

A DINÂMICA ATMOSFÉRICA E AS CHUVAS NA BACIA DO RIO PARANÁ, BRASIL - EFEITOS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA

João Afonso Zavatini *

Abstract: “*Atmospheric Dynamic and Pluviometric Variations in the Paraná River Basin, Brazil - Effects in the Water Power Generation*” - The purpose of this research is to verify the relationships between rainy or drought periods and water power generation in the Paraná River Basin. In this way it's necessary to study how the main atmospheric systems of South America act over this region, their pluviometric genesis and their larger or smaller pluviometric capacity. It's also indispensable to understand how the contrasting pluviometric regimens existent in the Paraná River Basin affect the water power generation by the big reservoirs located in it.

Key-words: atmospheric dynamic - pluviometric variations - Paraná River Basin, Brazil - water power generation.

1- Introdução.

Considerando a existência de intrínsecas relações entre a dinâmica climática e os recursos hidrelétricos, principalmente em países como o Brasil onde as flutuações climáticas são, habitualmente, sinônimo das variações do ritmo pluvial, escolhemos a Bacia do Paraná como área de estudo para uma análise detalhada da sucessão dos estados atmosféricos, da gênese e da distribuição das chuvas, e dos reflexos na produção de energia, advindos das variações sazonais e anuais da pluviosidade.

Justificamos a escolha do tema e da área de estudo pelas sombrias projeções feitas por especialistas, no que tange a uma crise na geração de energia elétrica, bastante próxima de se concretizar e, também, pela importância da Bacia do Paraná, que abrange uma vasta porção da região mais desenvolvida do Brasil, onde se concentram mais de 40 milhões de habitantes, o maior parque industrial da América do Sul, grandes cidades e metrópoles e, conseqüentemente, os mais elevados índices de consumo de energia elétrica.

2- Breve caracterização da área de estudo.

A Bacia Hidrográfica do Paraná compõe-se de duas sub-bacias: a do rio Paraguai e a do rio Paraná e ocupa vasta área do Brasil, abrangendo porções significativas de

* Professor Doutor do Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP - Universidade Estadual Paulista
Avenida 24-A nº1515 - Bela Vista - Cx.Postal, 178 - telefax (019)524-9622
13.506-900 - RIO CLARO - SP - BRASIL
e-mail:joao@ceapla.uesp.ansp.br

vários estados brasileiros, além de partes consideráveis da Bolívia, do Paraguai, da Argentina e do Uruguai.

Através da figura 1, representativa da carta de isoietas anuais normais do período 1931/60, podemos constatar que a pluviosidade, para a maior parte da Bacia do Paraná, gira em torno dos 1.200 a 1.600 mm, exceções feitas ao extremo oeste do Mato Grosso do Sul (Pantanal), onde os valores caem para 1.000 a 1.200 mm; ao centro-sul do Paraná, sudoeste de Minas Gerais e sudoeste de Goiás, onde os valores alcançam os 2.000 mm; e, ao curso superior do rio Paraná, onde se registram índices mais fracos, entre os 800 e 1.000 mm.

Atendo-se à área de estudo, representada na figura 2, podemos verificar, com certo detalhe, uma rede de drenagem bastante farta, confinada entre as bordas do Planalto Central ao norte, os Planaltos de Maracaju e Amambaí a oeste, e os contrafortes da Serra da Mantiqueira a leste.

Figura 1

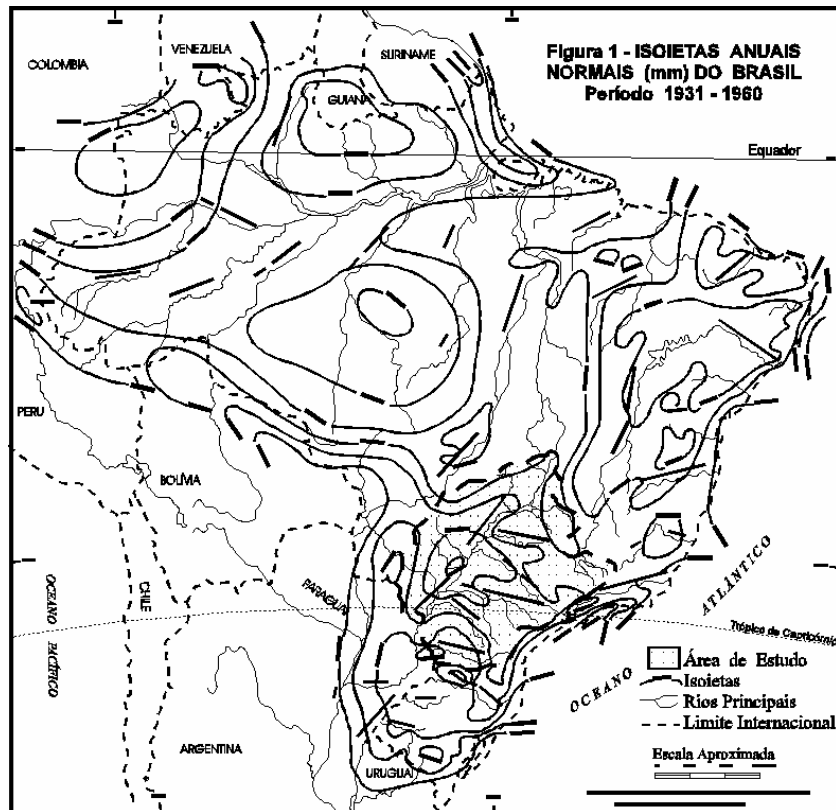
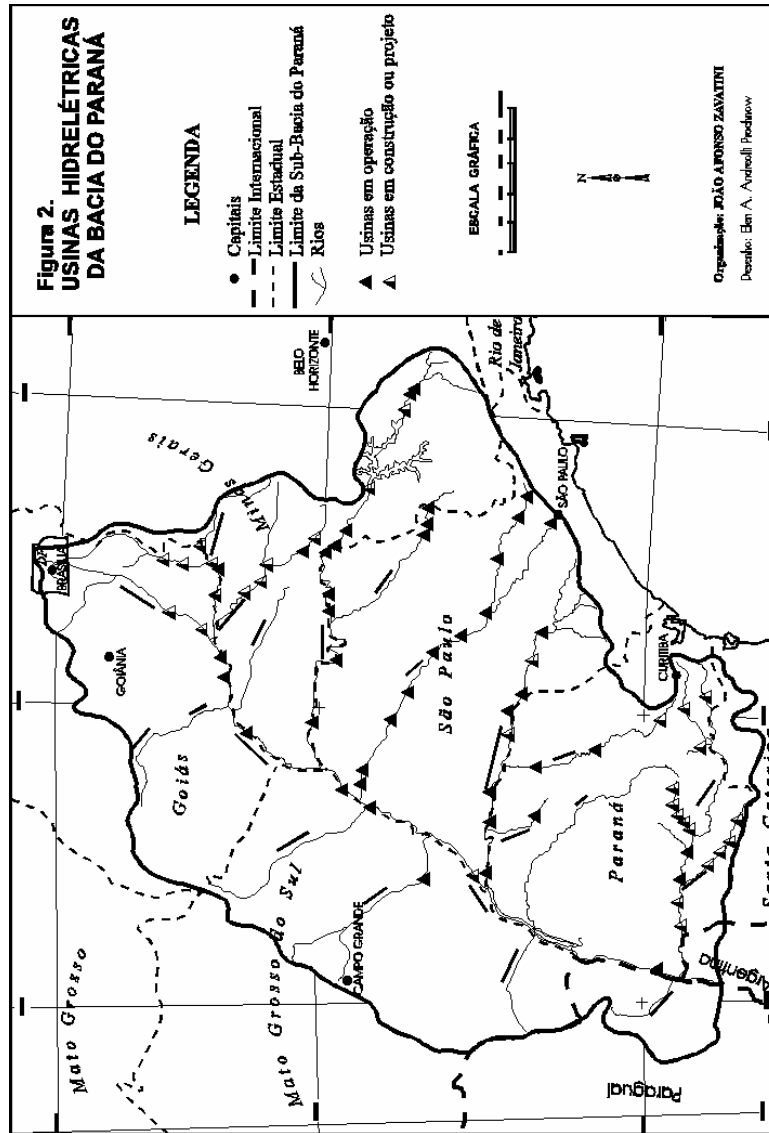


Figura2



Do ponto de vista altimétrico, próximo a calha do rio Paraná, são encontradas altitudes ao redor dos 200/300 metros. À medida que dela se distancia, em direção ao Mato Grosso do Sul, encontramos altitudes em torno de 500/800 metros, na Serra de Maracaju - divisor de águas da margem ocidental - enquanto que em direção ao leste, avançando sobre terras paulistas e na divisa com Minas Gerais (Serra da Mantiqueira), a altimetria chega a atingir os 1.800 metros.

Segundo cálculos do BRASIL-MME-DNAEE-DCRH (1984), a pluviosidade e vazão médias anuais, de longo período, dessa Bacia são de 1.437 mm e 402 mm, respectivamente, com produção hídrica média anual de 12.540 m³/s.

3- Bases teórico-metodológicas.

Objetivando alcançar uma visão qualitativa e quantitativa das variações pluviométricas, na Bacia do Paraná, e de suas implicações na produção hidrelétrica, as bases teórico-metodológicas deste projeto fundamentam-se na definição de clima elaborada por SORRE (1951), no "Método Sintético das Massas de Ar e dos Tipos de Tempo" proposto por PÉDELABORDE (1970), na contribuição de SERRA & RATHBONNA (1942) e, também, na "Análise Rítmica" preconizada por MONTEIRO (1971), onde a representação das variações diárias dos elementos do clima associa-se à da circulação atmosférica regional, permitindo explicá-las e integrá-las a outros fatos geográficos, no caso específico, com a produção de energia elétrica.

No decorrer desta pesquisa utilizaremos trabalhos já realizados em áreas situadas dentro dessa bacia hidrográfica (MONTEIRO, 1962; 1963; 1964; 1969; 1973; 1976; TARIFA, 1973; 1975; TOLEDO, 1973; ZAVATINI, 1983; 1985; 1990; 1992), cujos enfoques metodológicos são semelhantes ao que pretendemos adotar, possibilitando-nos aprofundar os conhecimentos relativos à circulação atmosférica regional que atua sobre o Brasil Sul e Sudeste.

Por outro lado, o fato dessa bacia encontrar-se na confluência dos principais sistemas atmosféricos da América do Sul e possuir mais de um tipo de regime pluviométrico torna-a extremamente interessante, levando-nos a analisar os reflexos dos "extremos" pluviométricos sobre o complexo arranjo topológico formado pelos grandes reservatórios e usinas da Bacia Paranaíba (TERRY & PEREIRA, 1986);

Além disso, tendo em vista que as irregularidades do ritmo climático atual tornam-se bastante claras quando se observa a distribuição das chuvas, de fundamental importância para a explicação da natureza e cadência das atividades humanas, que precisa ser considerada tanto quantitativamente como qualitativamente, estamos conduzindo a presente pesquisa de tal forma a não ignorar os avanços tecnológicos por que vem passando a Geografia no Brasil, principalmente na área do geoprocessamento, onde os sistemas de informação geográfica se destacam.

4- A pluviosidade na Bacia do Paraná.

Nesta caracterização sintética das chuvas na Bacia do Paraná, ao longo de cinco décadas, foram utilizadas apenas as obras com enfoque dinâmico, que estudaram o ritmo de sucessão dos tipos de tempo e se basearam em "anos-padrão" (secos, chuvosos, médios), tendo em vista que na ciência geográfica a preocupação maior é com a

explicação dos fatos. Desta forma, selecionamos as obras mais diretamente relacionadas com a área em estudo e com a temática em foco. Afortunadamente conseguimos um panorama pluviométrico bastante amplo, graças às contribuições dos seguintes autores.

MONTEIRO (1973) estudou detalhadamente os anos de 1944, 1952 e 1956, que correspondem ao "padrão" seco, médio e chuvoso, respectivamente. Embora esta obra aborde apenas a pluviosidade das porções norte, central e oriental da Bacia do Paraná, procuramos extrapolar a registrada a oeste e sul.

Em 1944, ano de pluviosidade reduzida, a Bacia do Paraná apresentou totais anuais entre 600/800 mm, com pequenos enclaves ligeiramente superiores (800/1.100 mm). Contrariamente, em 1956, "ano-padrão" chuvoso, os valores nunca estiveram abaixo dos 1.100 mm, destacando-se a porção meridional, desde a foz do Rio do Peixe, onde se concentraram totais anuais entre 1.700/3.000 mm. Já com relação ao ano de 1952, de pluviosidade média, notamos que os índices pluviométricos anuais situaram-se entre 800/1.100 mm, de forma generalizada, por toda a Bacia.

ZAVATINI (1983) destacou os anos de 1967, 1972 e 1973 como representativos do "padrão" seco, chuvoso e médio, respectivamente. Nesta obra, as cartas de isoietas abrangem toda a Bacia, facilitando a análise conjunta da pluviosidade.

No ano de fraca pluviosidade, 1967, constatamos índices entre 900/1.200 mm, assim distribuídos: na porção meridional e no divisor de águas a oeste (Serra de Maracaju), valores entre 1.100/1.200 mm; a leste, valores entre 1.800/2.000 mm (Serra da Mantiqueira); e, na parte central da Bacia, ao longo da calha do Rio Paraná, os menores índices (900/1.000 mm).

Em 1972, de pluviosidade elevada, os valores situaram-se entre 1.300/1.900 mm, distribuídos da seguinte maneira: 1.400/1.700 mm, na porção central, ao longo da calha do Paraná; 1.500/1.700 mm, no lado oriental da Bacia; 1.400/1.500 mm, na sua parte ocidental, com destaque para um enclave de maior pluviosidade (Planalto de Amambaí-MS).

Já em 1973, ano de pluviosidade média, os índices que giraram entre 1.000/1.600 mm tiveram uma distribuição espacial crescente, de acordo com o aumento da latitude, ao longo da Bacia do Paraná. Mais uma vez o Planalto de Amambaí (MS) se destacou, com valores entre 1.700/1.800 mm anuais.

ZAVATINI (1990) escolheu o triênio 1983/85 para uma análise detalhada do ritmo de sucessão dos tipos de tempo e das chuvas a eles associadas.

Através deste enfoque descobriu que 1983, representativo do "padrão" chuvoso, revelou índices pluviométricos contrastantes ao longo da Bacia: no setor meridional valores extremamente elevados, superiores a 2.000 mm; na porção setentrional índices entre os 1.400/1.600 mm. Além disso, mais uma vez os Planaltos de Amambaí e de Maracaju se destacaram como áreas de expressiva pluviosidade.

Em 1984, ano de pluviosidade média, as isoietas que envolveram a Bacia do Paraná, estiveram compreendidas entre os 1.100 mm (áreas central e setentrional) e os 1.500 mm (porção meridional e planaltos de Amambaí e Maracaju).

Quanto ao ano de 1985, de pluviosidade reduzida, a maior parte da Bacia apresentou índices entre 800/1.100 mm, excetuando-se uma pequena área, situada entre os estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, onde os valores alcançaram os 1.300/1.400 mm.

Apesar de sintética esta rápida caracterização da distribuição das chuvas na Bacia do Rio Paraná já nos permitiu entrever problemas. Eles ocorreram tanto no transcurso de um ano específico como na passagem de um para outro, ao longo das

décadas analisadas. Entretanto, só pudemos observá-los porque foram estudados do ponto de vista rítmico. Caso tivéssemos nos baseado apenas na distribuição média das chuvas, conforme demonstrado na figura 3, construída com dados do período 1966-1985, tais problemas estariam mascarados.

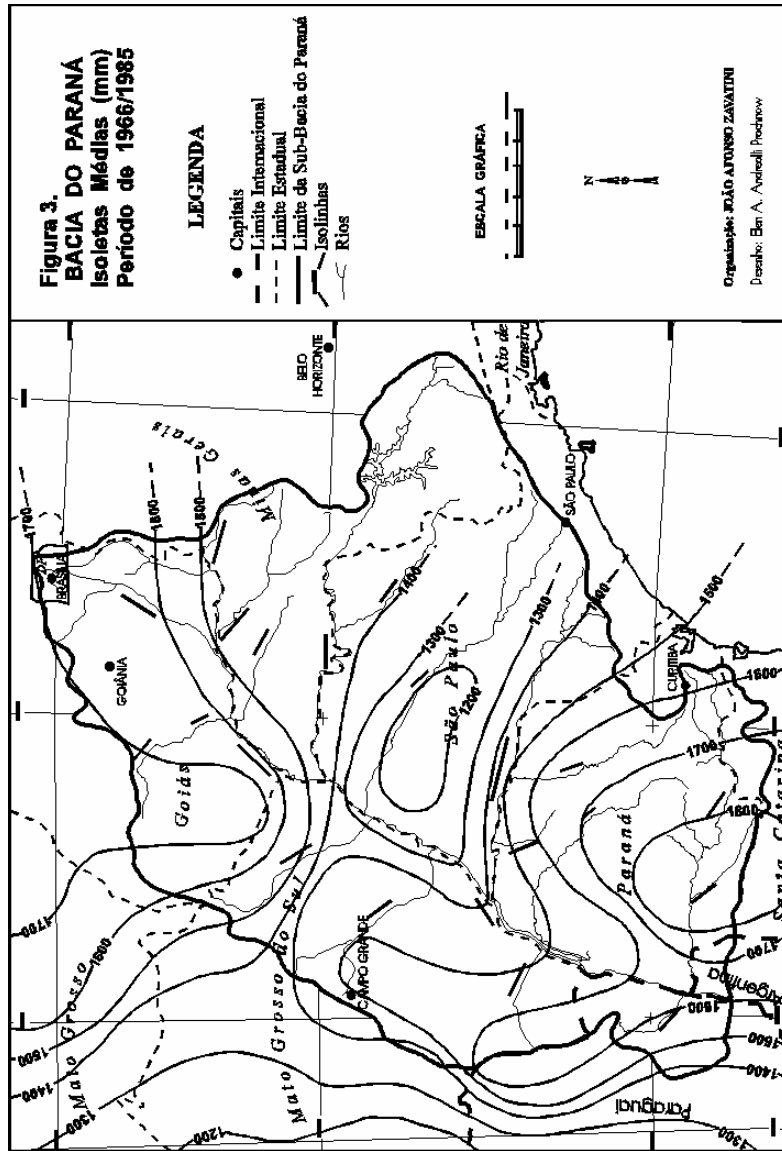
5- Estado atual da pesquisa.

Numa primeira etapa efetuamos uma abordagem climática tradicional das chuvas, utilizando a estatística e a computação, para definir as tendências pluviométricas anuais, sazonais e mensais, ao longo da referida bacia hidrográfica. A espacialização da pluviosidade anual, referente ao período 1966/85, objeto da análise climatológica tradicional, também já foi realizada, e será complementada com a espacialização mensal referente aos "anos-padrão".

No momento estão sendo escolhidos os "anos-padrão" (seco, chuvoso, de pluviosidade média), possuidores de ritmos atmosféricos e de resultados pluviométricos diferenciados (MONTEIRO, 1962; 1963; 1964; 1969; 1973; 1976) e, conseqüentemente, com reflexos diversos nos níveis d'água dos reservatórios das usinas hidrelétricas da Bacia do Paraná, resultando em maior ou menor produção de energia.

Uma vez definidos os "anos-padrão", será necessária a coleta de dados diários de vários elementos do clima (pressão, temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade e ventos), bem como dos dados pluviométricos dos mais importantes reservatórios. Com os dados climáticos diários serão construídos, via computador, os gráficos de "Análise Rítmica" (MONTEIRO, 1971), graças a um programa já desenvolvido (ZAVATINI & FLORES, 1988a; 1988b; 1990). Na medida do

Figura3



possível, tal programa será ajustado, também, para os dados fluviométricos diários.

Para uma melhor compreensão dos diferentes aspectos em análise nesta pesquisa, pretendemos, oportunamente, utilizar sistemas de informação geográfica, dentre os quais destacamos o de EASTMAN (1995).

Após a construção dos gráficos de "Análise Rítmica", efetuaremos a análise diária das cartas sinóticas do tempo e das imagens de satélite meteorológico, cujos resultados serão lançados no rodapé dos referidos gráficos, possibilitando: a identificação dos tipos de tempo atuantes ao longo dos "anos-padrão"; o entendimento do ritmo de sucessão dos estados atmosféricos e de seus reflexos nos níveis d'água dos grandes reservatórios das usinas hidrelétricas; o estabelecimento dos índices de atuação geral das correntes básicas da circulação atmosférica regional, os da participação dessas correntes na gênese pluvial e, também, os relativos a maior ou menor produção de energia elétrica.

Finalizando, serão estudados os efeitos causados pelos períodos secos e chuvosos na produção de energia elétrica, através da consulta a jornais, revistas, relatórios técnicos das usinas, publicações do DNAEE. Havendo condições, serão também utilizadas algumas imagens do Landsat ou Spot, principalmente se certos episódios mais intensos, tradutores de forte impacto ambiental, requisitarem uma análise mais específica.

A título de síntese e esforçando-se por fazer convergir todos os resultados alcançados durante o desenvolvimento desse projeto, pretendemos elaborar um cartograma capaz de revelar as possibilidades hidrenergéticas da Bacia do Paraná e suas relações com o ritmo climático, mais especificamente com as variações pluviométricas na área.

6- Referências bibliográficas.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - Divisão de Controle de Recursos Hídricos - *Disponibilidade Hídrica do Brasil*. Brasília, 1984. (Carta 1)

EASTMAN, J.R. *Idrisi for Windows - User's Guide - Version 1.0*. Clark University, Worcester, MA, USA, 1995.

MONTEIRO, C.A.F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional) in *Revista Geográfica*, 31(57):29-44. IPGH, Rio de Janeiro, 1962.

_____ O clima da Região Sul in *Geografia Regional do Brasil - Região Sul*, 1:117-169. IBGE, Rio de Janeiro, 1963.

_____ Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática in *Revista Geográfica*, 33(61):59-69. IPGH, Rio de Janeiro, 1964.

- _____ *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)*. USP/Instituto de Geografia, São Paulo, 1969. (Série Teses e Monografias,1)
- _____ *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*. USP/Instituto de Geografia, São Paulo, 1971. (Série Climatologia,1)
- _____ *A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo (Estudo geográfico sob a forma de atlas)*. USP/Instituto de Geografia, São Paulo, 1973.
- MONTEIRO, C.A.F. *O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: problemas e perspectivas*. USP/Instituto de Geografia, São Paulo, 1976. (Série Teses e Monografias,28)
- PÉDELABORDE, P. *Introduction a l'étude scientifique du climat*. SEDES, Paris, 1970.
- SERRA, A. & RATISBONNA, L. *Massas de ar na América do Sul*. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1942.
- SORRE, M. *Les fondements de la Géographie Humaine*. Tome I - Les fondements biologiques. Chap.5 - Le climat. Armand Colin, Paris, 1951.
- TARIFA, J.R. *Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista (Ensaio metodológico aplicado ao ano agrícola 1968/69)*. USP/Instituto de Geografia, São Paulo, 1973. (Série Teses e Monografias,8)
- _____ *Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no estado de São Paulo (Uma análise quantitativa do processo genético)*. USP/Instituto de Geografia, São Paulo, 1975. (Série Teses e Monografias,19)
- TERRY, L. A. & PEREIRA, M. V. F. *Nas Malhas da Energia in Ciência Hoje*,4(23):40-46. SBPC, Rio de Janeiro, 1986.
- TOLEDO, G.S. *Tipos de tempo e categorias climáticas na bacia do alto Tietê: ensaio metodológico*. FFCL, Presidente Prudente, 1973. (Tese de Doutorado)
- ZAVATINI, J.A. *Variações do Ritmo Pluvial no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná (eixo Araçatuba-Presidente Prudente-Londrina)*. USP/FFLCH. São Paulo, 1983. (Dissertação de Mestrado)
- _____ *Dinâmica Atmosférica e Variações Pluviais no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná (uma análise temporo-espacial ao longo do eixo Araçatuba-Presidente Prudente - Londrina) in Boletim de Geografia Teórica*, 15(29-30):372-387. AGETEO, Rio Claro, 1985.
- _____ *A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul*. USP/FFCLH. São Paulo, 1990. (Tese de Doutorado)

- _____ Dinâmica Climática no Mato Grosso do Sul in *Geografia*, 17(2):65-91. AGETEO, Rio Claro, 1992.
- ZAVATINI, J.A. & FLORES, E.F. O Emprego da Computação e da Estatística em Estudos de Climatologia Regional, Voltados para as Variações do Ritmo Pluvial in *Resumos*, III Simpósio de Quantificação em Geociências, 1:125-129. UNESP, Rio Claro, 1988a.
- _____ Construção do Gráfico de Análise Rítmica Via Computador in *Resumos*, III Simpósio de Quantificação em Geociências, 1:130-133. UNESP, Rio Claro, 1988b.
- _____ Gráfico de Análise Rítmica - Aplicações e Adaptações in *Resumos*, IV Simpósio de Quantificação em Geociências, 1:13-15. UNESP, Rio Claro, 1990.