos 10 e 14 choveram mais de 100% em relação ao valor médio de precipitação pluvial. Essa heterogeneidade apresenta significativa variabilidade da chuva nesse período de evento La Niña com precipitações pluviais sempre acima de 70% do valor médio observado no período analisado. Os postos pluviométricos 10 e 14, pertencente à porção superior da bacia, ou seja, apresentando esta área em relação às demais, média anual de precipitação pluvial baixa (1500 a 1600mm). Caracterizou-se com valores elevados que, podem ser justificados pela influência da Frente Polar e a massa de ar Tropical Atlântica.

A Tabela 15 apresentou valores de precipitação pluvial para o período 1997/98, como um evento El Niño intenso, com ocorrência entre os meses de março de 1997 a outubro de 1998, totalizando um período de 20 meses. Pode-se notar valores de 269,4mm, aproximadamente, no posto 12 e valores de 576,3mm, no posto 24. Desta forma pode-se observar variabilidade significativa das chuvas nos valores máximos dentro da bacia, nesse período e também variabilidade de um ano para outro e dentro do mesmo evento. Para este evento de El Niño, a heterogeneidade não é tão marcada quanto nas Tabelas 13 e 14, mas ainda assim é superior a 46%, como pode ser observado nas séries pluviométricas analisadas. Deve-se destacar que a posto 28 apresentou variabilidade da precipitação pluvial superior a 80%, ou seja, choveu 84% a mais que o valor médio desse posto analisado. Este se encontra no sudoeste da bacia do rio Iguaçu, área de influência das chuvas orográficas.

O período de 2001/02 foi considerado evento La Niña, com duração entre os meses de maio de 2001 a janeiro de 2002, apresentando valores máximos de precipitação variando de 172 (posto 13) a 355mm (posto 20) e média entre 94,6 e 186,6mm (Tabela 16). Sendo este ano comparado com o ano de 1985 também ano de anomalia negativa, observa-se que o período 2001/02 apresenta, valores maiores de precipitação pluvial. Nos postos 20 e 28 pode-se, observar a influência do relevo com chuvas orográficas ocasionadas pelas massas de ar, por exemplo, as polares e a concentração de umidade influenciada pela represa de Itaipu.

Tabela 14 – La Niña do período de abril a dezembro/1988.

Posto	Mínimo	Máximo	Q. Inf.	Q. Sup.	S	\overline{pp}	CV
01	0.0	128.0	35.7	91.0	47.2	68.1	0.69
02	13.2	268.0	20.3	100.8	80.9	90.0	0.90
03	9.5	296.9	34.7	151.0	90.2	107.4	0.84
04	7.2	303.2	31.0	119.4	93.1	97.2	0.96
05	7.6	269.8	25.5	110.7	81.9	94.4	0.87
06	2.7	311.5	22.4	120.7	96.7	100.4	0.96
07	11.7	367.3	22.3	112.0	108.7	110.4	0.98
08	13.2	348.8	49.4	181.8	110.3	136.6	0.81
09	5.0	342.4	30.0	152.7	104.4	114.5	0.91
10	8.7	371.7	28.0	117.3	111.1	109.3	1.02
11	8.0	284.9	35.8	154.0	90.8	108.4	0.84
12	12.3	342.1	35.5	108.9	102.2	104.2	0.98
13	2.5	305.6	23.5	129.1	97.3	100.5	0.97
14	5.5	355.5	19.3	148.1	109.9	107.0	1.03
15	6.6	310.6	24.0	170.9	99.8	110.9	0.90
16	6.7	369.7	35.5	177.5	112.2	124.2	0.90
17	17.2	305.7	38.9	144.1	92.4	106.1	0.87
18	8.1	261.2	36.5	203.4	94.4	124.9	0.76
19	7.8	347.3	39.6	191.4	114.1	135.7	0.84
20	10.8	274.3	28.8	190.2	95.5	127.1	0.75
21	8.7	392.2	40.3	233.2	130.6	144.5	0.90
22	8.7	269.7	29.5	197.2	103.5	128.3	0.81
23	10.8	294.5	35.3	207.9	111.3	136.5	0.82
24	12.0	281.9	35.0	189.9	97.3	113.0	0.86
25	12.8	259.8	16.7	180.9	94.2	116.1	0.81
26	10.8	238.3	18.0	199.4	88.3	111.3	0.79
27	9.3	314.5	45.6	204.8	111.3	143.4	0.78
28	2.7	255.1	58.9	133.3	89.5	114.6	0.78
29	0.0	263.7	42.5	219.9	105.1	141.2	0.74
30	2.3	199.0	21.4	163.3	75.8	94.2	0.80
31	1.4	174.8	22.0	156.2	69.7	100.9	0.69

Q. Inf. – quartil inferior, Q. Sup. – quartil superior, S – desvio padrão

\overline{pp} – precipitação pluviométrica média mensal, CV – coeficiente de variação.

Esse evento analisado na Tabela 16 apresentou menor variabilidade comparativamente a tabela anterior, mas observou-se que no posto 28, choveu 96% a mais que o valor médio de precipitação pluviométrica desse posto pluviométrico. A menor variabilidade foi apresentada no posto 14, com 26% de chuva acima do valor médio observado.

A média de precipitações pluviométricas, em cada tabela analisada, também apresentaram significativa variabilidade de um evento para outro, mesmo quando se analisou dois El Niños intensos (1982/83 e 1997/98). O fenômeno El Niño, influencia a dinâmica atmosférica da área da bacia do rio Iguaçu, conforme se verificou nas análises das tabelas, fazendo com que haja aumento nos valores das precipitações pluviométricas.

Tabela 15 – El Niño do período de março/1997 a outubro/1998.

Posto	Mínimo	Máximo	Q. Inf.	Q. Sup.	S	\overline{pp}	CV
01	23.5	294.2	75.6	191.4	74.9	137.9	0.54
02	27.4	328.9	79.9	218.4	90.2	154.1	0.59
03	40.4	286.6	68.2	204.7	78.0	148.9	0.52
04	22.0	395.4	72.8	250.8	103.5	173.7	0.60
05	41.9	343.3	101.8	244.5	88.4	174.0	0.51
06	20.0	497.8	66.7	215.6	111.5	162.2	0.69
07	38.2	330.1	60.4	231.0	93.9	157.6	0.60
08	35.7	387.5	79.5	249.5	103.3	167.4	0.62
09	15.1	279.8	59.1	247.3	91.1	156.4	0.58
10	21.4	340.2	88.4	246.9	95.9	170.4	0.56
11	31.1	350.7	99.9	269.9	103.4	184.7	0.56
12	16.1	269.4	82.7	184.6	74.8	134.4	0.56
13	14.5	416.5	121.3	282.7	104.8	195.8	0.54
14	22.9	348.6	78.9	239.5	98.1	168.6	0.58
15	48.0	402.8	109.1	301.4	113.0	198.1	0.57
16	76.8	468.4	121.0	300.8	112.2	217.1	0.52
17	47.2	493.4	92.6	273.9	119.7	201.6	0.59
18	57.1	394.3	131.4	277.6	94.8	211.0	0.45
19	57.6	548.5	119.4	278.0	118.5	216.1	0.55
20	69.1	478.8	133.5	369.6	127.3	238.9	0.53
21	60.1	448.6	143.9	295.7	115.1	230.5	0.50
22	35.3	514.9	169.6	306.7	115.6	238.6	0.48
23	25.3	412.3	144.9	333.3	115.0	235.6	0.49
24	46.8	576.3	152.7	323.9	130.0	251.0	0.52
25	16.8	427.9	132.4	280.2	115.6	213.7	0.54
26	0.0	458.7	90.8	259.4	110.4	196.4	0.56
27	26.2	395.4	163.8	320.8	111.0	240.5	0.46
28	0.0	500.0	14.7	371.0	176.2	208.9	0.84
29	30.0	338.9	121.9	294.8	101.1	221.3	0.46
30	38.2	367.6	95.0	277.2	101.5	195.1	0.52
31	28.7	372.1	91.9	248.9	103.2	188.2	0.55

Q. Inf. – quartil inferior, Q. Sup. – quartil superior, S – desvio padrão

\overline{pp} – precipitação pluvial média mensal, CV – coeficiente de variação.

Nos períodos que ocorreram o fenômeno El Niño observa-se que, são também mais homogêneas as chuvas apresentadas pelos dados de média e coeficiente de variação. Já para os períodos de La Niña ocorre ao contrário, maior heterogeneidade das chuvas entre os postos analisados.

Tabela 16 – La Niña do período de maio/2001 a janeiro/2002.

Posto	Mínimo	Máximo	Q. Inf.	Q. Sup.	S	\overline{pp}	CV
01	56.4	229.9	136.6	164.4	54.4	140.2	0.39
02	53.6	320.4	137.0	184.0	79.1	160.9	0.49
03	85.6	246.6	96.6	136.8	52.4	128.2	0.41
04	54.6	216.8	98.5	176.2	50.9	140.9	0.36
05	65.8	224.8	111.4	185.6	55.6	144.8	0.38
06	80.4	253.7	94.0	156.7	62.9	142.1	0.44
07	64.5	214.9	104.3	157.3	44.3	138.0	0.32
08	63.0	304.2	155.6	184.3	63.3	172.6	0.37
09	56.1	284.5	113.1	146.7	64.2	138.1	0.46
10	52.7	350.6	125.2	165.3	81.8	156.8	0.52
11	97.3	260.0	123.2	206.3	57.0	163.4	0.35
12	83.4	186.3	101.1	178.0	42.1	133.1	0.32
13	0.0	172.3	100.7	152.4	53.0	114.4	0.46
14	114.2	222.9	130.2	181.7	41.0	158.8	0.26
15	98.6	251.8	109.0	177.5	51.3	147.5	0.35
16	67.3	243.8	120.5	147.4	48.8	137.5	0.36
17	91.7	267.3	158.2	206.0	54.9	180.4	0.30
18	88.5	323.1	108.5	162.3	70.6	160.6	0.44
19	95.1	303.4	112.8	169.9	67.7	160.5	0.42
20	56.3	355.8	130.7	204.6	84.6	186.6	0.45
21	90.8	233.6	118.0	178.8	48.7	149.3	0.33
22	89.2	256.6	140.1	207.5	54.6	164.6	0.33
23	0.0	307.6	143.0	186.4	90.5	165.2	0.55
24	83.9	286.3	112.1	191.0	70.3	163.6	0.43
25	52.7	307.1	110.5	205.0	78.0	165.7	0.47
26	37.9	323.3	84.9	168.2	82.2	141.3	0.58
27	53.2	262.2	140.9	162.6	53.9	152.9	0.35
28	0.0	234.2	0.0	134.0	90.9	94.6	0.96
29	51.1	201.7	121.3	181.0	47.2	145.8	0.32
30	50.3	290.3	97.7	170.4	72.0	137.4	0.52
31	47.0	330.4	89.7	154.1	86.8	151.5	0.57

Q. Inf. – quartil inferior, Q. Sup. – quartil superior, S – desvio padrão

\overline{pp} – precipitação pluvial média mensal, CV – coeficiente de variação.

5.4. Classificação das áreas homogêneas da bacia do rio Iguaçu.

Fez-se a análise multivariada para gerar áreas homogêneas com base na precipitação pluvial, total anual de cada posto utilizado neste trabalho. Através do método de Ward, com distância euclidiana, geraram-se três grupos homogêneos na bacia do rio Iguaçu. A partir deste método obteve-se o dendograma, onde foi feito o corte subjetivo que

5.5. Evolução temporal da precipitação pluvial e índice de anomalia da TSM

Foram elaborados gráficos de correlação da precipitação pluvial mensal com a anomalia da TSM do Oceano Pacífico, para alguns eventos de El Niño e La Niña, considerados mais significativos e selecionados de acordo com Trenberth (1997). Para os postos pluviométricos, Fazendinha (02) e Divisa (12), pertencentes ao grupo homogêneo (I). Guarapuava (17) e Parque Nacional do Iguaçu (31), do grupo homogêneo (II). Salto Claudelino (19) e Pérola do Oeste (29), situados no grupo homogêneo (III).

Os postos pluviométricos foram divididos em dois gráficos para os mesmos períodos, contendo um posto (série climatológica) de cada grupo homogêneo, onde os postos 02, 19 e 31 se correlacionam nos gráficos representados nas Figuras 43, 45, 47, 49, 51 e 53 e os postos 12, 17 e 29, nas Figuras 44, 46, 48, 50, 52 e 54.

Observou-se no evento El Niño de julho/82 a dezembro/83 que, a precipitação pluvial apresentou valores máximos entre 400 e 600mm, nos meses de novembro/82 e maio e julho/83, respectivamente. Para a anomalia da TSM, os valores positivos máximos se caracterizaram em dezembro de 1982, com 3.8°C e junho/julho de 1983, chegando a 5.1°C, conforme as Figuras 43 e 44. Têm-se assim, grupos homogêneos com precipitações elevadas nos períodos das anomalias máximas. O grupo I apresentou, valores de precipitações mínimas na porção superior da bacia, em relação aos demais postos e o grupo III com valores de precipitações máximas à porção inferior da bacia, como se observou no mês de novembro no posto pluviométrico 29, chegando a 590mm de precipitação pluvial.

Pode-se observar no ano de 1984, considerado normal, precipitação pluvial com valores máximos entre 200 e 320mm, nos meses de março, junho, agosto, novembro e dezembro. Destacando-se os postos 19 (280mm) e 17 (320mm) registrando os maiores valores. Observou-se também, melhor distribuição da precipitação pluvial entre os grupos homogêneos, apresentando mínimas de precipitação pluvial nos meses de fevereiro, julho e outubro, de aproximadamente 90mm. As anomalias não foram significativas caracterizando-se os valores próximos a 0°C, conforme as Figuras 45 e 46.

Pode-se observar no ano de 1985, de evento La Niña, precipitação pluvial com valores máximos entre 200 e 300mm, nos meses de fevereiro e abril. Para a anomalia da TSM, apresentaram valores negativos, sendo máximo no mês de maio com -1.7°C, conforme as Figuras 47 e 48. Têm-se assim, grupos homogêneos com precipitações baixas nos períodos das anomalias mínimas. O grupo I apresentou, valores de precipitações mínimas na porção

superior da bacia, em relação aos demais postos e o grupo III com valores de precipitações máximas na porção inferior da bacia.

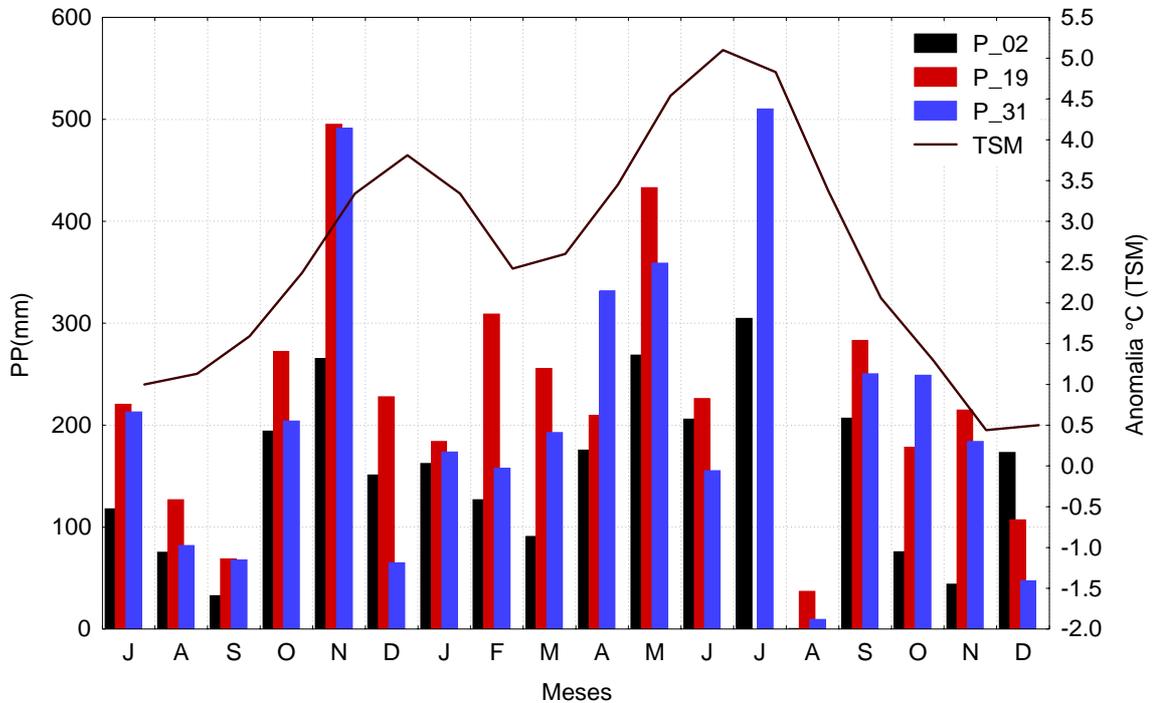


Figura 43 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1982/83.

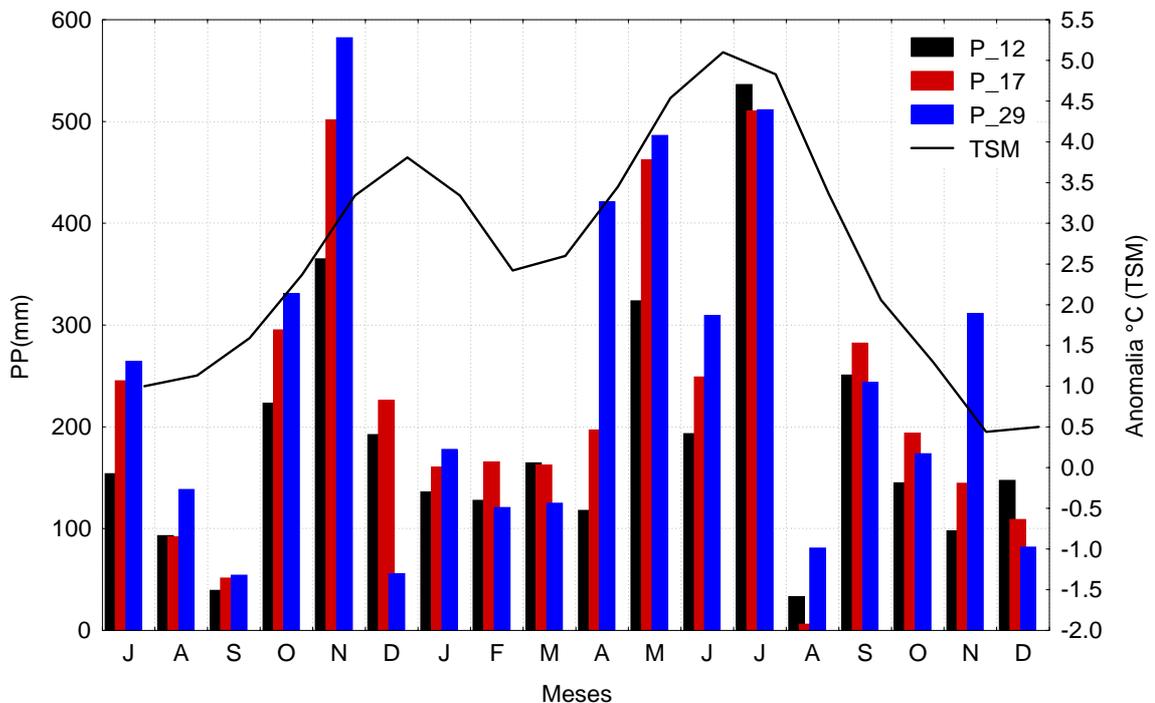


Figura 44 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1982/83 (A).

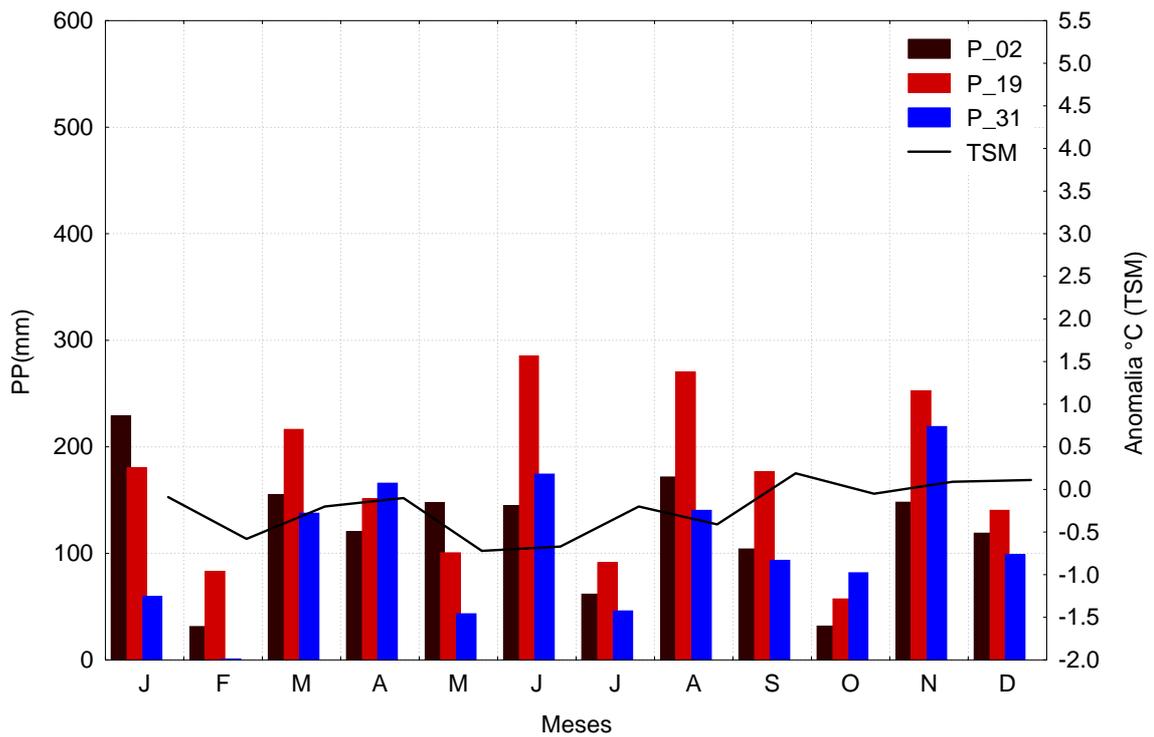


Figura 45 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para ano de 1984.

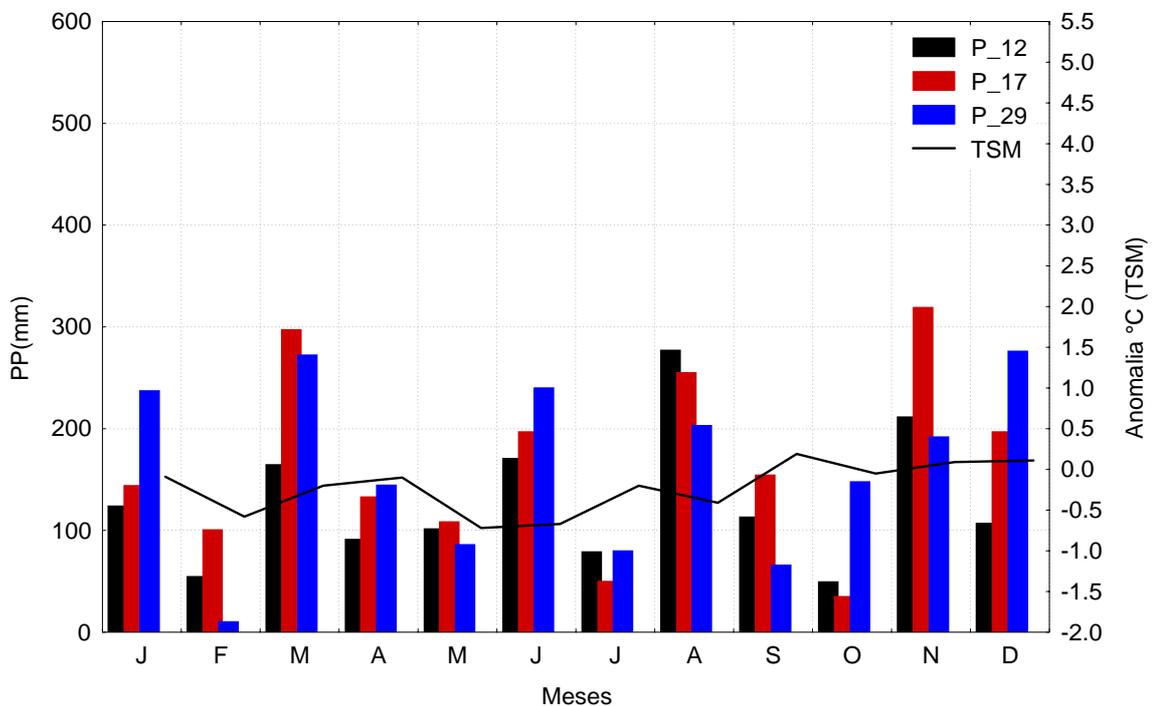


Figura 46– Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para ano de 1984 (A).

Observou-se no evento La Niña de abril a dezembro/88, precipitação pluvial com valores máximos entre 200 e 400mm, nos meses de abril, dezembro e destacando-se somente o mês de maio. Para a anomalia da TSM, os valores foram negativos, sendo máximo nos meses de julho e agosto com -1.6°C , conforme as Figuras 49 e 50.

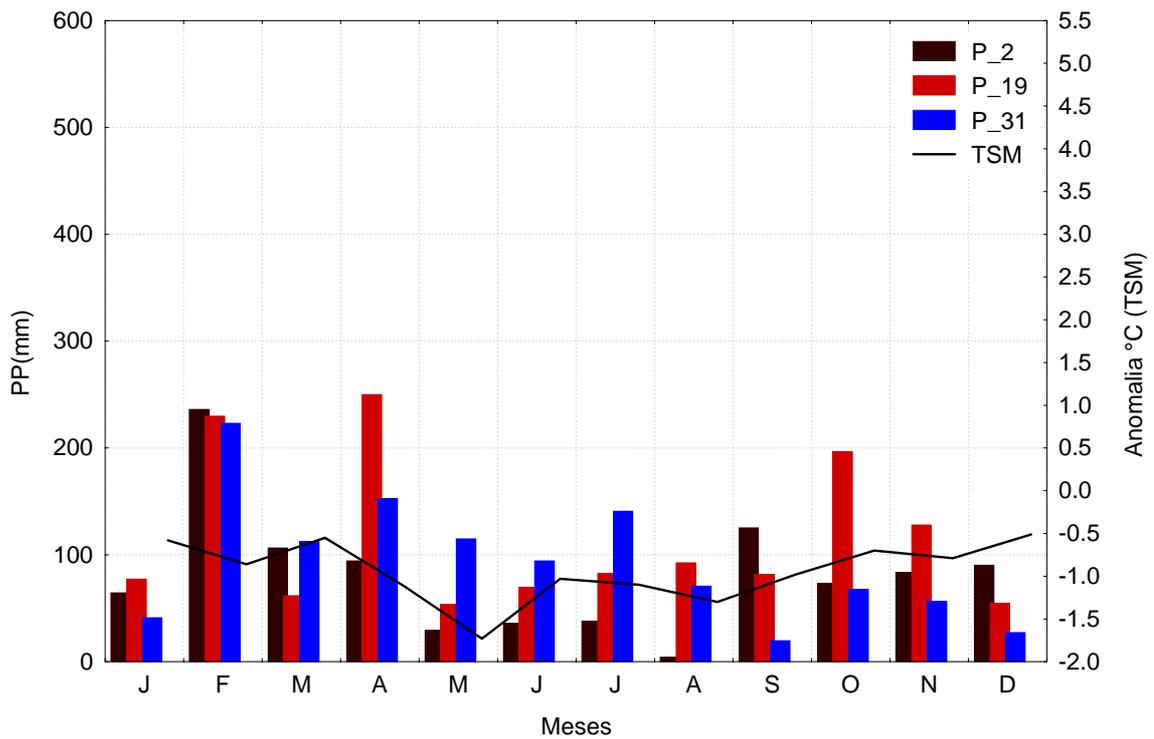


Figura 47 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1985.

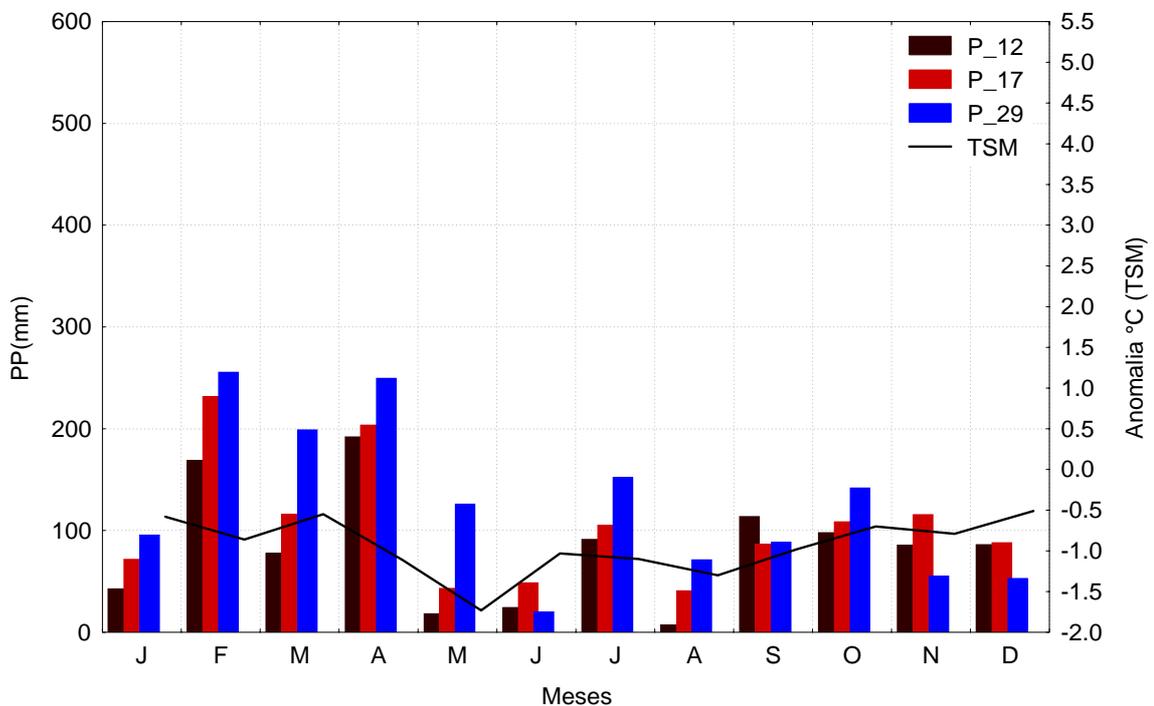


Figura 48 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1985 (A).

Têm-se assim, grupos homogêneos com precipitações baixas nos períodos das anomalias mínimas. O grupo I apresentou, valores de precipitações mínimas na porção superior da bacia,

em relação aos demais postos e o grupo II e III com valores de precipitação pluvial máximos na bacia.

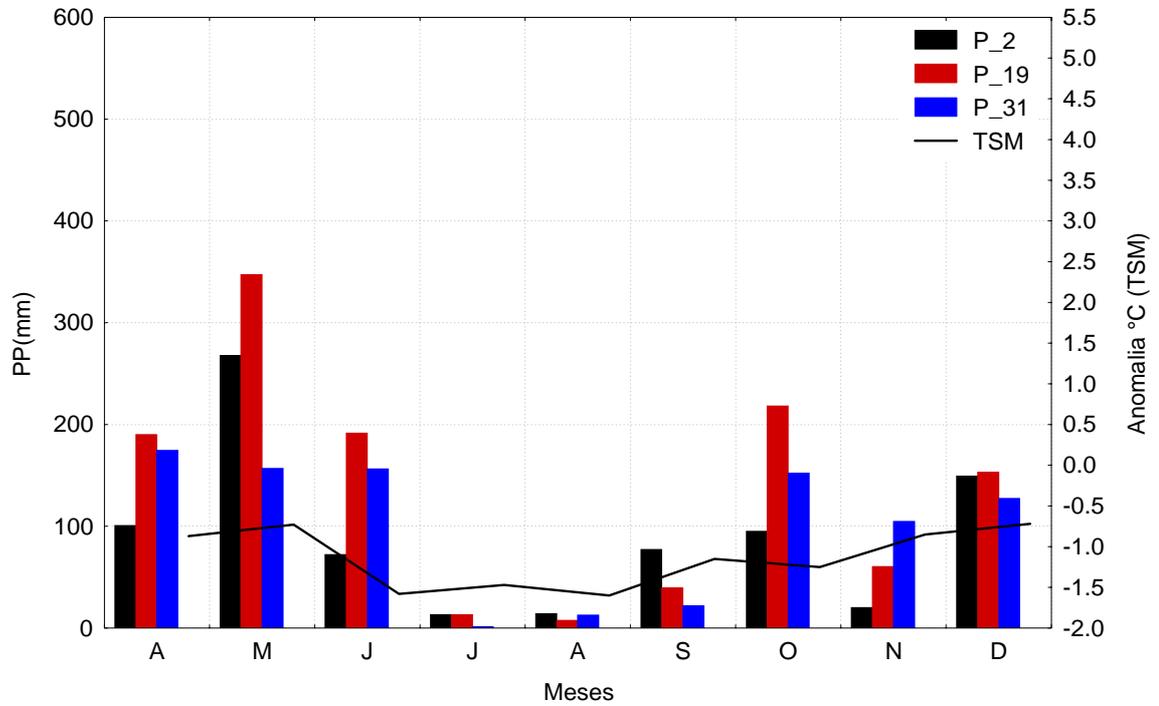


Figura 49 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1988.

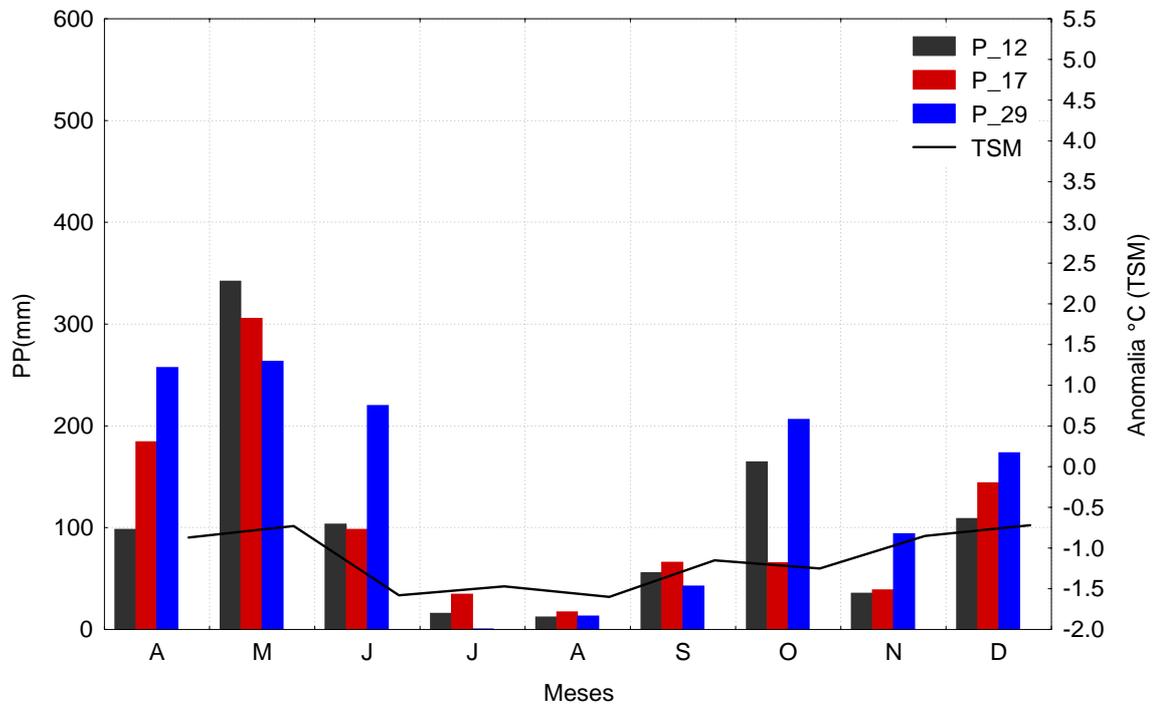


Figura 50 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 1988 (A).

Observou-se no evento El Niño de março/97 a outubro/98, precipitação pluvial com valores máximos entre 300 e 500mm, nos meses de maio, junho e outubro/97 e março, abril e setembro/98. Para a anomalia da TSM, os valores positivos máximos se caracterizaram no período de maio/97 a junho/98, com máximas de 4.5°C, conforme as Figuras 51 e 52. Têm-se assim, grupos homogêneos com precipitações elevadas nos períodos das anomalias máximas e mesmo quando a anomalia diminuiu a partir do mês de agosto/98 a outubro/98 chegando a 0.6°C, a precipitação pluvial permaneceu elevada. O grupo I apresentou, valores de precipitações mínimas na porção superior da bacia, em relação os demais postos pluviométricos e o grupo III com valores de precipitações máximas, encontrando-se na porção média e inferior da bacia.

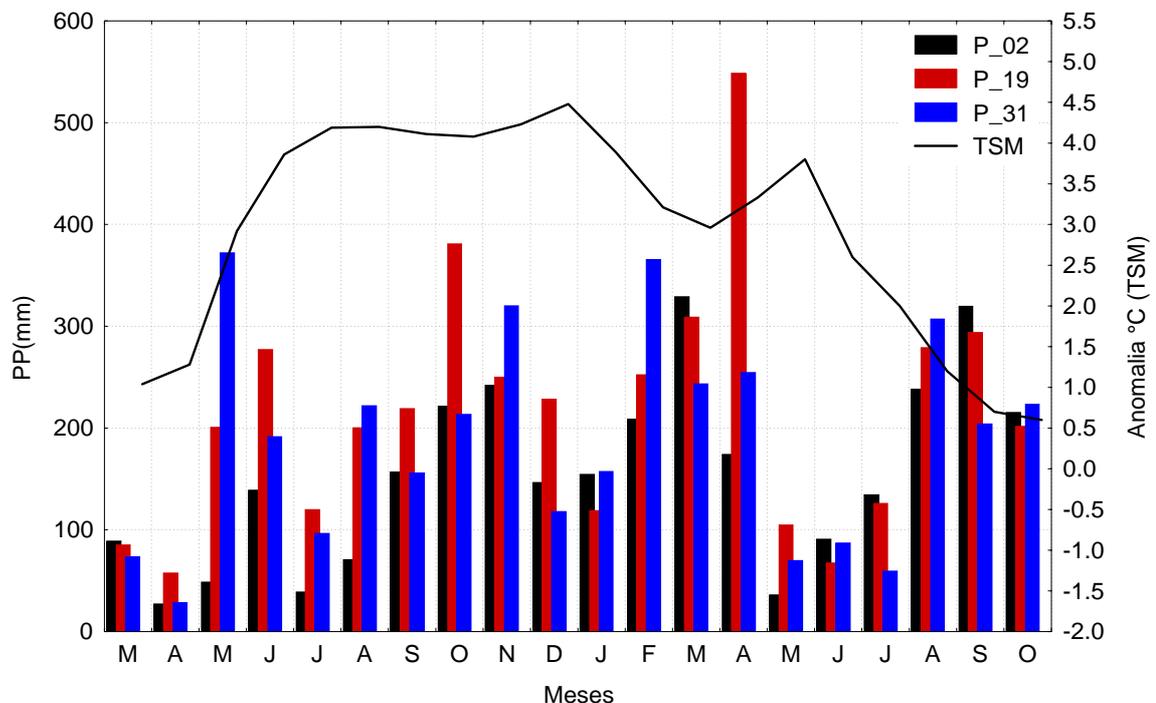


Figura 51 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1997/98.

Observou-se no evento La Niña de maio/01 a janeiro/02, precipitação pluvial com valores máximos entre 200 e 350mm, nos meses de outubro e novembro/01 e janeiro/02. Com anomalia não significativa caracterizando-se os valores próximos a 0°C, conforme as Figuras 53 e 54. Observa-se também, melhor distribuição da precipitação pluvial entre os grupos homogêneos. Apesar de ser considerado um período de La Niña, caracterizou-se o comportamento, próximo do normal, ano de 1984.

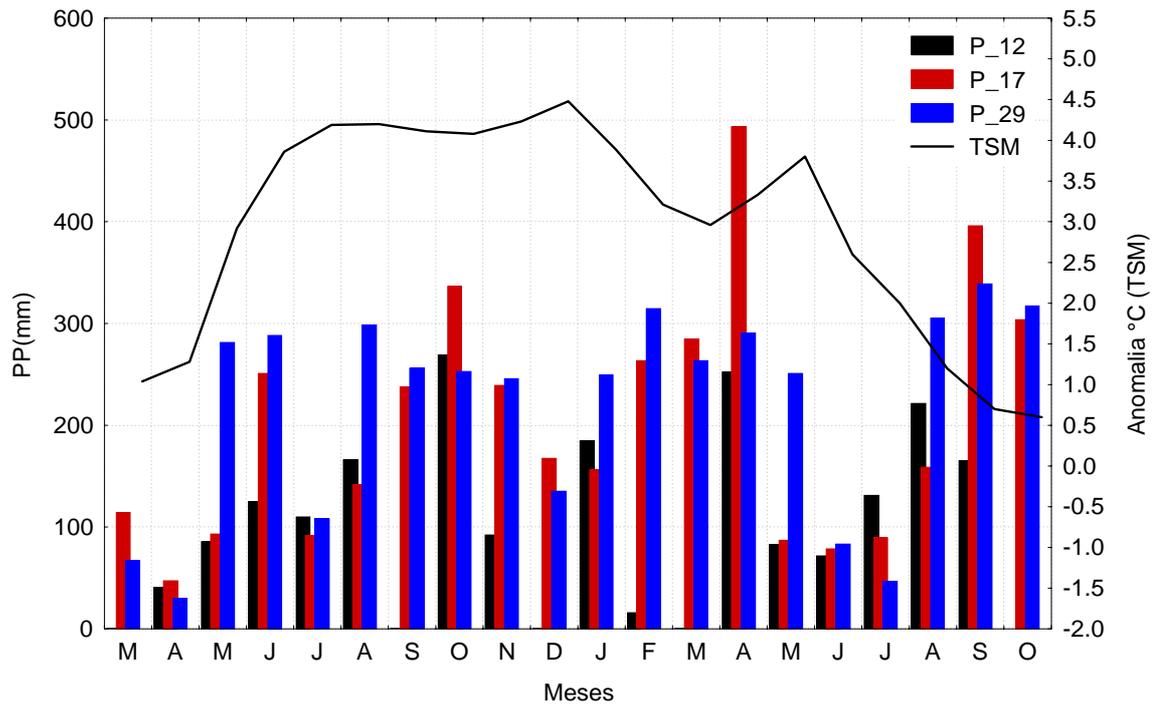


Figura 52 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para El Niño 1997/98 (A).

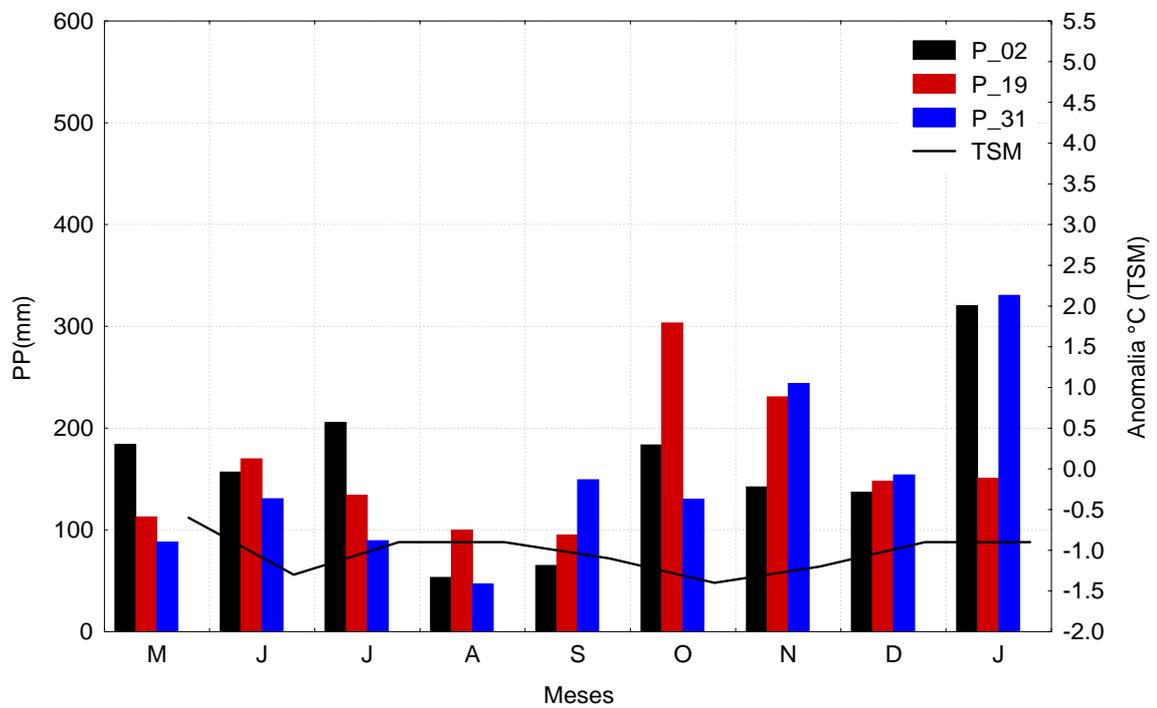


Figura 53 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 2001/02.

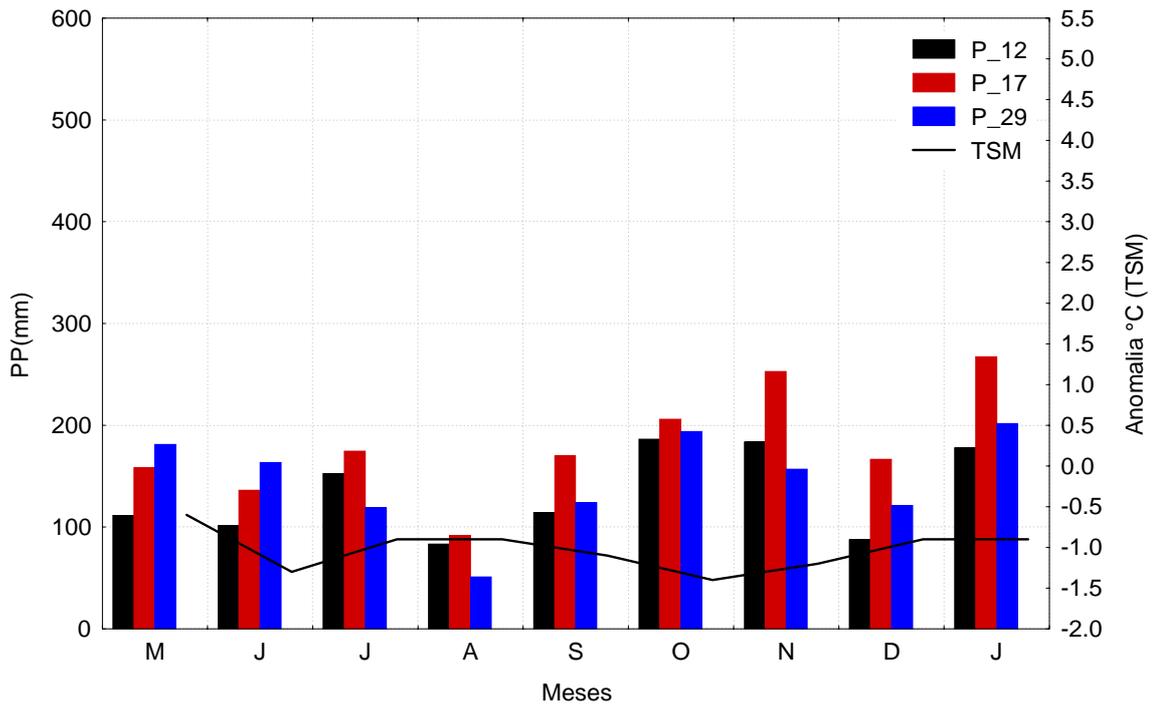


Figura 54 – Precipitação pluvial mensal e índice de anomalia da TSM para La Niña 2001/02 (A).

Observou-se também que os períodos de ocorrência de eventos El Niño, 1982/83 e 1997/98 apresentaram, precipitações pluviais e anomalias positivas, comparadas com ano normal (1984) e de eventos de La Niña 1985, 1988 e 2001/02, caracterizados por anomalias negativas e baixas precipitação pluvial. Analisando a distribuição espacial dos postos pluviométricos na bacia do rio Iguaçu, pode-se observar novamente, através dos gráficos de correlação da precipitação pluvial com a anomalia da TSM, que a área do grupo homogêneo I, situada na porção superior da bacia apresentou valores de precipitação pluvial menor, comparada com o grupo II e III, pois esta área não recebe a influência das chuvas orográficas, característica da área dos demais grupos.

5.6. Análise da frequência de intensidade de precipitação pluvial

O cálculo da frequência da intensidade da chuva através dos dados diários no período dos 38 anos de estudo (1965 a 2002) foi realizado, mostrando para cada mês, o percentual entre os dias com ocorrência de precipitação pluvial, em relação ao total de dias analisados. Classificou-se a intensidade de acordo com o intervalo de precipitação pluvial em (mm), sendo à montante da bacia o posto Fazendinha (2) no município de São José dos

Pinhais, no curso médio da bacia o posto e município de Guarapuava (17) e à jusante o posto e município de Pérola d'Oeste (29).

Tabela 17-Percentual de dias com precipitação em relação ao total de dias analisados para os postos pluviométricos de Fazendinha (2), de Guarapuava (17) e Pérola d'Oeste (29).

Meses	Dias estudados	Posto 2		Posto 17		Posto 29	
		Dias	(%)	Dias	(%)	Dias	(%)
Janeiro	1178	483	41	551	47	421	36
Fevereiro	1073	412	38	514	48	358	33
Março	1178	365	31	443	38	306	26
Abril	1140	266	23	319	28	265	23
Mai	1178	269	23	286	24	287	24
Junho	1140	242	21	330	29	338	30
Julho	1178	249	21	303	26	285	24
Agosto	1178	228	19	293	25	287	24
Setembro	1140	336	29	388	34	351	31
Outubro	1178	363	31	422	36	404	34
Novembro	1140	322	28	371	33	308	27
Dezembro	1178	389	33	492	42	350	30

Fonte: Azevedo (2005).

Ao analisar a Tabela 17, observa-se que, em toda a bacia do Iguaçu, predomina precipitação pluvial significativa nos meses de dezembro a março e também outubro, por apresentarem percentuais de dias de ocorrências mais elevados, em relação ao total de dias estudados para cada mês.

Baseado nos intervalos de classes calculou-se, o percentual da frequência onde cada intervalo apresentou em relação ao total de dias com ocorrência de precipitação, (Tabela 18, 19 e 20).

Pode-se observar que, o intervalo de classe [0.6 a 5 mm), referente à precipitação pluvial classificada como “muito fraca”, apresentou no posto de Fazendinha, em todos os meses estudados uma frequência aproximada de 30%, em relação ao total de dias com precipitação pluvial referente a cada um dos meses. Verificou-se que o percentual de frequência mínima apresentada por este intervalo de classe de precipitação é 22%, no mês de outubro, que corresponde a 80 dias dos 363 em que houve precipitação pluvial para este mês; o restante 283 dias, apresentou valores maiores que 5mm de precipitação. O percentual máximo para este intervalo de classe, é de 38%, no mês de abril (101 dias com ocorrência de precipitação pluvial), tendo sido estudado um total de 266 dias (Tabela 17). No posto de Guarapuava, verificou-se que o percentual de frequência mínima apresentada por este intervalo de classe de precipitação foi 19% no mês de junho, que corresponde a 64 dos 330 dias em que houve precipitação para este mês; o restante 266 dias, apresentou valores maiores que 5mm de precipitação pluvial. O percentual máximo para este intervalo de classe, é de

33%, no mês de março, (146 dias com ocorrência de precipitação), tendo sido estudado um total de 443 dias (Tabela 17). Na posto de Pérola d'Oeste, verificou-se que o percentual de frequência mínima apresentada por este intervalo de classe de precipitação é 13% no mês de novembro, (41 dos 308 dias em que houve precipitação pluvial para este mês) o restante 267 dias, apresentou valores maiores que 5mm de precipitação pluvial. O percentual máximo para este intervalo de classe, foi de 23%, no mês de janeiro, (97 dias com ocorrência de precipitação pluvial), tendo sido estudado um total de 421 dias, Tabela 17.

Para a precipitação entre o intervalo de [25 a 30mm), na maioria dos meses as menores ocorrências, apresentaram 1 % de ocorrência de precipitação pluvial durante o mês de julho na posto de Fazendinha (Tabela 18), 3 % no mês de abril no posto de Guarapuava (Tabela 19) e 2 % no mês de julho na posto de Pérola d'Oeste, Tabela 20.

O último intervalo de classe de precipitação (>30mm), o qual foi classificado como sendo de “precipitação muito forte”, estão contidos valores até o máximo de precipitação pluvial registrado em 38 anos dos meses em análise (casos extremos). Verificou-se que, em geral, a frequência observada para este intervalo de classe foi maior que 10% no posto de Fazendinha, 8% no posto de Guarapuava e 16% no posto de Pérola d'Oeste, em relação ao total de dias com precipitação pluvial para cada um dos meses analisados. A frequência máxima atingida por este intervalo foi de 89 dias (25%) no mês de outubro, que apresentou 363 dias com ocorrência de precipitação pluvial para o posto Fazendinha. De 62 dias (22%) no mês de maio, que apresentou 286 dias com ocorrência para o posto de Guarapuava e finalmente 83 dias (29%) no mês de maio, que apresentou 287 dias com ocorrências de precipitação para o posto de Pérola d'Oeste, Tabela 17.

Tabela 18-Percentual correspondente aos intervalos da classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para o posto de Fazendinha, no período de 1965 a 2002.

Intervalo (mm/dia)	jan (%)	fev (%)	mar (%)	abr (%)	mai (%)	jun (%)	jul (%)	ago (%)	set (%)	out (%)	nov (%)	dez (%)
[0,6; 5)	29	29	27	38	32	26	33	30	28	22	29	28
[5; 10)	22	23	30	22	23	20	17	27	26	16	24	23
[10; 15)	13	13	15	11	9	14	14	12	12	13	16	14
[15; 20)	11	9	7	6	10	14	10	7	12	10	10	9
[20; 25)	7	6	6	9	9	9	6	9	5	7	6	6
[25; 30)	5	4	2	4	4	5	1	4	5	7	3	5
>30	13	14	14	10	12	11	17	11	11	25	13	15

Fonte: Soriano (2003), Adaptado por Azevedo (2005).

Tabela 19-Percentual correspondente aos intervalos da classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para o posto de Guarapuava, no período de 1965 a 2002.

Intervalo (mm/dia)	jan (%)	fev (%)	mar (%)	abr (%)	mai (%)	jun (%)	jul (%)	ago (%)	set (%)	out (%)	nov (%)	dez (%)
[0,6; 5)	28	23	24	27	29	19	27	28	26	23	26	28
[5; 10)	21	21	20	15	18	15	16	17	16	16	18	19
[10; 15)	15	16	14	13	14	10	14	12	9	14	13	12
[15; 20)	8	9	8	15	8	10	7	11	8	8	11	10
[20; 25)	6	6	6	5	8	7	6	5	7	8	9	9
[25; 30)	5	4	4	3	4	3	5	4	7	7	5	6
>30	11	11	9	14	22	8	17	12	18	18	13	12

Fonte: Soriano (2003), Adaptado por Azevedo (2005).

Tabela 20 - Percentual correspondente aos intervalos da classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias com precipitação para cada um dos meses estudados para a posto de Pérola d'Oeste, no período de 1965 a 2002.

Intervalo (mm/dia)	jan (%)	fev (%)	mar (%)	abr (%)	mai (%)	jun (%)	jul (%)	ago (%)	set (%)	out (%)	nov (%)	dez (%)
[0,6; 5)	23	19	23	17	22	23	22	20	22	18	13	21
[5; 10)	19	22	20	13	18	13	19	18	13	12	16	14
[10; 15)	12	13	11	16	15	13	12	11	15	14	16	14
[15; 20)	9	10	10	8	9	7	10	9	10	10	11	10
[20; 25)	6	11	8	7	8	7	7	7	7	6	6	9
[25; 30)	5	7	5	5	3	6	2	6	4	5	8	5
>30	19	22	16	28	29	22	19	16	21	25	23	22

Fonte: Soriano (2003), Adaptado por Azevedo (2005).

5.7. Análise dos balanços hídricos

A partir dos dados de temperatura e precipitação dos postos meteorológicos (Figura 23 e Tabela 6), foram elaborados os balanços hídricos, através do método de Thornthwaite & Mather (1955) para três postos pluviométricos selecionadas buscando, representar a área da bacia dentro dos grupos homogêneos. Os períodos de 1982/83, 1984, 1985, 1988, 1997/98, 2001/02 foram constatados como sendo os mais significativos, Figuras 55 a 72.

Analisando os gráficos, para o evento de El Niño de 1982/83, observa-se que o posto Fazendinha (Figura 55), apresentou excedente hídrico com valor acima de 150mm nos meses de outubro e novembro de 1982 e abril a junho de 1983, verifica-se ainda, pouco

excedente hídrico nos meses de e agosto de 1982 e outubro de 1983, chegando a próximo de 0mm. Para o posto de Guarapuava pode-se observar excedente hídrico, 350mm para o mês de novembro de 1982, (200mm) para janeiro de 1983, (450mm) para julho de 1983 e 200mm para setembro de 1983 e déficit hídrico pouco significativo em agosto de 1982, Figura 56.

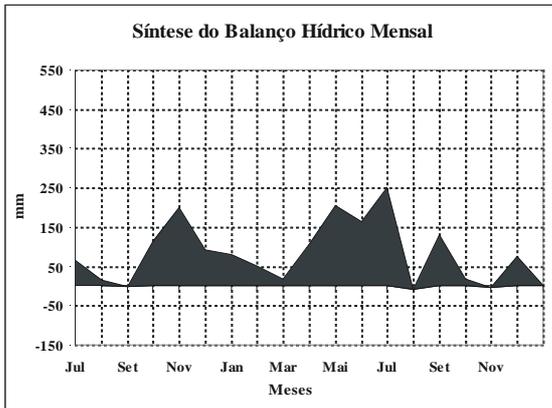


Figura 55 – Posto Fazendinha, 1982/83.

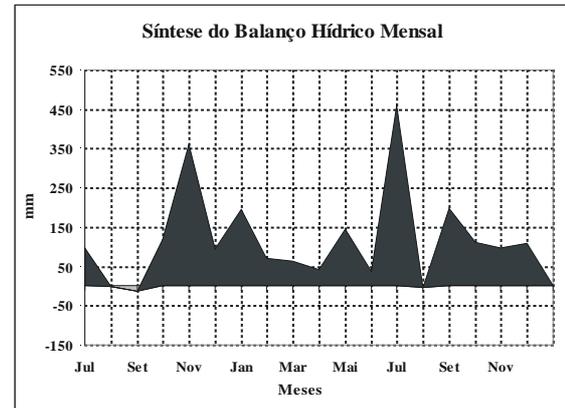


Figura 56– Posto Guarapuava, 1982/83.

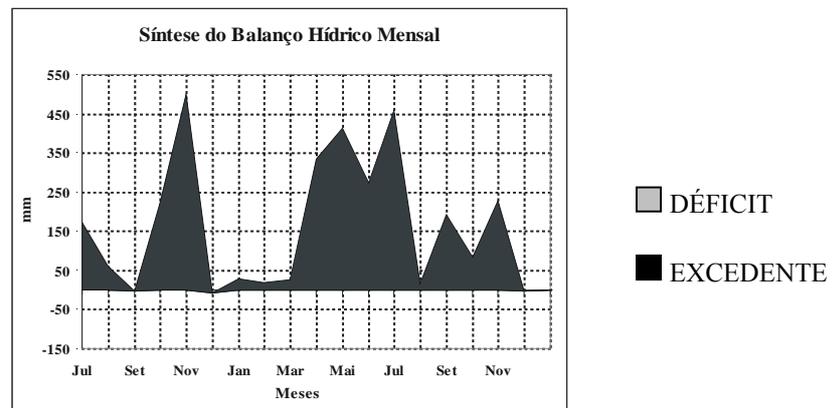


Figura 57 – Posto Pérola do Oeste, 1982/83.

No posto de Pérola do Oeste, tem-se 500mm de excedente hídrico de precipitação pluvial para o mês de novembro de 1982 e entre os meses de março a agosto de 1983, chegando a 450mm e setembro e novembro de 1983 com valores de 200mm, não apresentou déficit hídrico para este posto, Figura 57. Observou-se que a precipitação pluvial foi menor no posto Fazendinha à 910m de altitude, localizada à montante da bacia, onde a interferência significativa ocorre através da dinâmica das massas de ar. Já no posto de Guarapuava, observou-se um aumento da precipitação pluvial, sendo sua localização na porção média da bacia e com altitude de 950m. O posto de Pérola do Oeste, localizado à jusante, foi o que apresentou maior excedente hídrico, também influenciado pelas chuvas orográficas na região e também pela umidade da represa de Itaipu, mesmo estando a 400m de altitude.

Para o ano de 1984, considerado ano habitual, através de Trenberth (1997), para a bacia do rio Iguaçu, pode-se observar no posto Fazendinha, ocorreu excedente hídrico nos meses de janeiro e abril a junho, chegando a 120mm de precipitação pluvial e déficit de 150mm de precipitação pluvial no mês de julho, Figura 58. No posto de Guarapuava, o excedente hídrico foi significativo para o mês de março, junho, agosto e novembro, chegando a 210mm de precipitação pluvial, não apresentando déficit hídrico, Figura 59. Para o posto de Pérola do Oeste, o excedente hídrico ocorreu nos meses de junho, agosto e dezembro, com valor inferior a 200mm de precipitação pluvial e o déficit hídrico no mês de fevereiro foi de aproximadamente, 70mm, Figura 60.

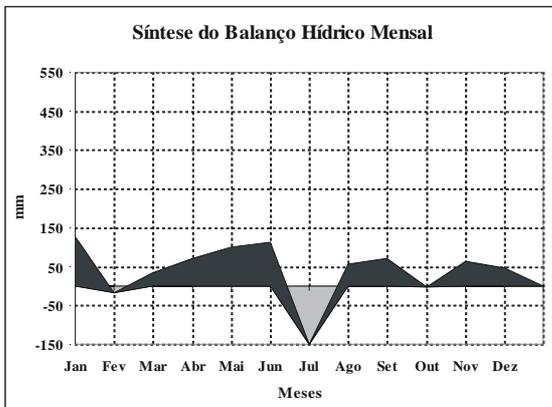


Figura 58 – Fazendinha, 1984.

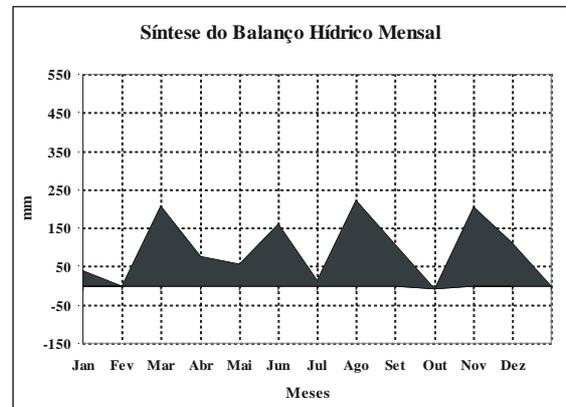


Figura 59 – Posto Guarapuava, 1984.

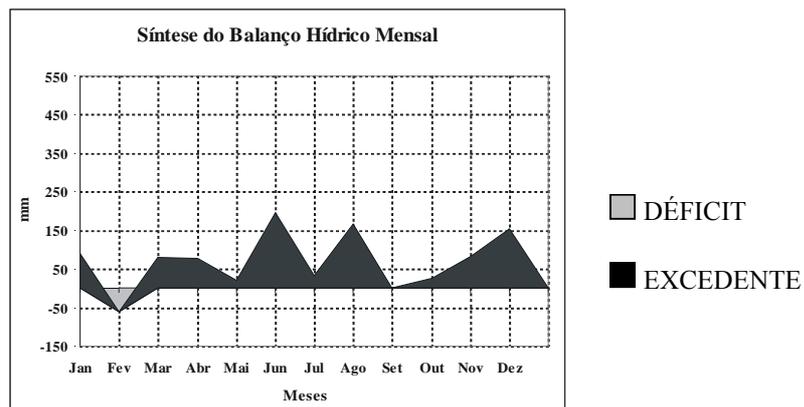


Figura 60 – Posto Pérola do Oeste, 1984.

Para o período de La Niña 1985, observou-se que no posto Fazendinha, ocorreu excedente hídrico no mês de fevereiro com valor de 120mm de chuva e no mês de julho um pequeno déficit hídrico de 10mm, Figura 61. No posto de Guarapuava, apresentou excedente hídrico em fevereiro e abril, com valor máximo de 140mm de precipitação pluvial e déficit hídrico em dezembro com 30mm, no mês de maio não ocorreu precipitação pluvial, Figura

62. Para o posto de Pérola do Oeste, ocorreu excedente hídrico no mês de abril de 160mm e no mês de julho com 100mm de precipitação pluvial. O déficit hídrico ocorreu no mês de janeiro com 50mm e no mês de dezembro com 90mm de precipitação pluvial, Figura 63.

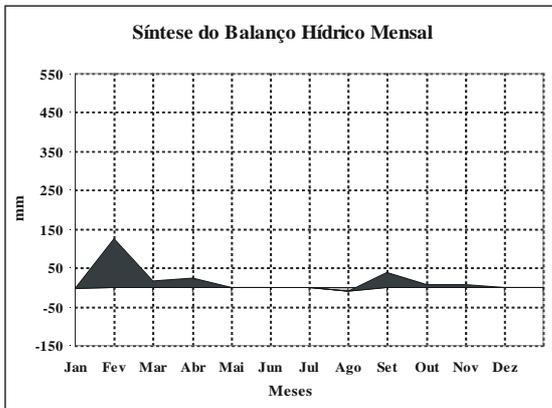


Figura 61 – Fazendinha, 1985.

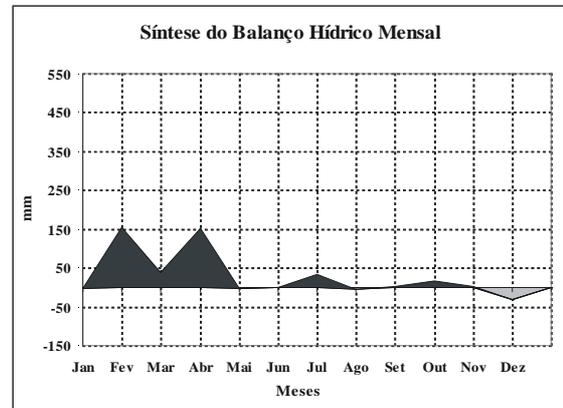


Figura 62 – Posto Guarapuava, 1985.

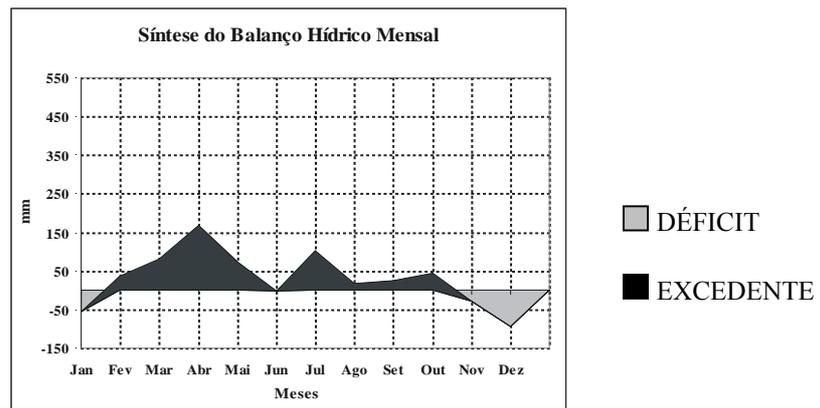


Figura 63 – Posto Perla do Oeste, 1985.

Para o período de La Niña 1988, observou-se que no posto Fazendinha, ocorreu excedente hídrico no mês de maio com valor de 210mm de chuva e déficit hídrico entre os meses de julho e agosto de 20mm, novembro de 10mm, pode-se observar que para este posto a partir de junho ocorreu pouca precipitação pluvial apresentando valores próximos de zero, Figura 64. No posto de Guarapuava, apresentou excedente hídrico em maio, com valor máximo de 270mm de precipitação pluvial e déficit hídrico em agosto de 20mm e novembro de 10mm, Figura 65. Para o posto de Pérola do Oeste, ocorreu excedente hídrico no mês de abril, maio e junho chegando a 210mm de precipitação pluvial e o déficit hídrico apresentou-se no mês de julho a setembro chegando a 40mm de precipitação pluvial, Figura 66.

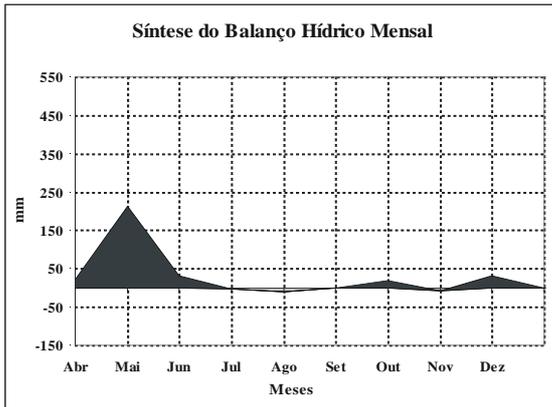


Figura 64 – Fazendinha, 1988.

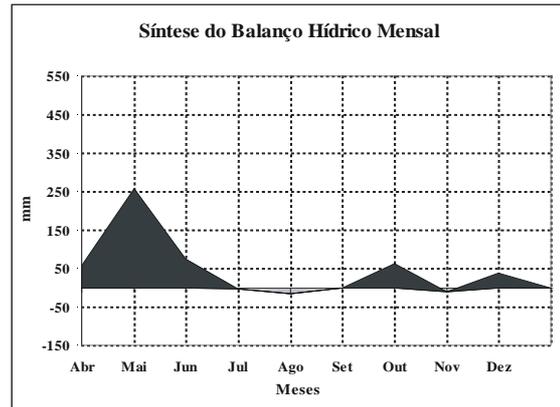


Figura 65 – Posto Guarapuava, 1988.

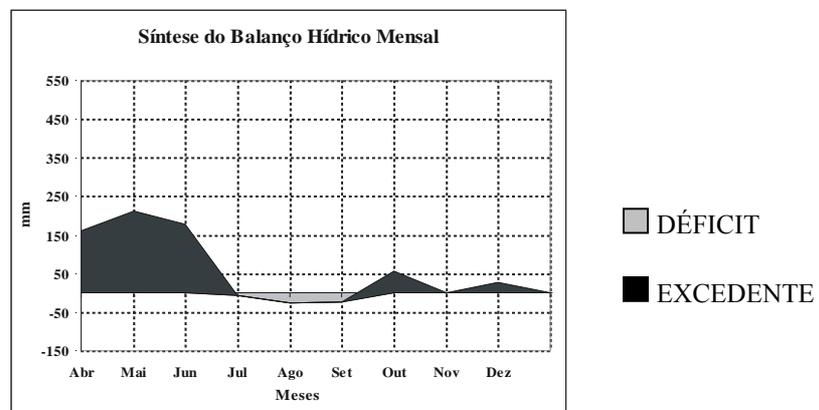


Figura 66 – Posto Perola do Oeste, 1988.

Analisando os gráficos, para o evento de El Niño de 1997/98, observou-se que o posto Fazendinha (Figura 67), apresentou excedente hídrico com valor máximo de 280mm nos meses de agosto de 1997 a abril de 1998 e de julho a outubro de 1998. Verificou-se ainda, déficit hídrico nos meses de março e abril de 1997 de 10mm de precipitação pluvial. Para o posto de Guarapuava (Figura 68), pode-se observar excedente hídrico para os meses de junho, agosto, outubro, novembro de 1997 e janeiro, abril, agosto a outubro de 1998, com valores chegando a 320mm de precipitação pluvial, não houve déficit hídrico, neste posto. No posto de Pérola do Oeste (Figura 69), ocorreu excedente hídrico de precipitação pluvial para o mês de maio, junho, e de agosto a novembro de 1997 e do mês de janeiro a maio, e de agosto a outubro de 1998, sendo valor máximo de precipitação pluvial de 290mm e déficit hídrico no mês de março de 1997 observou-se, aproximadamente, 30mm.

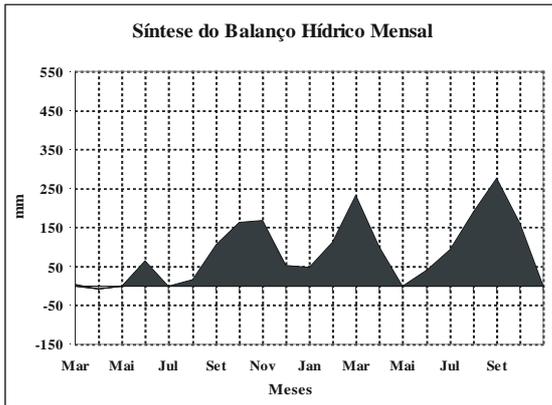


Figura 67 – Posto Fazendinha, 1997/98.

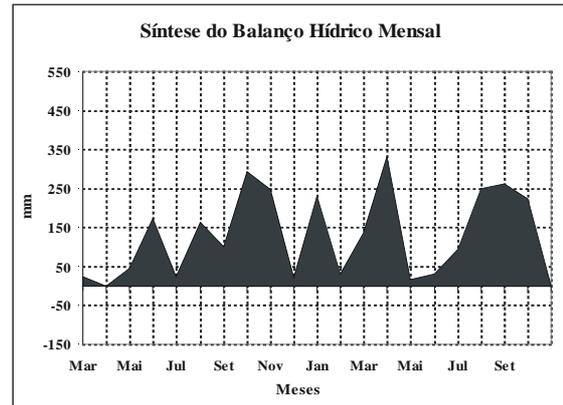


Figura 68 – Posto Guarapuava, 1997/98.

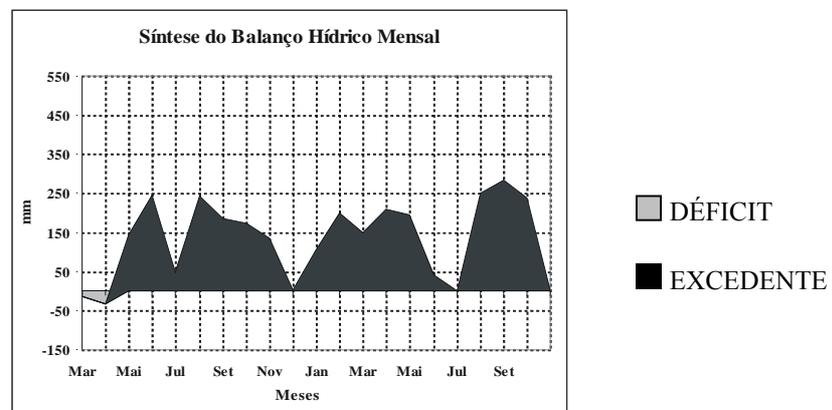


Figura 69 – Posto Perola do Oeste, 1997/98.

Para o período de La Niña 2001/02, observou-se que no posto Fazendinha, ocorreu excedente hídrico no mês de maio a julho, outubro de 2001 e janeiro de 2002, com valores chegando a 230mm de chuva, este posto não apresentou déficit hídrico, Figura 70. No posto de Guarapuava, apresentou excedente hídrico entre os meses de outubro a dezembro de 2001, com valor máximo de 180mm de precipitação pluvial e não apresentou déficit hídrico, Figura 71. Para o posto de Pérola do Oeste, ocorreu excedente hídrico no mês de maio, junho e outubro de 2001 e janeiro de 2002, chegando o valor máximo à 120mm de precipitação pluvial, Figura 72. Este posto pluviométrico não apresentou déficit hídrico.

Constatou-se que os postos apresentaram excedentes hídricos elevados em 1982/83 e 1997/98. Períodos de El Niño significativos, representados nas Figuras 55 a 57 e 67 a 69. Para os déficits hídricos as estações encontraram-se nos períodos de 1985 e 1988. Os anos de La Niña também significativos, conforme as Figuras 61 a 63 e 64 a 66. Já o período de 2001/02, apesar de ser considerado de La Niña, foi atípico por apresentar excedente hídrico, ou seja, não apresentou influência significativa na bacia do rio Iguaçu, Figuras 70, 71 e 72. O ano de 1984, considerado sem anomalia apresentou-se

o padrão normal para o balanço hídrico da área de estudo comparado com os outros períodos.

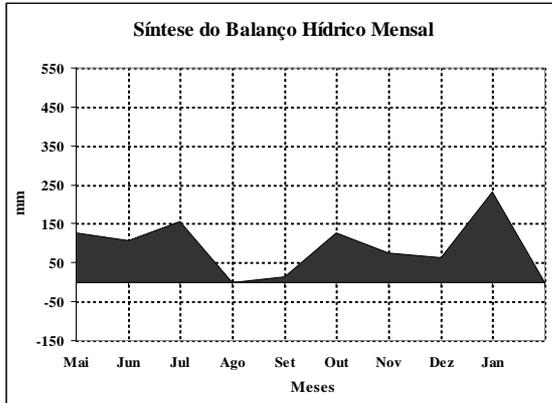


Figura 70 – Posto Fazendinha, 2001/02.

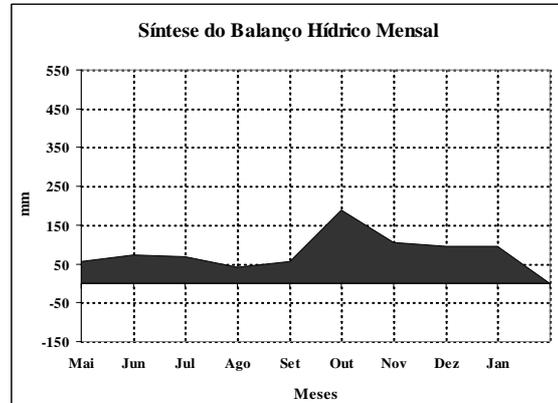


Figura 71 – Posto Guarapuava, 2001/02.

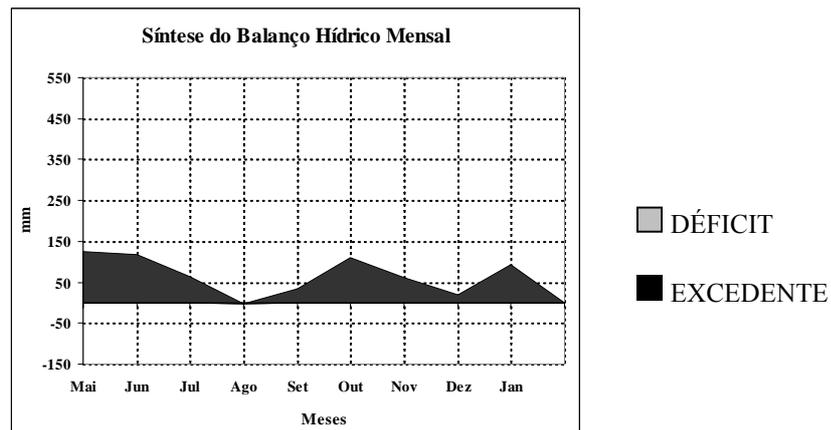


Figura 72 – Posto Perola do Oeste, 2001/02.

Ao analisar a distribuição espacial do padrão hídrico na bacia do rio Iguaçu, verificou-se que existe maior déficit hídrico, no posto localizado à montante da bacia, como Fazendinha. E menor déficit hídrico no posto de Pérola d'Oeste que se encontra à jusante, um dos motivos que justifica este excedente hídrico, somente reafirmando, são as chuvas orográficas ocorridas na área, pois a altitude chega a 1200m, formando um obstáculo para as correntes de vento originário do Sul e do Leste.

5.8. Análise da evolução da vazão do rio Iguaçu

Os dados de vazão foram analisados através de gráficos de evolução temporal mensal, para um período até maior do que o estudado na precipitação pluvial, buscando

representar o comportamento da vazão, antes e após a década de 70, (Figuras 73 a 81), momento em que se iniciou a construção das principais hidrelétricas no rio Iguaçu.

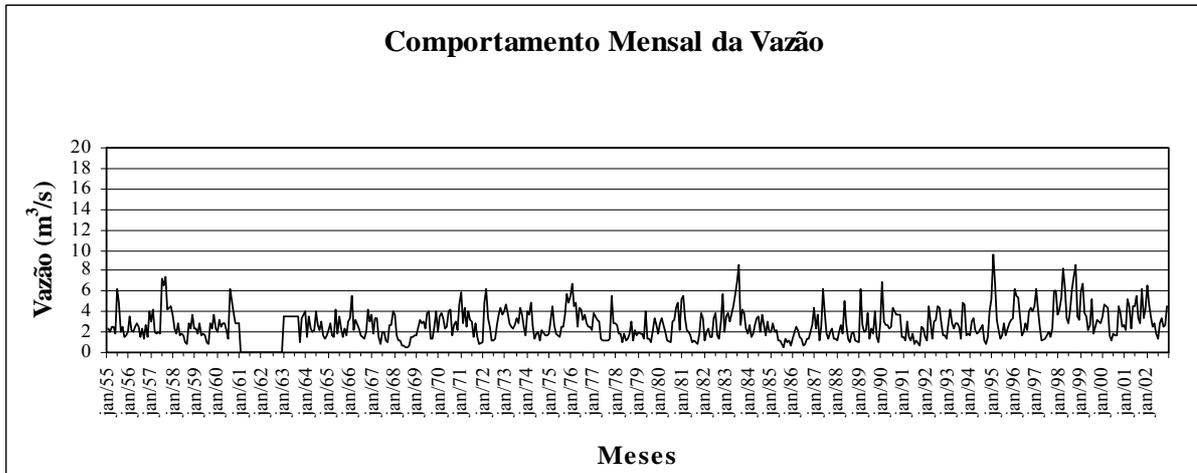


Figura 73 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Fazendinha – 1955 a 2002.

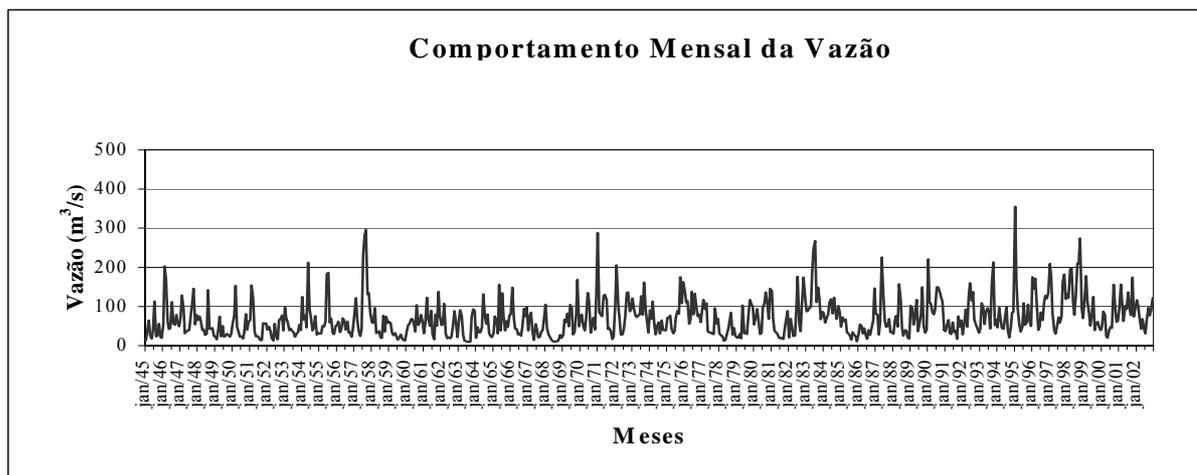


Figura 74 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Porto Amazonas – 1945 a 2002.

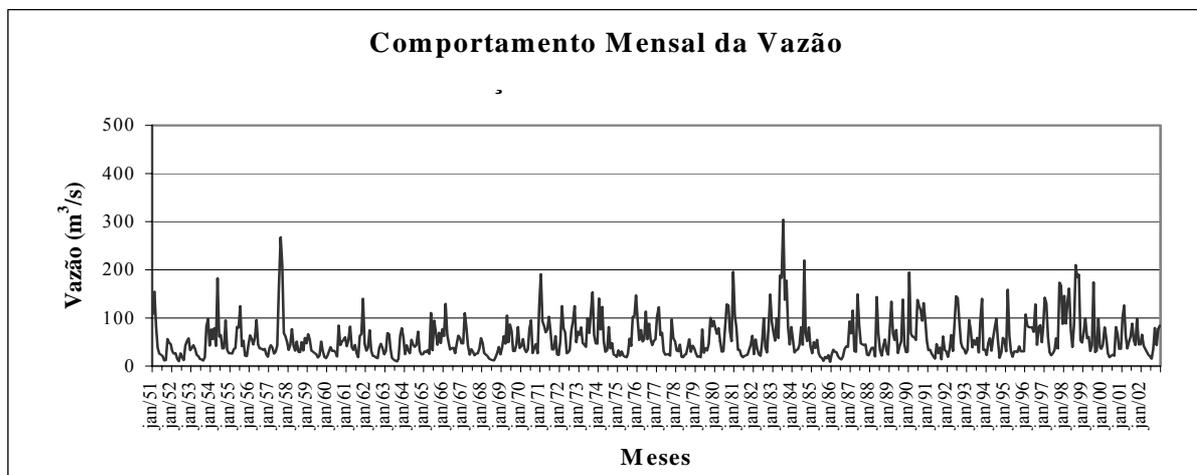


Figura 75 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Rio Preto do Sul – 1951 a 2002.

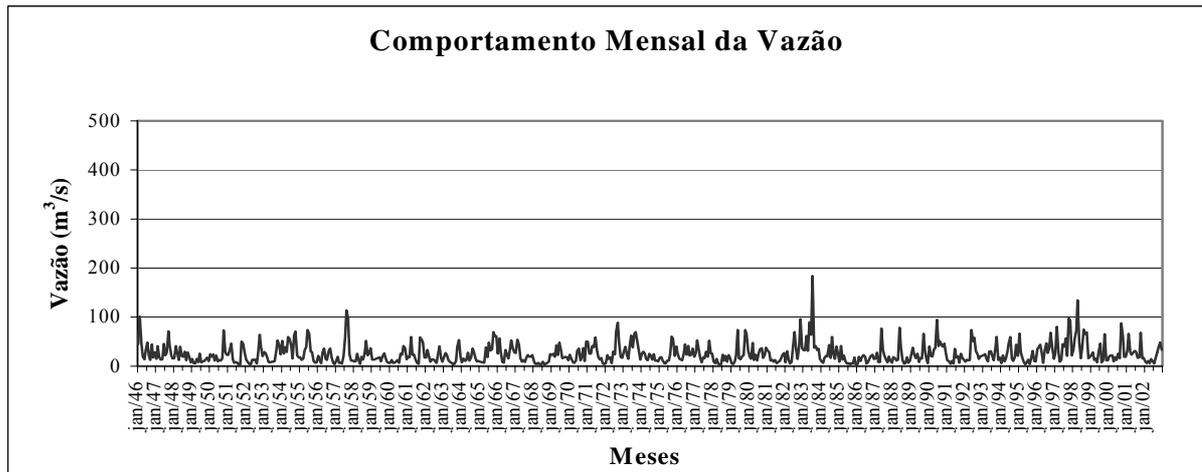


Figura 76 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Jangada – 1946 a 2002.

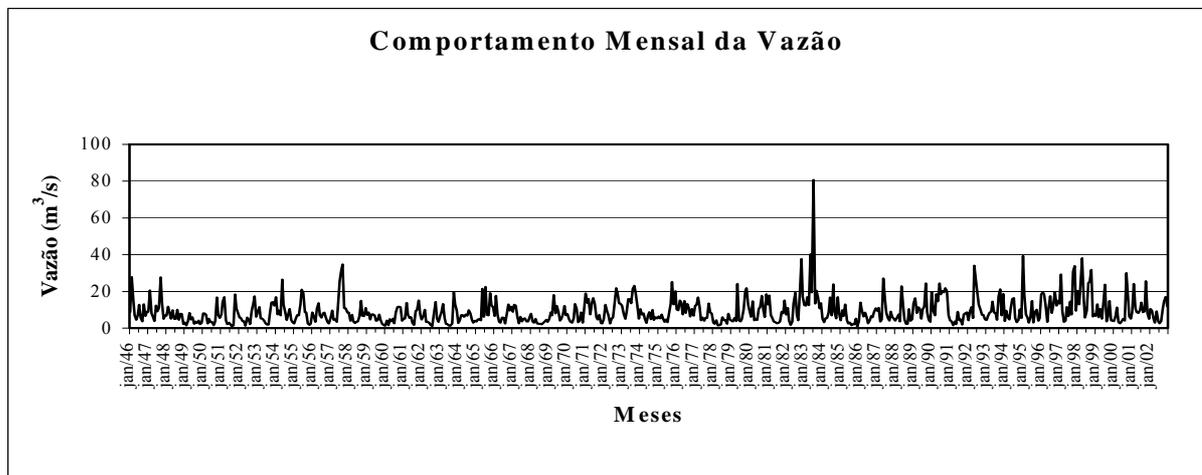


Figura 77 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Fazenda Maracanã – 1946 a 2002.

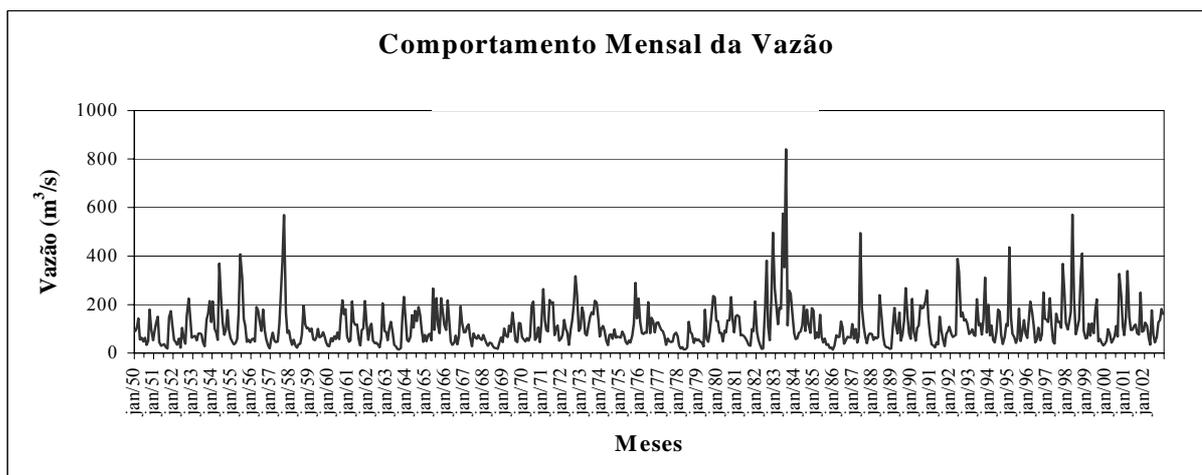


Figura 78 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Santa Clara – 1950 a 2002.

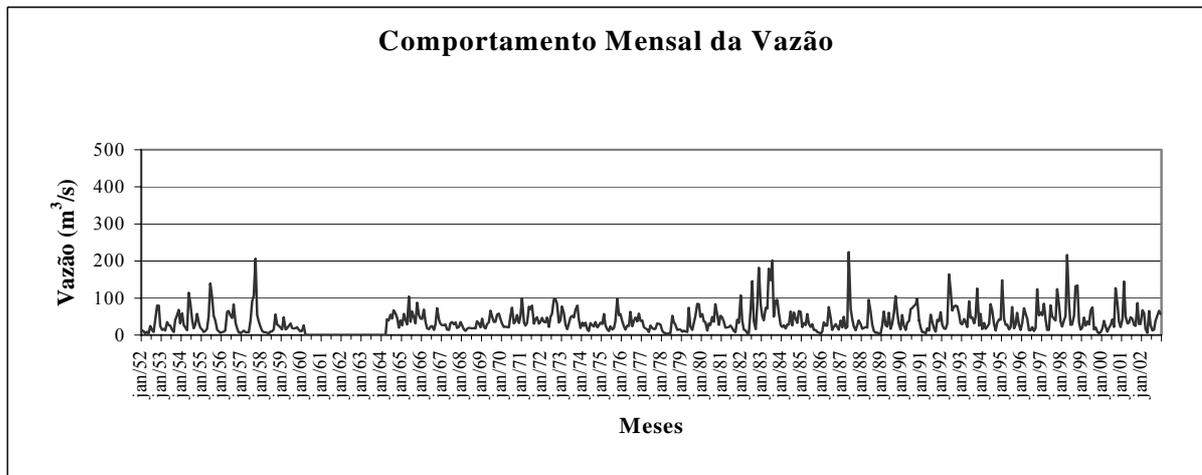


Figura 79 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Usina Cavernoso – 1952 a 2002.

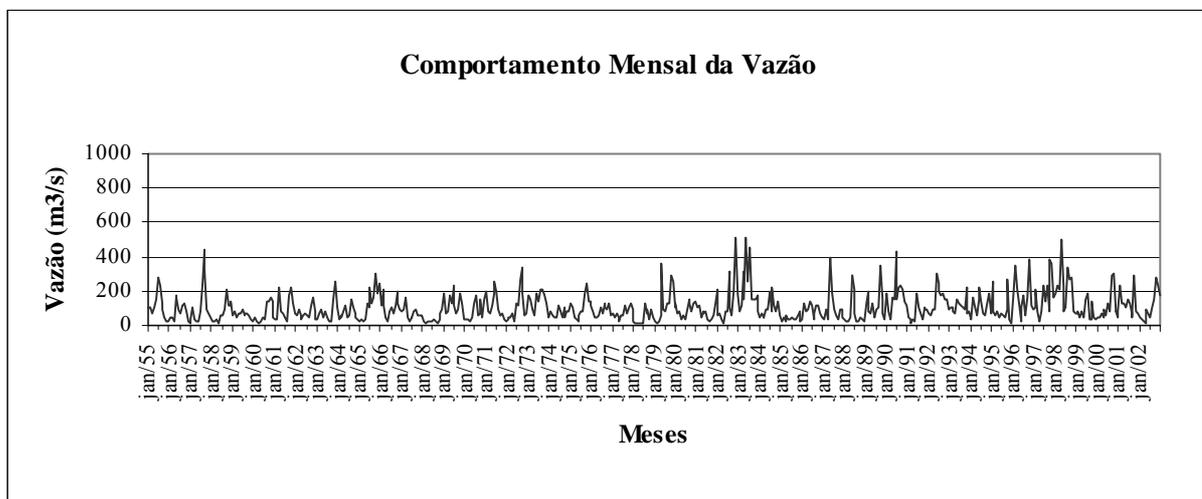


Figura 80 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Porto Palmerinha – 1955 a 2002.

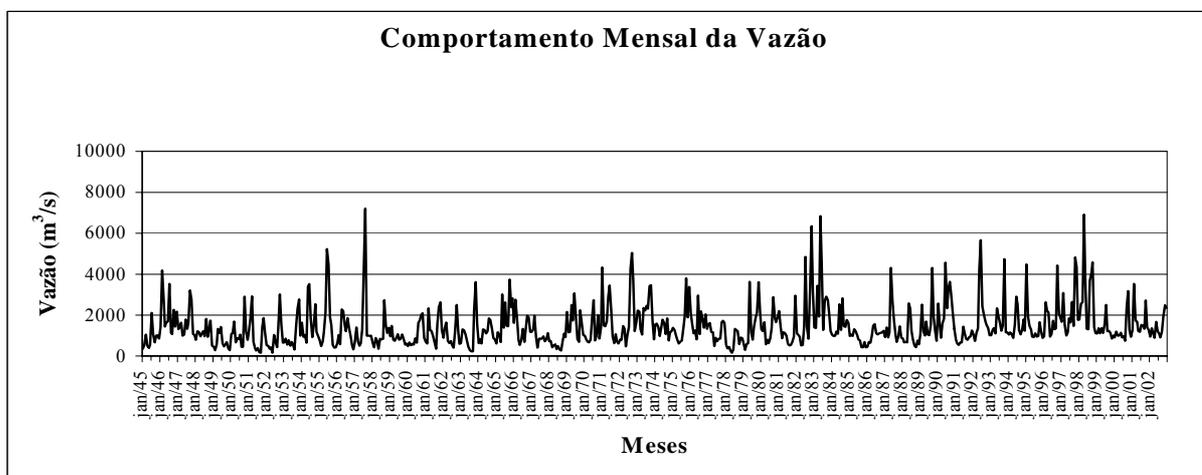


Figura 81 – Evolução mensal da vazão do posto fluviométrico Salto Cataratas – 1955 a 2002.

Pode-se observar através da análise dos gráficos, que o comportamento da vazão entre as estações distribuídas na área de estudo, ocorreu com máximas nos anos de 1957, 1982, 1983, 1986, 1987, 1995, 1997 e 1998, e mínimas nos anos de 1951, 1968, 1978, 1985, 1988, 2000 e 2001. Entre estes anos observam-se, períodos de El Niño que se destacaram para a área de estudo, como nos anos de 1982/83, 1997/98 e de La Niña como nos anos de 1985, 1988 e 2001. Em 1984 foi um ano sem anomalia, sendo estas evoluções temporais as mais significativas para análise.

Observando o volume da vazão dos postos fluviométricos constatou-se que, o posto de Porto Amazonas (Figura 74), localizado na porção superior da bacia e no leito principal do rio Iguaçu, apresentou vazão máxima de $350\text{m}^3/\text{s}$. O posto de Salto Cataratas (Figura 81) que se encontra na porção inferior da bacia, também no rio Iguaçu constatou-se valores maiores, com $7000\text{m}^3/\text{s}$. Isso caracterizou a distribuição espacial, mostrando que a vazão tende a aumentar no sentido montante para jusante, fato presente na maioria das redes de drenagem. As outras estações que se encontram na área da bacia, como no médio curso, por exemplo, impossibilitou fazer referência, por estarem localizadas nos afluentes do rio Iguaçu, recebendo menores tributários.

5.9. Correlação entre anomalias da TSM com anomalia fluviométrica

Através dos dados de fluviometria mensal foi calculado o índice de anomalia e correlacionado com a anomalia da TSM.

O critério estatístico utilizado, na correlação para a bacia do rio Iguaçu é chamado de produto de Pearson. Onde os dados foram selecionados com defasagem de até 3 meses, buscando uma possível relação defasada entre o resfriamento/aquecimento das águas do Oceano Pacífico e a vazão ocorrida na área da bacia do rio Iguaçu, conforme Tabela 21, para alguns postos fluviométricos, com distribuição espacial significativa.

Os resultados demonstram que todos os postos fluviométricos analisados apresentaram correlação significativa com a anomalia da TSM. Sendo o período de 1982/83, o mais significativo em todas as defasagens. O ano de 1988 foi significativo somente para defasagem (-3), menos para os postos Fazendinha e Porto Amazonas. Já os demais anos não apresentaram correlação. Estes dois períodos são caracterizados como eventos de El Niño e La Niña com intensidade representativa, podendo-se justificar a correlação.

Tabela 21 – Correlação da anomalia da TSM do Pacífico com a vazão da bacia do rio Iguaçu.

Posto Fazendinha						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.74	-0.24	-0.32	0.16	-0.34	0.00
Def (-1)	0.74	-0.08	-0.48	0.52	-0.35	-0.25
Def (-2)	0.81	-0.14	-0.32	0.18	-0.35	-0.42
Def (-3)	0.82	-0.06	-0.30	0.22	-0.35	-0.53
Posto Porto Amazonas						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.69	-0.26	-0.17	-0.08	-0.37	-0.18
Def (-1)	0.78	-0.32	-0.34	0.16	-0.35	-0.34
Def (-2)	0.79	-0.10	-0.28	0.19	-0.31	-0.51
Def (-3)	0.80	0.80	-0.31	0.66	-0.22	-0.62
Posto Rio Preto do Sul						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.68	-0.13	-0.23	0.29	-0.29	-0.30
Def (-1)	0.71	-0.03	-0.27	0.34	-0.24	-0.64
Def (-2)	0.72	-0.02	-0.27	0.74	-0.19	-0.56
Def (-3)	0.74	0.02	-0.29	0.88	-0.10	-0.55
Posto Jangada						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.60	-0.09	0.09	0.33	0.07	-0.43
Def (-1)	0.67	0.00	0.03	0.35	0.15	-0.66
Def (-2)	0.69	-0.23	0.17	0.56	0.16	-0.43
Def (-3)	0.69	-0.19	0.16	0.91	0.23	-0.42
Posto Fazenda Maracanã						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	Ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.59	-0.17	-0.07	0.25	-0.06	-0.52
Def (-1)	0.62	-0.07	-0.08	0.41	0.01	-0.39
Def (-2)	0.63	-0.14	0.23	0.63	0.03	-0.48
Def (-3)	0.64	-0.10	0.26	0.82	0.13	-0.55
Posto Santa Clara						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.64	0.01	-0.16	0.14	-0.09	-0.48
Def (-1)	0.72	0.14	-0.21	0.23	-0.03	-0.19
Def (-2)	0.72	0.14	-0.10	0.57	0.01	-0.27
Def (-3)	0.72	0.17	-0.09	0.85	0.11	-0.46

Posto Usina Cavernoso						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.62	0.15	-0.19	0.19	-0.10	-0.32
Def (-1)	0.75	0.25	-0.25	0.10	-0.04	0.23
Def (-2)	0.75	0.22	-0.09	0.43	0.01	-0.10
Def (-3)	0.77	0.22	-0.09	0.78	0.10	-0.34
Posto Porto Palmerinha						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.62	-0.30	0.10	0.17	0.14	-0.49
Def (-1)	0.75	-0.15	0.16	0.28	0.21	-0.51
Def (-2)	0.75	-0.06	0.47	0.54	0.22	-0.38
Def (-3)	0.77	-0.01	0.49	0.86	0.31	-0.41
Posto Salto Cataratas						
	jul/82 a dez/83	ano de 1984	ano de 1985	abr a dez/88	mar/97 a out/98	mai/01 a jan/02
Normal	0.38	-0.15	-0.21	-0.00	-0.04	-0.35
Def (-1)	0.54	-0.06	-0.30	0.06	0.03	-0.04
Def (-2)	0.56	-0.02	-0.25	0.48	0.06	-0.17
Def (-3)	0.57	-0.01	-0.29	0.75	0.16	-0.30

Valores em vermelho indicam correlação significativa de acordo com os critérios do “software Statistica”.
Def. – Defasagem (mês).

6-CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do rio Iguaçu apresenta em períodos de ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña variabilidade pluviométrica, pois os anos de máximos e mínimos, na sua maioria, são considerados anos relacionados a tais fenômenos, no ano de 1983, observou-se média de 2600mm e no ano de 1985, média de 1000mm de precipitação pluvial.

As isolinhas de média, desvio padrão mostram a distribuição espacial da precipitação pluvial na região analisada, com valores máximos de anomalias de 1200mm no ano de 1983 e valores negativos de 800mm, no ano de 1988. Nota-se que todos os parâmetros estatísticos utilizados, confirmam que a pluviometria aumenta na direção da porção superior para a inferior da bacia, com uma concentração da precipitação pluvial na região sudoeste, mais precisamente, próximo aos municípios de Guarapuava (950m), Pérola do Oeste (400m, situada próximo ao leito do rio, com altitudes elevadas em seu entorno). O que demonstrou influência orográfica, pois as cotas altimétricas dos postos pluviométricos são superiores e também a contribuição da represa da Usina Hidrelétrica de Itaipu juntamente com outros reservatórios, aumentando a umidade da região.

Verificou-se também nos balanços hídricos que apresentaram excedentes hídricos na região à jusante da bacia, enquanto a região à montante geralmente apresentou déficit hídrico. Estas observações são mais evidentes, quando analisados os anos considerados de anomalia significativa. Comprovando a variabilidade tempôro/espacial da pluviometria da bacia.

Analisando a freqüência de dias de chuva para explicar a variabilidade pluviométrica, confirmou-se maior concentração na freqüência de chuva considerada de intensamente fraca em todos os postos pluviométricos analisados na região da bacia, com média de 25% de dias com chuvas, com tendência de aumento de chuvas de intensidade forte no posto de Pérola do Oeste, registrando 29% para o mês de maio no período analisado. A bacia hidrográfica do rio Iguaçu apresenta uma característica de períodos chuvoso e seco. Os meses mais chuvosos geralmente se concentram no trimestre dezembro/janeiro/fevereiro e para o posto de Pérola do Oeste (jusante), destaca-se também o mês de outubro, enquanto os meses mais secos são junho/julho/agosto. Verificados na freqüência total de dias com chuvas.

A conclusão feita através dos parâmetros estatísticos descritos, como na evolução temporal da precipitação pluvial e índice de anomalia da temperatura da superfície do mar reafirmou que chove mais do que a média normal da região nos períodos considerados

anômalos. No período de 1982/83 a precipitação pluvial mensal foi superior a 500mm nos meses de novembro/82 e julho/83. Para o ano de 1984 esse valor não foi superior a 300mm e inferior a 50mm. Já no ano de 1988 a máxima foi de 350mm em maio e mínimas de aproximadamente, 30mm nos meses de julho e agosto.

A análise dos dados de vazão do rio Iguaçu demonstrou, maiores volumes na porção inferior da bacia, no entanto na região da porção superior estes valores são marcadamente inferiores, como ocorre em praticamente todos os rios do mundo. Através da correlação linear dos dados de vazão com a anomalia da TSM, foram obtidos resultados com índices significativos, demonstrando a existência de influência da TSM com a variabilidade da vazão na bacia, principalmente para os anos de 1982/83.

Finalmente, ao se analisar o resultado da correlação da precipitação pluvial de cada um dos postos pluviométricos e a distância medida entre eles, nota-se resultados significativos, que explicam a variabilidade temporal e espacial da pluviometria para períodos específicos. A região, à jusante sofre influência do relevo associado com a dinâmica climática das massas de ar e a concentração maior de reservatórios de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.M.B. E REPELLI, C. A., 1994: Um Estudo da Influência da Oscilação Sul Sobre Parte da América do Sul, com Ênfase à Bacia Amazônica. **Anais**. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. II. pp. 108-110.
- ANDRIOTTI, J. L. S., 2003. **Fundamentos de Estatísticas e Geoestatística**. Editora UNISINOS, RS. 165pp.
- ANDRADE, A. R., 2003. **Variabilidade da Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – Paraná**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Departamento de Geografia da Uem. Maringá, 99pp.
- ASSIS, F.N., 1991. **Modelagem da Ocorrência e da Quantidade de Chuva e de Dias Secos em Piracicaba-SP e Pelotas-Rs**. Piracicaba, 134pp. Tese (Doutor Em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- AYOADE, J. O., 1996. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**, 4ª Edição, Rio de Janeiro, Bertrand do Brasil, 332pp.
- AZAMBUJA, T.; MACEDO, R., 1998. Gestão da Qualidade de Água. **Água em Revista**, n 10, pp-51, 9 junho.
- AZEVEDO, D. C., 1974. **Chuvas no Brasil: regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre. UFRGS.
- BALDO, M.C., ANDRADE, A.R., MARTINS, M. L. O. F., NERY J. T., 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, pp. 283-293, Santa Maria-RS.
- BALDO, M.C., 2000. **Análise da Estrutura e Variabilidade Interanual da Precipitação Pluviométrica na Região Sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Departamento de Geografia da UEM. Maringá, 93 pp.
- BALDO, M. C. E NERY, J. T., 1999. Análise da Estrutura e Variabilidade Interanual da Precipitação Pluviométrica na Região Sul do Brasil: Revisão Bibliográfica. **Boletim de Geografia**. DGE/UEM, Ano 17- Número 1.
- BANCO MUNDIAL., 2003. **Estratégias de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil: Áreas de cooperação com o Banco Mundial**. 1º Edição. Brasília. 204pp. Disponível em: <<http://www.bancomundial.org.br>>. Acesso em 22/05/04.
- BARHT, F. T.; BARBOSA, W. E. S., 1999. **Recursos Hídricos**. São Paulo.
- BERTRAND, G., 1972. Paisagem e geografia física global. São Paulo, **Cadernos de Ciências da Terra**, 13, USP/IGEOG.
- BESSAT, F., 2003. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra Livre**, ano 19, V.1, n. 20. 11-26pp. AGB. São Paulo.
- BJERKNES, J., 1969. Atmospheric Teleconnections from the Equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, 97, pp 63-172.
- BOTELHO, R. G. M. & SILVA, A S., 2004. Bacias Hidrográficas e Qualidade Ambiental. IN: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Antônio Carlos Vitte & Antônio José Teixeira Guerra (Org.). Rio de Janeiro, Bertrand.

- BRAGA et al., 2002. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall Brasil, 318 pp.
- CAMARGO, J.B., 2001. **Geografia Física, Humana e Econômica do Paraná**. 4ª Edição, Ideal Indústria Gráfica, Maringá, 182pp.
- CASTRO, R., 1994. **Distribuição Probabilística da Frequência de Precipitação na Região de Botucatu, SP**. Botucatu. 101p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- CLARKE, R. T.; TUCCI, C. E. M. & COLLISCHONN, W., 2003. Variabilidade Temporal no Regime Hidrológico da Bacia do Rio Paraguai. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V. 8 – n. 1.
- CONDINI, P. Subsídios para a educação ambiental na bacia hidrográfica do Guarapiranga. **Secretaria do Estado e Meio Ambiente/Coordenadoria de Educação Ambiental**. São Paulo: SMA/CEAM, 1998. pp. 5-35.
- CONFALONIERI, U. E. C., 2003. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**. Ano 19, Vol-I, nº 20, pp 193-204. São Paulo.
- CONTI, J.B., 2000. Considerações Sobre Mudanças Climáticas Globais. In: SANT'ANNA NETO, J.L. e ZAVATINI, J. A. (Organizadores). **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. EDUEM, Maringá, pp. 17-28.
- CONTI, J.B. E FURLAN, S. A., 1997. Geocologia: o clima, os solos e a biota. IN: ROSS, J. L. S. (Organizador). **Geografia do Brasil**. Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, pp 7-198.
- CURRY, L., 1952. Climate and economic life: a new approach. **The Geographical Review**, 42 (3): 367-383.
- CPTEC/INPE., 1998. Relatório elaborado pelo CPTec-INPE em 15 de Janeiro de 1998 - **Sumário Executivo**. Disponível em:<[http:// www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)> Acesso em 18/05/05.
- _____, 1998. **O El Niño: conseqüências do fenômeno sobre o território brasileiro e perspectivas para 1998**. Disponível em:<[http:// www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)> Acesso em 18/05/05.
- _____, 1997. El Niño se estabelece durante maio. Infoclima - **Boletim de Informações Climáticas**. Ano 3, Número especial - Disponível em:<[http:// www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)> Acesso em 18/05/05.
- ELTZ, F.L.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A., 1992. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, V.16, pp.265-269.
- EMBRAPA. 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual e Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro, EMBRAPA.
- EVERITT, B.S., GRAHAM, D., 1991. Applied Multivariate Data Analysis. Edward Arnold. USA. **British Library Cataloguing In Publication Data - ISBN**.
- FERREIRA, J.H.D., 2000. **Relação de Parâmetros Meteorológicos do Estado do Paraná Associados com Índice da Oscilação Sul**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Departamento de Geografia da UEM. Maringá, 67pp.

- FERREIRA, J.H.D; NERY, J.T., 1999. Relação de parâmetros meteorológicos associados com Índice da Oscilação Sul. **Boletim de Geografia**. DGE/UEM, Ano 17-Número 1. pp 107-114.
- FONTANA, D. C., BERLATO M.A., 1997. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. 5(1): 127-132.
- FRANCISCO, J.D., 1991. **Parâmetros Pluviométricos Auxiliares no Planejamento de Empreendimentos na Região de Botucatu, SP**. Botucatu. 120p. Dissertação (Mestre Em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- GONZALEZ. , M.; NERY, J. T.; BARROS, V.,1998. Características de la precipitación em Argentina Subtropical y Brasil Meridional y la Conveccion Tropical. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília. **Anais...**, Brasília, DF.
- GRIMM, A. M.; FERAZ, S. E. T. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Estado do Paraná: Efeitos de El Niño e La Niña. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., 1997, Vitória. **Bases Técnicas para a Implementação dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos**. Vitória, 1997. 1 CD.
- GRIMM, A. M., GUETTER, A. K., CARAMORI, P.H., 1997. El Niño no Paraná: O que pode esperar em cada região. Uma análise científica. **SIMEPAR-Informativo**, nº.1.
- GUEDES FILHO, E. M.; CAMARGO, J. M.; PÉREZ FÉRREZ, J. G., 2002. **Energia – as razões da crise e como sair dela**. Editora Gente. São Paulo. 128pp.
- HIRATA, R., 2000. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M., FAIRCHILD, T.R., TAIOLI, F. (Organizadores). **Decifrando a Terra**. Oficina de textos (USP), São Paulo, pp. 421-444.
- IAPAR, 2005. Mapa de classificação climática de Köppen. Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climatica.htm>. Acesso em 10/01/06.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., 1968. **Geografia do Brasil - Grande Região Sul**. Volume IV, Tomo I, Rio de Janeiro.
- IBGE. Diretoria Técnica., 1977. **Geografia do Brasil**. SERGRAF-IBGE. Rio de Janeiro.
- IPARDES - **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social.**, 1976. Comparação entre as áreas municipais do Estado do Paraná. Curitiba, 58pp.
- _____, 1997. Mapas meio ambiente. Disponível em: <<http://www.Ipardes.gov.br/>>. Acesso em 10/01/06.
- IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change.**,1996. Cambridge University Press.
- IPCC., 2001b. **Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- KOUSKY, V. E; CAVALCANTI I. F. A, 1984. Eventos Oscilação Sul/ El Niño. Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, Vol. 36(11): 1984.
- KOUSKY, V.E., GAN, M.A. E VIRJI, H., 1983. Low Latitude Upper Tropospheric Cyclonic Vortices In The South Atlantic; Their Origin, Characteristics and effects on

tropical convection over eastern Brazil. **INPE**, São José Dos Campos. (Pub. INPE 2729).

KRAUS, E. B., 1977. Subtropical Droughts and Cross-Equatorial Transports. **Monthly Weather Review**, V. 105, pp. 1009-1018.

LANNA, A. E.; CANEPA, E.; GRASSI, L. A. T.; DOBROVOLSKI, R., 1990. Sistema de gerenciamento dos recursos hídricos: conceitos, críticas e recomendações. Boletim Informativo **ABRH**. nº 14, nov/dez.

LEINZ, V. & AMARAL, S. E., 1975. **Geologia Geral**. Cia. Ed. Nacional, 6ª ed. Biblioteca Universitária, Série 3ª, vol. 1. São Paulo.

LEWIS, J. P. E TORRES, P. S., 1992. **Análise Multivariada, Introducción Y su aplicación a La Biología y Ecología**. Rosário Publicación, Rosário. 1ª Edición, 87pp.

MAACK, R., 2002. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora.

MILLER, G., 1998. **Environmental science: Working with the earth**. Califórnia: Wdsworth Publishing Company.

MONTEIRO, C. A. F., 1969. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: **Série Teses e Monografias (1)**. USP/IGEOG.

_____, 1973. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo em forma de Atlas**. São Paulo, USP/IGEOG – FAPESP.

_____, 1976. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 28, USP/IGEOG.

_____, 1991. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis, Ed. da UFSC.

_____, 1999. O estudo geográfico do clima. Cadernos geográficos/Universidade Federal de Santa Catarina. **Departamento de Geociências** – nº.1, maio 1999. Florianópolis: Imprensa Universitária.

MORO, D, A., 1998. Desenvolvimento econômico e dinâmica espacial da população no Paraná contemporâneo. UEM- **Boletim de Geografia**, 16(1):02-55, Maringá.

NASS, D. P., 2003. **Revista Eletrônica de Ciências** - Número 16. Disponível em: <[Http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/Elnino.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/Elnino.html)>. Acesso em 27/09/04.

NERY, J. T., 2003. El Niño-Oscilação Sul: Variabilidade da Precipitação Pluvial no Estado do Paraná. Anais: **XIII Semana de Geografia** – Clima e Organização do Espaço Geográfico. UEM. Maringá. pp 18-22.

NERY, J. T., 1996. **Estudio Climático de la Precipitación del Brasil Meridional Asociados con Extremos Extrarregionales**. (Tesis Doctoral). Buenos Aires – Argentina.

NERY, J.T.; SILVA, E.S.; MARTINS, M.L.O.F., 1994. Estudo da Variabilidade Pluviométrica do Estado do Paraná. **Revista UNIMAR**. 16(3): 505-524.

- 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, Rio de Janeiro: IBGE. n.º. 24, 421pp.
- NOBREGA, M. T. & CUNHA, J. E., 2000. O solo: caminho, abrigo e pão. In: VILAS LOBOS, J. (Org). Ambiente, Geografia e Sociedade. EDUEM: Maringá.
- OMM (Organization Meteorologique Mondiale), 1966. **Technic Note**, 79, Genève.
- PADIS, P. C., 1981. **Formação de uma economia periférica: o caso do Paraná**. São Paulo, HUCITEC, 235pp.
- PARANÁ., 1987. Atlas Geográfico do Estado do Paraná. Curitiba: **Secretaria do Estado e da Agricultura e do Abastecimento/Instituto de Terras, Cartografias e Florestas**.
- PARANÁ. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente**. Programa de Impactos Ambientais de Barragens. Curitiba, 1998.
- PIRES, J. S. R. & SANTOS, J. E., 1995. Bacias Hidrográficas: interação entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, V 19, n. 100, 40-45pp.
- PRELA, A. 2004. **Influência dos fenômenos El Niño/La Niña na produtividade de trigo no Estado do Paraná**. Tese de Doutorado- Esalq- Faculdade Luiz de Queiroz. Piracicaba-SP.
- PROHASKA, F. J., 1976. Climates of Central and South America. World Survey of Climatology, **Elsevier Scientific Publishing Company**, Amsterdam.
- RICCOMINI, C., GIANNINI, P.C.F., MANCINI, F., 2000. Rios e Processos Aluviais. In: TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M., FAIRCHILD, T.R., TAIOLI, F. (Organizadores). **Decifrando a Terra**. Oficina de Textos (USP), São Paulo, pp. 191-214.
- RAO, V. B.; HADA, K., 1990. **Characteristics of rainfall over Brazil, annual variation and correlation with the southern oscillation**. Theoretical and applied Climatology, Wien. V.2, pp. 81-91.
- ROCHA, G. A., 1998. A construção do sistema paulista de gestão de recursos hídricos. **Anais...** Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos. Gramado. ABRH.
- RODRIGUES, C. A., 2001. Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, 14(2001) 69-77.
- ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C., BARBIERI, V., 1998. Planilhas no Ambiente Excel TM para os Cálculos de Balanços Hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, V. 6, n.º.1, pp133-137.
- ROSS, J. L. S., 2001. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. Contexto. São Paulo. 80 pp.
- ROSS, J. L. S., 1999. Hidrelétricas e os impactos Ambientais. In: Nilza A.F.Stipp. (Org.). **Análise Ambiental - Usinas Hidrelétricas: uma visão multidisciplinar**. UEL. Londrina.
- ROSS, J. L. S., 1997. Os fundamentos da geografia e da natureza. **Geografia do Brasil**. Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, pp13-51.
- SANSIGOLO, C. A.; NERY, J. T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações na região Sudeste e Sul do Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10. E CONGRESSO DA FLISMET, 7., 1998, **Anais...** Brasília, 1998.

- SANT'ANNA NETO, J.L., 1998. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, 16(1):119-131, Maringá.
- SANTOS, M.J.Z., 2000. Mudanças Climáticas e o Planejamento Agrícola. In: SANT'ANNA NETO, J.L. E ZAVATINI, J. A. (Organizadores). **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. EDUEM, Maringá, pp. 65-80.
- SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R.; MORIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; CARAMORI, P.H.; SWART, S, 1999. **Balances Hídricos Climatológicos do Brasil**. ESALQ – USP.
- SORRE, M., 1951. **Les fondements de la géographie humaine**. (les fondements biologiques – Le climat). Paris, Libr. Armand Colin.
- SORIANO, B.M.A. 2003. Análise da Distribuição da Frequência Mensal de Precipitação para a Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Embrapa Pantanal**. Corumbá - Mato Grosso do Sul.
- SOTCHAVA, V.B., 1976. **O Estudo dos Geossistemas**. São Paulo, Métodos em Questão, 16, USP/IGEOG.
- 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, 51pp.
- SIEGEL, A. F. MORGAN, C. J., 1996. **Statistics and data analysis – an introduction**. John Wiley & Sons. 245pp. USA.
- SPIRN, A W., 1995. **O jardim de granito – A natureza no desenho da cidade**. Editora: USP. 345pp.
- STUDZINSKI, C.D.S., 1995, **Um Estudo da Precipitação na Região Sul do Brasil e sua Relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul**. Tese de Doutorado, INPE, São José Dos Campos, 99pp.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R., 1955. **The Water Balance**. Publications In Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104pp.
- TRENBERTH, K.E., 1997. **The definition of El Niño**. Bull. Am. Meteorol. Soc. V.78, n°.12,.2771-2777pp.
- _____, 1995. General Characteristics of The El Niño-Southern Oscillation. In: GLANTZ, M.H., KATZ, M.H. NICHOLLS, N. (Ed.). **Teleconnection Linking Worldwide Climate Anomalies**. New York: Academic Press, 467pp.
- _____, 1984. **Some Effects on Finite Sample Size and Persistence on Meteorological Statistics**. Part. I: Auto Correlations. Mon. Wea. Rev., 112:2359-2368.
- TROPMAIR, H., 1990. Perfil Fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**, 08(1):67-80, Maringá.
- _____, 1988. **Metodologia Simples para Pesquisa do Meio Ambiente**. Graf Seft, Rio Claro, 35pp.
- TUCCI, C. E. M., 2002. **Hidrologia, ciências e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS;ABRH. 943pp.
- TUNDISI, J. G., 2003. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. Editora RIMA e Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos – SP. 248pp.

VAREJÃO-SILVA, M. A., 2001. A Atmosfera em Movimento: Circulação Geral da Atmosfera. IN: **Meteorologia e Climatologia**. 2ª Edição, Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, pp. 337-352.

WALKER, G. T.; BLISS, E. W., 1937. **World Weather IV**. Men. R. Meteorol. Soc., 4, 119-39.

_____, 1932. **World Weather V**. Men. R. Meteorol. Soc., 4, 53-4.

Disponível em: <<http://www.cidadesdobrasil.com.br>>. Acesso em: 29/05/04.

Disponível em: <<http://www.climerh.rct-sc.br/Ennino>>. Acesso em: 16/06/04.

Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 16/06/2004.

Disponível em: <<http://www.rainhadapaz.br>>. Acesso em: 22/06/2004.

Disponível em: <<http://www.copel.com.br>>. Acesso em: 29/05/2004.

Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br>>. Acesso em: 18/05/2004.

Disponível em: <<http://www.pmel.noaa.gov>>. Acesso em: 20/06/2004.

Disponível em: <<http://www.bancomundial.org.br>>. Acesso em: 22/05/2004.

Disponível em: <<http://www.milenio.com.br/corvo/redeverde07-2000.html>>. Acesso em 29/05/04.

Disponível em: <<http://www.meteo.pt>>. Acesso em: 22/06/2004.

Disponível em: <<http://www.institutoilumina.com.br>>. Acesso em: 28/05/2004.

Disponível em: <<http://www.ilumina.org.br/de95a2000.html>>. Acesso em: 28/05/2004.

Disponível em: <<http://www.prossiga.com.br>>. Acesso em: 05/11/2004.

Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/suderhsa>>. Acesso em: 22/05/2004.

Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>, 2005 acesso em 10/10/2005.

Disponível em: <<http://www.jornaldomeioambiente.com.br/JMA-Cadernos/Agua.asp>>. Acesso em 29/05/04.

Disponível em: http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_16/el_nino.html. Acesso em 27/09/04.

Disponível em: <http://www.simepar.br/tempo/clima/avisos_el_nino9.jsp>. Acesso em 20/08/04.

Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/mineropar>>. Acesso em 10/01/06.